

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Lectura de textos multimodales de naturaleza científica como estrategia mediadora en la comprensión del Enlace Químico

Mónica Vidal Catamusca

Universidad Nacional de Colombia
Maestría en Enseñanza de Las Ciencias Naturales y Exactas
Palmira, Colombia
2023

Lectura de textos multimodales de naturaleza científica como estrategia mediadora en la comprensión del Enlace Químico

Mónica Vidal Catamusca

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de Las Ciencias Naturales y Exactas

Directores:

Magister, Boris Fernando Candela
Doctor, Carlos Adolfo Cisneros Rojas

Línea de Investigación: Lenguaje

Grupo de Investigación:

Grupo Interinstitucional Ciencias, Acciones y Creencias

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Posgrados, Ingeniería y Administración

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas Palmira,

Colombia

2023

A Dios, a quien deseo agradecer en todo cuanto haga.

A mis padres, quienes con su cariño, protección y afecto me han ayudado siempre.

A Carolina, Felipe, Juan y Manuela, quienes me apoyan en todos mis proyectos.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Mónica Vidal C.

Nombre

Fecha 31/07/2023

Fecha

Agradecimientos

Gracias a Dios por permitirme lograr esta meta. Gracias. Por darme las herramientas necesarias para culminar esta etapa de mi vida académica. Todas las cosas subsisten en Dios y sólo en Él adquieren sentido.

Gracias a la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, en especial a los docentes que estuvieron a cargo de este trabajo de investigación. Gracias al profesor Boris por su paciencia, sencillez y entrega. Gracias al profesor Carlos por su comprensión y apoyo. Y también, un agradecimiento especial a la profesora Teresa, directora del programa académico, porque orienta constantemente a todos los estudiantes a cumplir sus objetivos.

Gracias a toda mi familia que siempre me motiva, por ser mi compañía en las alegrías y mi soporte en las dificultades. Gracias por estar pendientes de este trabajo y animarme constantemente a terminarlo.

Resumen

Lectura de textos multimodales de naturaleza científica como estrategia mediadora en la comprensión del Enlace Químico

Este trabajo de investigación en el campo de la Educación en Ciencias estudia la influencia de la lectura de textos multimodales de naturaleza científica como estrategia mediadora para la comprensión del Enlace Químico en estudiantes de grado noveno. La metodología cualitativa, por medio del estudio casos permite interpretar el papel mediador de estas estrategias, generando decisiones curriculares e instruccionales para planificar actividades de aprendizaje que integren el contenido del Enlace Químico en el marco de la lectura de textos multimodales. Estas actividades pedagógicas se caracterizan por la participación activa de los estudiantes, uso de la intertextualidad y recursos tecnológicos educativos como simuladores para la generación de representaciones en 3D y 2D. La implementación fue en una institución educativa pública en la ciudad de Palmira, durante el año 2021, una época en la cual esta institución alternó entre educación presencial y virtual debido a las restricciones sanitarias causadas por el surgimiento del COVID-19. Los resultados arrojaron categorías relevantes como el desarrollo de la competencia representacional, marcadores de la gramática visual, principios de aprendizaje multimedia, elementos que influyen en la pedagogía y dificultades observadas. Se concluye que la lectura de textos multimodales científicos es efectiva para la comprensión del Enlace Químico cuando el estudiante maneja el principio de la intertextualidad y tiene un nivel adecuado de desarrollo de capacidades de la competencia representacional para su grado de educación formal. También se destaca el papel del estudiante como diseñador de textos multimodales, que lo identifican como actor principal en la construcción de su propio conocimiento.

Palabras clave: Multimodal, Intertextualidad, Multimedial, Enlace Químico, comprensión

Abstract

Reading multimodal texts of scientific nature as a mediating strategy in the understanding of Chemical Bond

This research work in the field of Science Education studies the influence of reading multimodal texts of scientific nature as a mediating strategy for the understanding of Chemical Bond in ninth-grade students. The qualitative methodology, through case study, allows interpreting the mediating role of these strategies, generating curricular and instructional decisions to plan learning activities that integrate the content of Chemical Bond within the framework of reading multimodal texts. These pedagogical activities are characterized by active student participation, the use of intertextuality, and educational technological resources such as simulators for the generation of 3D and 2D representations. The implementation took place in a public educational institution in the city of Palmira, during the year 2021, a period in which this institution alternated between in-person and virtual education due to the health restrictions caused by the emergence of COVID-19. The results revealed relevant categories such as the development of representational competence, markers of visual grammar, principles of multimedia learning, elements that influence pedagogy, and observed difficulties. It is concluded that reading scientific multimodal texts is effective for understanding Chemical Bond when students grasp the principle of intertextuality and have an adequate level of development of representational competence for their grade level. The role of the student as a designer of multimodal texts is also highlighted, which identifies him as the main actor in the construction of his own knowledge.

Keywords: Multimodal, Intertextuality, Multimedia, Chemical Bond, understanding

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas	XVI
Lista de Símbolos y abreviaturas.....	XVII
Introducción	1
1. Capítulo I. Presentación del Problema.....	5
1.1 Justificación.....	5
1.2 Antecedentes	9
1.2.1 El vínculo entre el lenguaje y la Educación en las Ciencias.....	9
1.2.2 Lectura comprensiva de textos académicos	10
1.2.3 El aprendizaje del Enlace Químico	11
1.3 Planteamiento del Problema	14
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos específicos.....	20
2. Capítulo II. Marco teórico.....	21
2.1 La importancia de la alfabetización científica.....	23
2.2 El aula de ciencias una comunidad de aprendizaje	26
2.3 Desarrollo de las competencias lectoras y su relación con la Enseñanza de las Ciencias.....	27
2.4 Las demandas lingüísticas de las Ciencias	30
2.5 El lenguaje multimodal en las Ciencias	33
2.6 Dificultades para el aprendizaje del contenido del Enlace Químico	36
2.6.1 La naturaleza abstracta del contenido	36
2.6.2 Los tres niveles de representación.....	37
2.6.3 Capacidad de procesamiento de la información.....	40
2.7 Estrategias de lectura de textos multimodales.....	42
2.7.1 La enseñanza de los tres niveles de representación.....	42
2.7.2 Desarrollo de la competencia representacional.....	43
2.7.3 Los ocho principios del aprendizaje multimedia	46
2.7.4 La intertextualidad	47
2.7.5 La metacognición y la gramática del diseño visual.....	49
3. Capítulo III. Metodología.....	51
3.1 Criterios de selección.....	53

3.1.1	Criterios de selección para escoger a los estudiantes	54
3.1.2	Criterios para escoger el profesor	55
3.1.3	Criterios de selección para el material de enseñanza.....	56
3.2	Uso de fuentes documentales.....	57
3.3	Selección de técnicas e instrumentos de recolección	58
3.3.1	Observación participante.....	58
3.3.2	Grabación de los videos de la clase	59
3.3.3	Encuesta de Valoración del Contenido.....	60
3.3.4	Revisión de documentos	60
3.4	Fases del diseño metodológico.....	62
3.4.1	Fase I. Planeación o diseño	62
3.4.2	Fase II. Implementación de tareas de aprendizaje	64
3.4.3	Fase III. Análisis de datos	65
4.	Capítulo IV. Análisis de Resultados	71
4.1	Capacidades de la Competencia Representacional	71
4.2	Marcadores de la Gramática Visual	84
4.3	Principios del Aprendizaje Multimedia	100
4.4	Elementos que influyen en la pedagogía	113
4.5	Dificultades observadas	139
5.	Conclusiones y recomendaciones	149
5.1	Conclusiones	149
5.2	Recomendaciones	152
A.	Anexo: Consentimiento informado para participantes de la investigación.....	153
B.	Anexo: Documentos Metodológicos	157
	Bibliografía	159

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1 <i>Los tres niveles de representación de las ciencias físicas</i>	38
Figura 2-2 <i>Modelo esquematizado del aprendizaje</i>	41
Figura 3-1 <i>Estructura lógica del instrumento de la CoRe adaptada al constructo del Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido</i>	63
Figura 3-2 <i>Grupos de documentos creados y analizados durante el desarrollo del análisis de resultados</i>	66
Figura 3-3 <i>Codificación asignada a una misma unidad de registro, durante el desarrollo del análisis de resultados</i>	67
Figura 3-4 <i>Generación de la red semántica de las capacidades de la competencia representacional, elaborada durante el desarrollo del análisis de resultados</i>	68
Figura 3-5 <i>Grupos de códigos creados que dieron lugar a las categorías analizadas durante el desarrollo del análisis de resultados</i>	69
Figura 3-6 <i>Enraizamiento y densidad de los códigos creados durante el desarrollo del análisis de resultados</i>	70
Figura 4-1 <i>Red semántica de las Capacidades de la competencia representacional elaborada durante el análisis de resultados por medio del programa ATLAS.ti</i>	72
Figura 4-2 <i>Texto multimodal creado por un estudiante, mediante el uso de palabras y modelos que identifican las características del Enlace Químico (Viñeta 48:1)</i>	77
Figura 4-3 <i>Texto multimodal creado por un estudiante, mediante el uso de palabras e imágenes que analizan las características del modelo atómico (Viñeta 48:2)</i>	78
Figura 4-4 <i>Texto multimodal construido por una estudiante, donde selecciona una imagen y explica a través de palabras la constitución del modelo atómico (Viñeta 55:4)</i> 79	79
Figura 4-5 <i>Texto multimodal creado por una estudiante, donde a través del uso de modelos y palabras explica el Enlace Iónico y Covalente (viñeta 55:20)</i>	80
Figura 4-6 <i>Selección del modo de representación “Enlace dipolo” en el simulador, por parte de una estudiante y su interpretación de la situación (Viñeta 55:5)</i>	82
Figura 4-7 <i>Texto multimodal construido por una estudiante a partir de imágenes obtenidas en el simulador y su explicación escrita (Viñeta 55:2)</i>	83
Figura 4-8 <i>Red semántica de los Marcadores de la Gramática Visual, elaborada durante el análisis de resultados por medio del programa ATLAS.ti</i>	87
Figura 4-9 <i>Texto multimodal generado por un estudiante en el simulador, generado a través de la selección de cuatro registros semióticos diferentes (Viñeta 43:6)</i>	88
Figura 4-10 <i>Lectura de un texto multimodal por parte de un estudiante, donde atiende el uso de los marcadores: color, símbolo y movimiento (Viñeta 43:6)</i>	89

Figura 4-11 Marcadores visuales señalados por estudiante en la exploración y selección del texto multimodal del simulador (Viñeta 55:18).....	90
Figura 4-12 Lectura e interpretación llevada a cabo por una estudiante, haciendo uso intencional de los marcadores visuales (Viñeta 55:19).....	92
Figura 4-13 Análisis del símbolo del Enlace dipolo realizado por parte de una estudiante durante la lectura del simulador (Viñeta 55:5).....	93
Figura 4-14 Interpretación por parte de una estudiante de los marcadores visuales: color, símbolo y dirección de un texto multimodal generado por ella misma en el simulador (Viñeta 55:7).....	95
Figura 4-15 Creación de texto multimodal y análisis del símbolo de la carga parcial del enlace en diversos valores de electronegatividad, por parte de una estudiante (Viñeta 49:5)	96
Figura 4-16 Análisis de la representación de un fenómeno macroscópico relacionado con el Enlace Químico a través de un texto multimodal realizado por una estudiante (Viñeta 55:15).....	98
Figura 4-17 Red semántica de los Principios del Aprendizaje Multimedia, elaborada durante el análisis de resultados por medio del programa ATLAS.ti.....	100
Figura 4-18 Texto multimodal diseñado por un estudiante, donde se evidencian los principios de Modalidad, Multimedia y Señalización (Viñeta 48:9).....	102
Figura 4-19 Texto multimodal diseñado por una estudiante, donde se evidencian los principios de Señalización e Interactividad (Viñeta 49:1).....	104
Figura 4-20 Texto multimodal construido por cuatro estudiantes, donde se evidencian los principios de Interactividad y Multimedia (Viñeta 59:1)	106
Figura 4-21 Texto multimodal construido por dos estudiantes con el simulador Biomodel, donde se evidencian el principio de Señalización y Multimedia (Viñeta 62:2)	108
Figura 4-22 Texto multimodal construido por una estudiante con imágenes obtenidas en el simulador Biomodel. Evidencia de los Ocho Principios del Aprendizaje Multimedia (Viñeta 60:1).	109
Figura 4-23 Red semántica de los Elementos que influyen en la pedagogía, elaborada durante el análisis de resultados por medio del programa ATLAS.ti.....	113
Figura 4-24 Búsqueda y selección de textos en internet por parte de una estudiante, relacionados con la pregunta de su interés (Viñeta 30:10).....	119
Figura 4-25 Conexión de las representaciones químicas en el contexto de biología humana, en un ejercicio de parafraseo por parte de un estudiante (Viñeta 61:3).....	121
Figura 4-26 Texto multimodal diseñado por una estudiante, en su transducción se destaca un abundante uso de los principios multimedia (Viñeta 60:3)	122
Figura 4-27 Texto multimodal diseñado por una estudiante, en su transducción se destaca el desarrollo de las competencias representacionales (Viñeta 56:1).....	123
Figura 4-28 Texto multimodal diseñado por un grupo de estudiantes, en su transducción del texto de la Dopamina (Viñeta 58:4)	126
Figura 4-29 Construcción de Representación Simbólica del Cloruro de Sodio (NaCl) y Metano CH ₄ , por parte de una estudiante en GeoGebra (Viñeta 62:1).....	128
Figura 4-30 Evidencia del trabajo en grupo para la realización de Representaciones Modélicas en 3D con plastilina y palillos.	129

Figura 4-31 <i>Representaciones Modélicas en 3D elaboradas por los estudiantes, empleando plastilina y palillos.</i>	130
Figura 4-32 <i>Ejercicio de Identificación de los tres niveles de representación, realizado por dos estudiantes (Viñeta 64:1).</i>	130
Figura 4-33 <i>Página de presentación de una guía explicativa construida por una estudiante que demostró alta motivación en el diseño de sus trabajos (Viñeta 49:2)</i>	137
Figura 4-34 <i>Página de finalización de una guía explicativa construida por una estudiante que demostró alta motivación en el diseño de sus trabajos (Viñeta 55:14).</i>	138
Figura 4-35 <i>Red semántica de las dificultades observadas, elaborada durante el análisis de resultados por medio del programa ATLAS.ti</i>	139
Figura 4-36 <i>Fragmento de ejercicio de formulación de preguntas, selección de textos y parafraseo, por parte de dos estudiantes (Viñeta 22:2)</i>	143

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1 <i>Tipos de intervenciones en comprensión lectora</i>	29
Tabla 2-2 <i>Características complejas del Lenguaje Escolar de las Ciencias (LSS)</i>	32
Tabla 2-3 <i>Dimensión del conocimiento</i>	35
Tabla 2-4 <i>Resumen de los ocho principios del aprendizaje multimedia</i>	47
Tabla 3-1 <i>Criterios de selección de estudiantes</i>	54
Tabla 3-2 <i>Criterios de selección del profesor</i>	55
Tabla 3-3 <i>Características del material de enseñanza</i>	57
Tabla 4-1 <i>Algunas características complejas del LSS usadas por la estudiante en la Viñeta 12:3</i>	75
Tabla 4-2 <i>Análisis de los principios de aprendizaje multimedia empleados por la estudiante en la Figura 4-21</i>	111

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término
δ	Carga parcial

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>CoRe</i>	Representación de Contenido
<i>E</i>	Estudiante
<i>EL</i>	Lenguaje Cotidiano
<i>LSS</i>	Lenguaje de la Ciencia Escolar
<i>P</i>	Profesora
<i>PhET</i>	Tecnología para la Educación de la Física

Introducción

El aula de ciencias es un lugar donde conviven dos lenguajes distintos: el cotidiano y el científico. Los actores de este espacio se comunican la mayor parte del tiempo verbalmente, moviéndose constantemente entre lo general y lo específico. Adicionalmente, la clase se desarrolla y materializa con la integración de la lectura y escritura de los textos científicos que en su mayoría se encuentran configurados por distintos modos semióticos como: palabras, oraciones, párrafos, diagramas, gráficos, animaciones, tablas, ecuaciones matemáticas, demostraciones y laboratorios. Por esta razón, el conocimiento y la clasificación de significados empiezan a jugar un papel principal en la consecución de las metas académicas propuestas (Candela, 2018a).

Por lo anterior, se hace necesario que el proceso de construcción e interpretación de estos textos sea mediado por las prácticas culturales propias de la comunidad académica en la que se desenvuelve el estudiante, para que sea consciente de la movilización en clase entre los lenguajes cotidiano y científico (Lemke, 1990). Por ejemplo, a pesar de la gran diversidad de recursos semióticos utilizados para la enseñanza de las ciencias, existe igualmente, una buena cantidad de estudiantes que no logran comprender los contenidos tratados. Esto se debe a que tienen dificultades para encontrar sentido a lo que escriben, representan, grafican y calculan sobre un contenido específico, debido a que no logran integrar y descifrar el lenguaje propio de los textos científicos, con sus características lingüísticas y no lingüísticas (Lemke, 1990).

En este panorama, aparece la necesidad de que los estudiantes se vuelvan conscientes de la existencia de estos recursos para tener la posibilidad no solo de hacer uso de estos elementos de una manera significativa y apropiada, sino ser capaces de integrarlos funcionalmente en su proceso de aprendizaje de las ciencias (Candela, 2018c). Específicamente, la Educación en Química está fuertemente relacionada con la lectura de textos de carácter multimodal como herramienta de aprendizaje. Esta característica genera dificultades en el estudio de la disciplina, debido a que se emplean diversos recursos

semióticos y distintos niveles de representación propios del lenguaje de la ciencia con los que generalmente el estudiante no está familiarizado. Dicha dificultad, incluye un distanciamiento adicional de la disciplina que le hace desconocer las herramientas dispuestas a su alcance para lograr la comprensión del contenido (Candela & Espinoza, 2016).

De esta manera, como resultado de muchas de las investigaciones realizadas sobre el lenguaje como estrategia de aprendizaje de las ciencias, se permiten ver algunos aspectos generales. Entre estos, podemos encontrar: la disminución de la expresión verbal por parte de los estudiantes, las actividades focalizadas hacia la competencia lectora dirigidas más desde la intuición que desde la investigación y las actividades de escritura siguen esta posición, siendo tareas que se basan simplemente en copiar los textos dados desde la básica primaria (Underwood & Pearson, 2004).

Debido a que el lenguaje es una herramienta necesaria en la construcción de los modelos científicos y éstos a su vez necesarios para establecer un lenguaje específico, resulta contradictorio que se descuide su importancia en la enseñanza de las ciencias. En este sentido Márquez (2005), ha mencionado que aprender ciencias es como aprender a hablar otro idioma, puesto que se deben integrar nuevas palabras y construcciones gramaticales al léxico, por lo tanto, se tienen que emplear las competencias lingüísticas en el aprendizaje de los fenómenos naturales. De esta manera, el lenguaje del aprendiz debe ser enriquecido por otro que es preciso y propio de las ciencias (Holliday et al., 1994).

Es así como en cada rama del conocimiento existe un lenguaje específico o patrones temáticos, así como unos modelos o patrones estructurales. La diferencia entre estos dos patrones, es que los temáticos se encargan de plasmar el contenido y los estructurales de la forma en que se organiza este razonamiento. Por este motivo, surge la necesidad de que los estudiantes posean conocimientos sobre el tema que será abordado, para que la actividad científica se desarrolle con éxito en el aula, sin dejar de lado el dominio necesario de los géneros del lenguaje científico (Márquez 2005). De esta manera, el lenguaje ha sido reconocido como un factor relevante en la enseñanza de las ciencias y se ha acordado en conferencias internacionales la Alfabetización Científica y Tecnológica de todos los ciudadanos como el propósito fundamental de la educación en ciencias (Candela, 2018).

Generalmente en los grados primarios se vincula como señal de comprensión lectora, la decodificación y la fluidez en la lectura por parte de los aprendices. Sin embargo, a medida que transcurren los niveles educacionales, estos elementos no son suficientes para lograr una comprensión adecuada de los textos científicos que le son presentados con mayor regularidad. Es decir, la diferencia entre los textos de la etapa primaria y la secundaria, es que los primeros son más narrativos y los segundos son más explicativos, por lo tanto, más importante que la fluidez y la decodificación, es la interpretación según el contexto y la conexión de ideas. Para los estudiantes, la naturaleza técnica y especializada del vocabulario empleado en estos textos puede resultar abrumadora, lo que dificulta su comprensión y la extracción de información relevante (Underwood & Pearson, 2004).

En los textos científicos aparecen muchos conceptos e ideas que expresan significados específicos, porque han sido construidos por una comunidad académica durante mucho tiempo y pueden resultar irrelevantes o difíciles de asimilar para los principiantes. Por ejemplo, en el caso de la enseñanza de la química, Márquez (2005) reconoció el hecho de que una palabra cotidiana como “compuesto”, puede tener diferentes significados para el lector familiarizado con el lenguaje de la disciplina. Así, en este caso le pueden indicar que: a) se está hablando de una sustancia hecha a partir de un conjunto de elementos, b) los elementos que componen dicha sustancia están en proporciones que no varían y, c) las propiedades de esta sustancia son distintas a las de los elementos que la componen. Sin embargo, para el lector inexperto, puede significar simplemente una reunión general de algo y perderse de la información que este solo término tiene en el contexto químico.

La lectura de estos textos de carácter científico multimodal debe ser comprensiva y este proceso implica el uso de la intertextualidad. Dicho elemento puede asemejarse a una cadena que se construye a lo largo del tiempo y que adquiere significado entre más recursos tenga el lector para reconocer los eslabones que la conforman. A través del uso de la intertextualidad, el estudiante puede relacionar sus conocimientos previos con aquellos que obtiene de diferentes fuentes y contextos (Candela, 2018c). Por lo tanto, la lectura adquiere mayor integración, consciencia de las diferentes las representaciones que constituyen el texto científico y lo diferencian del cotidiano, lo que deriva en una mejor comprensión del contenido estudiado (Howell et al., 2017).

Como resultado, la lectura comprensiva de textos científicos juega un papel muy importante en el aprendizaje de las ciencias. Al desarrollar las competencias lectoras que permiten la comprensión de dichos textos, los estudiantes alcanzan habilidades críticas, como el pensamiento analítico, y la capacidad de evaluar y cuestionar la información presentada. Esto le permite al aprendiz acceder a investigaciones actuales, avances científicos y descubrimientos relevantes en el campo de las ciencias, fomentando su capacidad investigativa (Underwood & Pearson, 2004).

Para ayudar a los aprendices a leer comprensivamente, el profesor de ciencias debe diseñar o seleccionar una serie de actividades de acuerdo al desarrollo cognitivo de la población estudiantil, donde ellos puedan utilizar las estrategias dadas desde la literatura para lograr este fin. Dichas actividades tienen que ver con la realización de mapas conceptuales, elaboración de resúmenes, formulación de preguntas significativas, predicciones acerca de la dirección del texto, clarificación de dudas, realización de inferencias, entre otras (Candela, 2018c).

En el presente estudio, se investigó como la lectura de textos de carácter multimodal, propios de la ciencia, median en la comprensión del contenido del Enlace Químico. Dicho contenido fue escogido debido a que su aprendizaje resulta un saber básico que permite fundamentar otros tópicos elementales de la disciplina. Siendo que, a través de este, se pueden entender las propiedades físicas y químicas de las sustancias, así como, conceptos relacionados con procesos biológicos que se experimentan en el ser humano. Además, su enseñanza está construida por múltiples representaciones semióticas, que son necesarias para la comunicación efectiva de la disciplina científica (Dos Santos & Fernandes, 2014).

1. Capítulo I. Presentación del Problema

1.1 Justificación

Un proceso efectivo de enseñanza y aprendizaje está configurado por un acto de comunicación en el que todos los actores participen y entiendan. En éste, se involucran estrechamente acciones pertenecientes al campo del lenguaje: hablar, escuchar, leer y escribir. De esta manera, mientras que los estudiantes observan un fenómeno y elaboran explicaciones coherentes con sus ideas previas, los profesores realizan ese mismo proceso a partir de todo su bagaje cultural de ideas provenientes del marco teórico de las ciencias. Después de esto, ambas partes coinciden en la necesidad de acercar esas diferentes explicaciones de un mismo fenómeno, hacia el establecimiento de un significado científico construido y aceptado por la comunidad académica a través de la comunicación (Sanmarti, 1996).

Sin embargo, el lenguaje como una herramienta de pensamiento y aprendizaje suele ser descuidado por parte de los profesores en las aulas de ciencias, quienes lo ven sólo como el medio de transmisión de información factual, y no como un elemento constitutivo del currículo de estas disciplinas (Ortiz, 2017). Probablemente, esta situación se da como consecuencia de que no son conscientes de la función del lenguaje como práctica cultural que caracteriza la naturaleza de las ciencias. De hecho, el discurso científico traducido en textos académicos presenta unos rasgos lingüísticos y no lingüísticos configurados por una serie de recursos semióticos que le confieren una identidad cultural a los miembros de la comunidad científica. De esta manera, generalmente se pasa por alto el hecho de que este tipo de discurso tiene unas características especiales que lo convierten en un lenguaje propio, distinto al natural y con múltiples representaciones semióticas (Candela, 2018).

En este sentido, Lemke (1990) argumenta que los profesores de ciencias deben conocer los rasgos textuales lingüísticos y no lingüísticos que caracterizan a los textos de estas

disciplinas, con el propósito de diseñar e implementar ambientes de aprendizaje de contenidos específicos. De esta manera, se brinda a los estudiantes la oportunidad de comenzar a internalizar dichos rasgos textuales. Desde luego, este proceso les permite hablar, leer y escribir acerca de los fenómenos naturales de su entorno, utilizando para ello el conjunto de registros semióticos propios del paisaje comunicativo y representacional de las ciencias (por ejemplo: palabras, oraciones, párrafos, imágenes, tablas, simuladores, actividades experimentales, entre otros).

También, se debe tener en cuenta que, para alcanzar la anterior meta curricular en las aulas, es necesario emplear una pedagogía centrada en el estudiante con la intención de superar la barrera del discurso monológico, que frecuentemente se da en la enseñanza tradicional. De esta manera, según Candela y Espinosa (2016), se permitiría una interacción dialógica que medie la construcción del conocimiento, desde una perspectiva sociocultural. Si bien, la oralidad, la lectura, la escritura y las acciones experimentales son actos comunicativos, conjuntos y potenciados entre sí, realizados en el proceso de construcción de significados dentro del aula, este estudio se enfoca la lectura de los textos académicos que configuran el currículo de las ciencias, específicamente, textos multimodales como estrategia mediadora en la comprensión del Enlace Químico.

De acuerdo con Jewitt (2008), en dichas composiciones textuales, es característico el uso de una serie de rasgos lingüísticos y no lingüísticos, los cuales son entrelazados con la intención de comunicar un significado. Es decir, los autores de estos géneros explicativos despliegan de forma coherente un entramado de modos o recursos semióticos, con el fin de representar la comprensión de un fenómeno estudiado a una audiencia particular, utilizando imágenes, diagramas, fórmulas, gráficas, simuladores, entre otros. Por esta razón, Fang (2006) argumentó que la lectura comprensiva de los textos científicos demanda de los estudiantes una alta inversión sociocognitiva, que está fundamentada por el conocimiento de los rasgos textuales de dichas composiciones escritas.

Según Fang (2006), dichos rasgos son de naturaleza léxico-gramatical, visual-pictórico, auditivo y experiencial, cada uno de los cuales genera en los estudiantes variadas dificultades en la comprensión de los fenómenos naturales. En este contexto, resulta

necesario que en el aula de ciencias se posibilite la oportunidad de internalizar y usar dichos rasgos textuales durante la transacción de significados. Por ejemplo, respecto a las dificultades lingüísticas que presentan los textos científicos en la escuela secundaria, Fang (2006) expone que los estudiantes enfrentan diferentes barreras de aprendizaje, dentro de los cuales sobresalen, la densidad del léxico y el empleo de una semántica y sintaxis únicas. Este autor ha mencionado, además, que este tipo de escritos, se caracterizan por el tecnicismo, la abstracción y la formalidad. De esta manera, a través de estas singularidades, se logra satisfacer las necesidades del lenguaje propio de las ciencias que precisa una gramática especializada, común en las prácticas socioculturales de la disciplina, con objetivo de establecer vínculos entre palabras de forma clara y comunicar ideas sobre sus investigaciones, procedimientos y conclusiones (Holliday et al., 1994).

Por otro lado, de acuerdo con Unsworth (2001), los textos científicos también están configurados por recursos semióticos no lingüísticos, los cuales generan dificultades a la hora de identificar las ideas implícitas y manifiestas que el autor pretende comunicar. Por ejemplo, al enfrentar un texto multimodal, frecuentemente los estudiantes se focalizan en uno de los recursos semióticos que está presente en la composición textual, descuidándolos demás. La consecuencia de esta situación en la comprensión del texto por parte del sujeto es que realiza una lectura inferencial y crítica limitada, debido a que no ha desarrollado las capacidades de las competencias representacionales para dar sentido en forma integral a todos los registros semióticos que conforman la representación multimodal del texto (Kozma & Russell, 2005).

Otra dificultad hace referencia al poco uso que los estudiantes hacen del principio de la intertextualidad. Este principio permite relacionar las ideas representadas en dos o más textos multimodales, por ejemplo: simulador y tabla de dato, gráfica y párrafo, animación, simulador y actividad experimental, con el propósito de construir una idea global acerca del fenómeno natural que dichos textos comunican (Lemke, 1992). Adicionalmente, mediante algunos estudios realizados se ha evidenciado que la comprensión del contenido del Enlace Químico resulta compleja para los estudiantes de la escuela secundaria. Quizás, el género textual de orden multimodal empleado en su acto comunicativo sea uno de los aspectos, que junto a su naturaleza abstracta lo hacen difícil de aprender (Dos Santos & Fernandes, 2014).

Conviene subrayar, que este tipo de proyecto permite realizar un trabajo apoyado en comunidades de aprendizajes. En dichas sociedades, se logra el intercambio de significados y formas de significar entre los diferentes participantes, a través del uso de habilidades lingüísticas y una enseñanza contextualizada. De esta manera, se aprovecha la fuerte relación entre el lenguaje y las ciencias, ofreciendo la posibilidad de construir saberes compartidos a partir del estudio del Enlace químico y las situaciones experimentadas alrededor de este contenido. Simultáneamente, se fortalecen las competencias lingüísticas que le permiten al estudiante una mejor postura orientativa frente a lo que lee y experimenta (Hodson, 2013).

También, se debe destacar que los referentes de calidad como: Estándares Básicos de Competencia (EBC), Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), Lineamientos Curriculares, y Pruebas de Estado, se encuentran claramente orientados a desarrollar las competencias propias de la alfabetización científica en los estudiantes. De este modo, por ejemplo, se busca la capacidad de escucha activa para reconocer cuando los argumentos de otros son más contundentes que los propios y revalidarlos de acuerdo a la comparación. Estas habilidades del conocimiento no solo son importantes en el ámbito académico pues permiten la orientación a la experimentación y búsqueda de las diferentes respuestas a una misma pregunta, sino también, que actúan como habilidades blandas en su área personal, social y profesional, otorgando una posición flexible y dialógica en torno a diferentes situaciones (Hodson, 2013).

En conclusión, el propósito de este estudio es brindar la posibilidad a los aprendices de comenzar a tomar conciencia de los diversos rasgos textuales lingüísticos y no lingüísticos, que estructuran las composiciones multimodales propias del paisaje comunicativo y representacional de las ciencias. Se presenta el lenguaje más que como un simple instrumento de aprendizaje, como una estrategia, un medio, para llegar a tal fin. Así, el uso de la lectura comprensiva de textos multimodales de naturaleza científica permitiría al alumno apropiarse de su proceso de aprendizaje y hacerlo más efectivo, siendo capaz de articular el lenguaje y el pensamiento, al ser consciente de los diferentes niveles de representación de la materia y las reacciones tanto biológicas como químicas, propias del enlace químico (Candela, 2018).

1.2 Antecedentes

En la revisión de la literatura para establecer los antecedentes se tuvieron en cuenta estudios nacionales e internacionales empleando las bases de datos: Elsevier, Dialnet, Intra UAM, Scielo y el Repositorio digital de la Universidad Nacional de Colombia. A continuación, se detallan algunos de los estudios relacionados con la comprensión del Enlace Químico y el uso del lenguaje en las Ciencias. En dichas investigaciones se describe la naturaleza compleja de las interacciones químicas, representada mediante diversos registros semióticos que los estudiantes deben decodificar y asimilar con la ayuda del maestro. Además, se evidencia la conexión entre el lenguaje y la educación en Ciencias, no solo para acceder a la información mediante la lectura comprensiva de los textos multimodales científicos, sino también para aprender a comunicar los descubrimientos de los estudiantes y su comprensión acerca de los conceptos estudiados. También se plantea como estas investigaciones influenciaron el presente estudio.

1.2.1 El vínculo entre el lenguaje y la Educación en las Ciencias

La autora García (2018), ejemplifica la aplicabilidad de las ciencias Naturales en secundaria, a fin de mejorar la expresión oral y escrita de estudiantes con edades de 14 y 15 años. Ella propone un plan de actividades para tres periodos diferentes, describe sus particularidades y las nombra así: “Las mujeres en la ciencia”, “El descubrimiento más importante del siglo” y “Las sustancias químicas y su importancia”. Así mismo, describe cómo a través de la cuidadosa planeación del material y las actividades a desarrollar, se trabajan tanto las competencias lingüísticas, como los saberes correspondientes a ciencia y tecnología, debido a que los estudiantes se ven retados a la selección, síntesis y comunicación de información obtenida de diversas fuentes. Ella destaca la creatividad como un elemento importante en la vinculación de los estudiantes a la cultura científica, pues fueron orientados a la presentación oral y escrita de sus conocimientos, por medio de la producción de cuentos a partir de sus investigaciones.

También, la autora Martínez (2021), investigó la contribución de la comprensión lectora, en la resolución de problemas en química con estudiantes de grado décimo del Colegio La Salle Villavicencio, en Manizales, Colombia. La metodología que empleó fue cualitativa, el tipo de investigación fue descriptivo y recurrió a la unidad didáctica y a las lecturas (plan lector) como instrumentos de la investigación. En este estudio se destaca el manejo de

tres momentos en la realización de la lectura: antes, durante y después. En el primer momento se buscó que a través de preguntas los estudiantes reconocieran de manera específica el tema de la actividad y lo relacionaran con sus presaberes. Así mismo, durante la lectura, se les pedía extraer la idea principal, comprobar la coincidencia o no de sus conocimientos previos con la nueva información y releer para aclarar confusiones. Después de la lectura, se les dio la oportunidad de evaluar, sintetizar y aplicar la información a su entorno cotidiano, mediante preguntas de nivel crítico y espacio para la argumentación de sus respuestas. Esta autora concluyó que la capacidad para solucionar un ejercicio químico planteado aritméticamente, o que daba paso a solucionar aspectos cotidianos, estaba relacionado con el nivel de comprensión del enunciado por parte del estudiante.

Estos tipos de antecedentes fueron útiles en el diseño de las actividades de esta investigación, puesto que la educación en Ciencias requiere motivación por parte del estudiante para que logre el objetivo de la comprensión de conceptos estudiados que generalmente se encuentran en textos de un carácter distinto al narrativo. Así, el uso de la libertad de expresión del estudiante y el acercamiento a lo cotidiano, se tuvieron en cuenta como un factor de anclaje de conceptos y facilitador de la comprensión de los mismos. Es decir, aunque no suele relacionarse directamente las Ciencias Naturales pueden contribuir en primera instancia, al desarrollo del lenguaje mediante la creatividad y el uso de elementos de interés del estudiante.

1.2.2 Lectura comprensiva de textos académicos

Así mismo, autores como Bizzio et al. (2021), han tenido en cuenta la necesidad de ocuparse de la lectura en las Ciencias Naturales. Por este motivo, han planteado desde el marco de modelos didácticos contemporáneos, que el docente debe asumir el papel de mediador activo entre el estudiante/lector y los textos. Así, el profesor debe plantearse el propósito educativo del texto, para la selección del material empleado y posterior diseño de las actividades. De esta manera, presentan el diseño y la implementación de una propuesta de lectura de un texto de Ciencias Naturales con estudiantes de secundaria, teniendo en cuenta el análisis lingüístico previo del texto con el objetivo de favorecer la

comprensión y el aprendizaje disciplinar. Ellos han concluido que este abordaje permitió la profundización del contenido y la interacción, lo cual contribuyó de forma novedosa con respecto a las prácticas usuales de lectura.

Otros autores como Maturano et al. (2016), han presentado el abordaje de conceptos químicos a través de la lectura de textos de carácter científico y de elementos tecnológicos como simuladores en el aula de Ciencias Naturales. Dicha investigación fue realizada con estudiantes de educación secundaria, a fin de explorar las transformaciones y transferencias de energía en procesos cotidianos. Estos autores, diseñaron e implementaron actividades de lectura que favorecieron de manera innovadora la lectura comprensiva del material escrito seleccionado y promovieron la multialfabetización de los estudiantes, mediada por el uso de simuladores. Los resultados sugirieron que la lectura grupal guiada, el uso de la tecnología y la producción escrita de textos breves relacionados con los contenidos científicos, ayudaron a los estudiantes a comprender el contenido estudiado y la aplicación del mismo en la vida cotidiana.

Estos antecedentes fueron útiles en el desarrollo del marco teórico y las teorías sustantivas que orientaron esta investigación, pues se plantean aspectos fundamentales en el proceso de aprendizaje tales como la lectura comprensiva de textos académicos, el rol del docente en esta actividad y la multialfabetización. También, se tuvieron en cuenta estos antecedentes en el diseño y la implementación de las actividades, pues sugieren el uso de simuladores y la producción escrita con el objetivo de apoyar la lectura comprensiva del contenido estudiado.

1.2.3 El aprendizaje del Enlace Químico

La comprensión del contenido del Enlace Químico permite entender otros conceptos relacionados con la química y otras disciplinas como la biología. Por ejemplo, propiedades físicas (conductividad, solubilidad, punto de fusión, punto de ebullición, entre otros) y químicas de las sustancias (entalpía de enlace, las reacciones químicas, cinética y equilibrio químico) y su relación con los procesos biológicos (Dos Santos & Fernandes, 2014). Sin embargo, hay estudios que muestran un gran número de ideas ingenuas por parte de los estudiantes alrededor del Enlace Químico, que dificultan la

comprensión del mismo. Entre estas ideas se pueden mencionar las siguientes: confundir los tipos de enlace, conceder características físicas a los átomos, usar la regla del octeto indiscriminadamente como principio explicativo para la formación de los Enlaces Químicos. Adicionalmente, el uso inadecuado de representaciones de la química puede causar gran nivel de abstracción para la interpretación de conceptos como la geometría molecular, la polaridad y las energías asociadas a la destrucción o formación de enlaces químicos (Fernández & Ribeiro, 2006).

Por otra parte, Dos Santos y Fernandes (2014), analizaron la contribución de una situación problema vinculada a la construcción de representaciones por parte de los estudiantes, en la enseñanza de los conceptos de enlace iónico y enlace metálico. En esta investigación participaron estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Federal Rural de Pernambuco en Brasil. La metodología incluyó una situación problema; el uso de la tecnología en la explicación del contenido; y la elaboración manual de representaciones modélicas en 3D de retículos cristalinos a partir de bolas de poliestireno y palillos de dientes. A través de este ejercicio, los estudiantes identificaron la naturaleza electrostática de los Enlaces Químicos, se facilitó el reconocimiento del tipo de enlace y se logró identificar algunas concepciones alternativas relacionadas respecto a los enlaces fuertes.

Así mismo, autores como De Posada y María (1999), describieron las ideas de los estudiantes de secundaria en el rango de 15 a 18 años, sobre el Enlace Químico. Respecto a la metodología, la naturaleza de este estudio fue exploratoria, por lo tanto, ellos utilizaron cuestionarios y grabaciones de situaciones de clase, para discutirlos individualmente. Así mismo, el método de recolección de datos empleado fue inductivo y el análisis de los mismo fue semicualitativo e inductivo-deductivo. En los resultados se evidenció que los estudiantes, tuvieron dificultades en la comprensión molecular de algunas sustancias como los gases, así como la identificación del enlace covalente y el concepto de ion. Esto debido a que guían sus predicciones del comportamiento atómico, por ideas del mundo macroscópico, conduciéndolos a creencias alternativas a las científicas. En este trabajo se comentaron algunas implicaciones didácticas que podrían ayudar a superar estos obstáculos, tales como la utilización sistemática de representaciones gráficas de la

distribución atómica en las sustancias, empleando elementos visuales como color y tamaño para reforzar las ideas sobre las propiedades de cada elemento del compuesto.

Otros autores como Riboldi et al. (2004), describieron las ideas sobre los enlaces químicos de un grupo de estudiantes que iban a comenzar la universidad y las de otro grupo de estudiantes que ya eran universitarios. La metodología fue de tipo cuantitativa e interpretativa, donde se utilizó como instrumento de recolección de datos, un cuestionario escrito elaborado por los investigadores, que constaba de 15 cuestiones, 13 de opción cerrada y 2 de opción abierta. Los resultados mostraron distintas ideas respecto a cómo se agrupan los átomos entre elementos iguales o diferentes en una unión química, su estructura de acuerdo con los tres diferentes tipos de enlaces y las condiciones requeridas para su formación. En este trabajo se encontró que las concepciones entre los dos grupos investigados son las mismas en la mayoría de los casos. Ellos aconsejan revisar las prácticas de enseñanza en el ámbito universitario a efectos de considerar si alguna de ellas favorece la presencia y persistencia de dichas concepciones alternativas.

Otros autores como Kumpha et al. (2014), realizaron estudios sobre la comprensión del concepto de Enlace químico en una muestra compuesta por 102 estudiantes con edades de 15 a 16 años, que cursaban grado décimo en tres escuelas secundarias de la Provincia de Chaiyaphum en el noreste de Tailandia. La metodología empleada fue de carácter cuantitativo. Así, después de estudiar la temática relacionada con este concepto, los estudiantes fueron sometidos a una prueba de opción múltiple de dos niveles sobre la comprensión del contenido, traducida al idioma tailandés. A través de los resultados de esta investigación se determinó que alrededor del 80% de los estudiantes no comprendieron el concepto de Enlace químico, así como altos porcentajes de formación de concepciones alternativas respecto a los nueve ítems evaluados.

Los hallazgos arrojados por los antecedentes anteriores, fueron útiles para la planeación y el diseño de las actividades que pertenecen al desarrollo de esta investigación, debido a que se pueden tener en cuenta sus sugerencias para la delimitación del problema y las consideraciones prácticas de la orientación en el proceso de enseñanza aprendizaje. Por ejemplo, la necesidad de que los estudiantes construyan modelos moleculares individualmente o en equipo, el uso del juego para pensar y la integración de diferentes tipos de textos multimodales y multimediales en este proceso. Todo esto, con el objetivo

de representar el fenómeno molecular tridimensionalmente, y asistir a los estudiantes en la comprensión de los diferentes niveles de representación: macroscópico, simbólico y submicroscópico.

1.3 Planteamiento del Problema

Las aulas son espacios dinámicos donde ocurren procesos complejos que deben ser estudiados desde diferentes disciplinas, con el objetivo de abordarlos correctamente desde la investigación. A través de la investigación cualitativa se ha permitido tener en cuenta áreas como el lenguaje, las ciencias sociales, la antropología, la psicología y la historia (sólo por nombrar algunas), como disciplinas pertinentes y concernientes a la Educación en Ciencias. Así mismo, se ha logrado entender que los procesos que ocurren en el aula van mucho más allá de las actividades en las que interactúa el profesor y el alumno dentro del espacio físico en el cual se desarrolla el contenido de la clase. Teniendo en cuenta, no sólo las tareas asignadas, sino la forma empleada y la relación social establecida entre dichos actores (Candela, 2019).

Por otra parte, el proceso de aprendizaje de las ciencias trae consigo ciertas dificultades, las cuales han sido examinadas por la investigación en didáctica de las Ciencias. Así, se ha evidenciado que la enseñanza tradicional es la que se ha impuesto clásicamente, presentando los contenidos de manera verbal principalmente. A través del tiempo, se ha fomentado como una oportunidad de cambio, el uso de la experimentación para el aprendizaje de las Ciencias. Sin embargo, se ha demostrado que esta no es suficiente, si las herramientas conceptuales básicas asociadas al fenómeno natural observado, no se encuentran presentes. Adicionalmente, los estudiantes tienen sus propias ideas alternativas respecto a los contenidos estudiados, que están fuertemente aferradas en su razonamiento y no corresponden en la mayoría de las ocasiones, a los conceptos básicos que se deben tener en cuenta para entender el objeto de estudio (Pozo & Gómez, 1998).

De acuerdo con Pozo y Gómez (1998), algunas dificultades generales como: la estructura de las disciplinas, el nivel de abstracción de los contenidos, el componente matemático

que subyace a los fenómenos naturales y el pensamiento multinivel, se siguen presentando en las aulas de ciencias como consecuencia de que la enseñanza ha estado focalizada en los contenidos y el profesor, ayudando a reforzar una perspectiva positivista de las ciencias. En la cual, se asumen los modelos teóricos pertenecientes a estos ámbitos de conocimientos como verdades absolutas y descontextualizadas.

También, a pesar de que el lenguaje aparece inmerso en nuestras acciones cotidianas, tiende a ser subvalorado en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. La mayor cantidad de veces, sólo es el maestro quien se comunica en clase, los estudiantes generalmente usan frases incompletas para expresar sus ideas y los textos de apoyo son de alto contenido lexical con una semántica y sintaxis especial que les dificulta su comprensión (Candela & Viáfara, 2017). En efecto, según las teorías del aprendizaje, el proceso de aprender ciencias implica la relación entre las redes semánticas provenientes de los conceptos propios de la disciplina estudiada y los conocimientos previamente establecidos en la estructura cognoscitiva del sujeto. A través de dicha relación, se busca lograr una evolución de las ideas primarias por medio de nuevas relaciones de significado (Candela & Espinosa, 2016)

Adicionalmente, la investigación de la didáctica de las ciencias ha evidenciado que la concepción epistemológica que presentan los estudiantes sobre la actividad científica, ejerce una fuerte influencia en el aprendizaje de los productos y procesos de las Ciencias. Es decir, lo que los estudiantes piensan sobre lo que se aprende y los que saben del tema en particular influye en su avance en la comprensión del mismo. Por esta razón, los investigadores han argumentado que el apoyar el desarrollo de una epistemología positivista en el aula de ciencias, estimula en los estudiantes la creencia de que el conocimiento científico se construye por medio de la aplicación algorítmica de fórmulas y conceptos que deben ser principalmente memorizados en lugar de comprendidos (Campanario & Moya, 1999).

Campanario y Moya, (1999) mencionaron que la orientación de enseñanza transmisionista o descontextualizada, difícilmente le brinda la oportunidad a los estudiantes de tomar conciencia de las dificultades y concepciones alternativas con las que llegan al aprendizaje de un fenómeno natural en el papel central que juegan estos dos elementos en la construcción del conocimiento científico, resulta necesario comenzar a visualizar la

implementación de una orientación de enseñanza centrada en el estudiante, a fin de suministrarle a los aprendices la posibilidad de volver conscientes los modelos mentales que han construido a lo largo de su vida sensorial, cultural y escolar. Así, como el primer paso hacia el cambio, es el reconocimiento de una situación no deseada, el inicio de la ruta hacia el aprendizaje, sería la toma de conciencia de las concepciones alternativas y su interferencia en la comprensión del contenido estudiado.

Con el fin de comenzar a superar, las anteriores restricciones y con ello mejorar el proceso de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en la escuela primaria y secundaria, se han llevado a cabo una serie de reformas curriculares desde la década de los sesenta. Dichas reformas, estuvieron fundamentadas en los marcos teóricos provenientes del campo de la Educación en Ciencias, las cuales resaltaron el contexto de las prácticas de laboratorio como un elemento clave en el logro de las metas curriculares propuestas. Consecuentemente, dichas reformas fueron consideradas como un elemento constitutivo del currículo de estas disciplinas, gracias a que los procesos que subyacen a las prácticas de laboratorio son aspectos inherentes de la actividad científica. Finalmente, se ha propuesto que las acciones de los estudiantes y el profesor en el aula de ciencias, sean análogas a los comportamientos que exhiben los científicos durante su trabajo académico y experimental (Fantini et al., 2014).

Si bien, las reformas curriculares anteriormente mencionadas, se fundamentan en un rico marco teórico y unas altas expectativas de enculturación científica, estas aún no han sido alcanzadas por los estudiantes de la escuela primaria y secundaria. Tal vez, esta dificultad curricular se da como consecuencia de que se ha descuidado el aspecto social del aula, característico de la comunidad científica, en el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje. Efectivamente, la ciencia está hecha por personas y el conocimiento científico se construye socialmente a través de las interpretaciones que la comunidad va consensuando y modificando de manera periódica (Fantini et al., 2014). Por esa misma razón, Lemke (1992), argumentó que el proceso de enculturación científica de los aprendices, debe estar mediado por la transacción permanente de significados y formas de significar desde una perspectiva sociocultural.

En reconocimiento de dicho aspecto, desde finales de la década de los ochenta y comienzos de los noventa, los investigadores del campo de la Educación en Ciencias, comenzaron a considerar la necesidad de introducir el lenguaje como una herramienta de pensamiento y aprendizaje de los contenidos curriculares. En sus investigaciones se considera, que la relación entre pensamiento y lenguaje es tan intensa, que estos se pueden considerar elementos mutuamente dependientes. Ocurriendo que, tanto en las escuelas como en otros escenarios, resulta difícil separar el aprendizaje del lenguaje (Candela & Espinoza, 2016). Entonces, se reconoce que el lenguaje es una herramienta necesaria de una comunidad de aprendizaje donde los estudiantes son los generadores de su propio conocimiento; tanto en la construcción de modelos científicos más elaborados, como en la estructuración de un lenguaje más preciso (Lemke, 1990). Es decir, la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias, está mediada no sólo por las actividades experimentales (prácticas de laboratorio), sino que el desarrollo de las competencias lingüísticas del discurso semiótico propio de las Ciencias hace parte importante de su comprensión.

De ahí que Norris & Phillips (2002), argumentaron la necesidad de llevar a cabo en la escuela una alfabetización científica de orden fundamental y derivada. Dicha alfabetización, permite que los estudiantes puedan alcanzar su desarrollo en las competencias lingüísticas, siendo capaces de argumentar y debatir sobre contenidos científicos, que tengan influencia en sus decisiones personales y sociales. En este sentido, se puede considerar que la enseñanza del currículo de ciencias focalizado en la alfabetización científica, brinda el espacio donde los estudiantes desarrollan un conjunto de conocimientos y habilidades propias de las ciencias, la comprensión de cómo los fenómenos naturales influyen en su vida cotidiana. Para conseguir este objetivo, se utilizan estrategias adecuadas para facilitar la comprensión de diferentes contenidos, mejorando así, la selección y el procesamiento cognitivo de la información (Holliday et al., 1994).

Sin embargo, entre las principales barreras para mejorar el aprendizaje de las ciencias, se encuentra la poca producción de estudios en cuanto a la temática relacionada a la comprensión lectora de textos de carácter científico, la falta de colaboración entre maestros e investigadores para la utilización eficaz de los pocos estudios de investigación y la falta de criterios para la selección de textos. Por esta razón los profesores de ciencias no se encuentran permanentemente informados sobre las opiniones actuales de la lectura de

ciencias, utilizando pocas estrategias (o ninguna) de instrucción auxiliares para mejorar la comprensión lectora (Holliday et al., 1994; Candela, 2018c).

Si bien, el paisaje comunicativo y representacional del aula de ciencias se materializa a través de la oralidad, lectura y escritura de textos científicos, este estudio se focaliza en la lectura de composiciones de carácter multimodal. Generalmente, esta clase de composición textual se encuentra configurada a través de una relación sinérgica y semántica entre los siguientes modos semióticos: palabras, oraciones, párrafos, diagramas, gráficos, animaciones, tablas, ecuaciones matemáticas, demostraciones y laboratorios. Por lo cual, el proceso de construcción e interpretación de esta especie de género académico, debe ser mediado por las herramientas conceptuales y prácticas culturales propias de la comunidad del aula de ciencias (Lemke, 1990).

Desde la semiótica social de Lemke (1990), el lenguaje de las Ciencias es visto desde una perspectiva amplia, reconociendo no sólo la representación lingüística de las diferentes ciencias, sino del lenguaje especializado de la Física, Química, Biología y otras disciplinas científicas. Esos otros «lenguajes» esenciales, en el sentido de recursos semióticos provenientes de sistemas culturales propios de las ciencias, están caracterizados por: el lenguaje de las representaciones visuales, el lenguaje del simbolismo matemático y el lenguaje de las operaciones experimentales. Estos, han sido adaptados por los científicos, en la necesidad de modelar los comportamientos propios de los fenómenos naturales, en los cuales no son suficientes las palabras y proposiciones del lenguaje natural y específico de la disciplina, sino diferentes recursos semióticos que convergen en la multimodalidad del texto científico (Candela, 2018a).

A pesar de la diversidad de recursos semióticos utilizados para la enseñanza de las ciencias, existe igualmente, una gran cantidad de estudiantes que no logran comprender profundamente los contenidos tratados. Tienen dificultades para encontrar sentido a lo que escriben, representan, grafican y calculan sobre un contenido específico, debido a que no logran integrar y descifrar el lenguaje propio de los textos científicos, con sus características lingüísticas y no lingüísticas (Lemke, 1990). Luego, se tiene como resultado, la necesidad de que los estudiantes se vuelvan conscientes de la existencia de estos

recursos semióticos, con el objetivo de hacer uso de los mismos de una manera significativa y apropiada, siendo capaces de integrarlos funcionalmente en su proceso de aprendizaje de las ciencias (Candela, 2018c).

Por todo esto, es necesario que la escuela primaria y secundaria, prepare a los estudiantes en el desarrollo de habilidades propias del lenguaje. Esto incluye, tanto la lectura literal, inferencial y crítica de textos convencionales o lingüísticos, como la lectura de naturaleza multimodal, característica de composiciones textuales del campo de la Educación en Ciencias. Dichas composiciones, se han posicionado en la cultura actual debido al desarrollo de la tecnología y los avances de la comunicación, los cuales, permiten articular organizadamente diferentes recursos semióticos a saber: lingüísticos, de audio, espaciales, gestuales y visuales, con el propósito de expresar mejor los significados en un mundo cada vez más interconectado (Howell et al., 2017).

Por otra parte, la enseñanza de las ciencias naturales, específicamente la educación en química, está relacionada íntimamente con la lectura de textos de carácter multimodal como herramienta de aprendizaje. Sin embargo, se presentan dificultades en el estudio de la disciplina, debido a que se emplean diversos recursos semióticos y niveles de representación propios del lenguaje de la ciencia con los que generalmente el estudiante no está familiarizado. De esta manera, el lenguaje utilizado genera un distanciamiento adicional de la disciplina al aprendiz, que no le permite valerse de las herramientas dispuestas a su alcance para lograr la comprensión del conocimiento requerido (Candela & Espinoza, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente estudio se escogió el Enlace químico debido a que su comprensión resulta un saber básico que permite fundamentar otros contenidos elementales de la disciplina. A través de este, se pueden entender las propiedades físicas y químicas de las sustancias y conceptos relacionados con procesos biológicos que se experimentan en el ser humano. Desde luego, su enseñanza está apoyada por representaciones, demostraciones, experimentos, simuladores, modelos, entre otros, cuyo objetivo es la de ofrecer herramientas cognitivas necesarias para que el estudiante pueda comprender su naturaleza abstracta y, de esta manera pueda darle sentido a los fenómenos químicos y físicos que ocurren a su alrededor (Dos Santos & Fernandes, 2014).

Sin embargo, el proceso de enseñanza y aprendizaje del Enlace Químico presenta dificultades, probablemente dada su alta naturaleza abstracta. Estas quizás, se podrían superar a través del establecimiento de relaciones conceptuales o intertextuales, permitiendo así, que los estudiantes puedan dar sentido a los distintos recursos semióticos, que no sólo deberán ser adicionados a su lenguaje natural, sino conectados a otros conocimientos previamente establecidos. Además, los textos que representan este contenido en su mayoría, son de naturaleza multimodal, lo cual, permite a los estudiantes desarrollar las estrategias de comprensión de lectura de textos de carácter científico, desde una perspectiva intertextual y semiótica, que probablemente sea un facilitador para la comprensión de este contenido. Así, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo la lectura de textos multimodales de naturaleza científica media la comprensión del Enlace Químico en los estudiantes de grado noveno?

1.3.1 Objetivo General

Este estudio de caso tiene como propósito interpretar el papel mediador de la lectura de textos multimodales de naturaleza científica, para la comprensión del Enlace Químico en los estudiantes de grado noveno.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar e implementar un conjunto de actividades de aprendizaje basadas en la lectura de textos multimodales de naturaleza científica, con el fin de mejorar la comprensión del Enlace Químico por parte de los estudiantes de grado noveno. Estas actividades estarán fundamentadas disciplinar, pedagógica y tecnológicamente para representar el contenido del Enlace Químico.
- Documentar la comprensión del Enlace Químico lograda por los estudiantes de grado noveno, gracias al desarrollo de diferentes actividades de aprendizaje relacionadas a la lectura de textos multimodales de naturaleza científica.

2. Capítulo II. Marco teórico

Las estrategias tradicionales de enseñanza no son adecuadas para alcanzar el objetivo del currículo de ciencias: la alfabetización científica (Hernández & Zacconi, 2010). En la mayoría de las aulas el modelo de enseñanza predominante es el modelo tradicional, que se basa en suposiciones cotidianas tales como: “la enseñanza es una tarea sencilla”, es decir, no requiere una preparación especial porque simplemente es transmisión y recepción de unos conocimientos preestablecidos; y “las dificultades provienen de los estudiantes”, esto es, no surgen en ellos, sino que ellos las causan y no se esfuerzan lo suficiente para que esto deje de ser así. Por esta razón, se ha sugerido conveniente abandonar el método de enseñanza tradicional y apoyarse en nuevas estrategias de enseñanza. Dichas estrategias se llevan a cabo a través de la integración de las demandas del lenguaje en la estructura de la enseñanza y la consideración de estas como parte central del aprendizaje (Fang, 2006).

La forma en que se deben orientar las estrategias de enseñanza de las ciencias ha sido objeto central de debate y estudio. A pesar de esto, de acuerdo con Duit (2006), aún no se ha conseguido una respuesta definitiva al problema de cómo enseñar ciencias, produciendo como resultado que la investigación en dicho campo sea una herramienta a disposición del mejoramiento de la práctica educativa en las aulas. Solo se puede afirmar que la enseñanza de las ciencias es de carácter interdisciplinar, debido a que para su desarrollo se apoya en competencias provenientes de otras ramas del conocimiento. Por ejemplo, la filosofía y la historia de la ciencia ofrecen la posibilidad de analizar de forma crítica la naturaleza de la ciencia y su contribución específica para comprender el “mundo”. De la misma manera, la pedagogía y la psicología posibilitan la adquisición de competencias que ofrezcan dar forma a los contenidos de acuerdo con las características cognitivas pertenecientes al desarrollo biológico de cada etapa del ser. Otras disciplinas de referencia son, por ejemplo, la ética, que permite enseñar sin descuidar el desarrollo de

compromisos personales y sociales del individuo; o la lingüística, que puede ofrecer marcos de referencia para analizar el discurso en el aula o conceptualizar el aprendizaje de la ciencia como una introducción a un nuevo lenguaje (Duit, 2006).

De esta manera, se demuestra que la enseñanza y aprendizaje de las ciencias no es algo sencillo como habitualmente se cree, convirtiéndose en un referente importante en el campo de la Educación en Ciencias. Entre los tópicos más investigados los hay de dos tipos: unos relacionados con el aprendizaje y otros con la enseñanza. En el aprendizaje se encuentran los siguientes: cómo aprenden los estudiantes, cuáles concepciones alternativas tiene respecto a los contenidos, qué variables afectivas influyen en este proceso y cómo realizan un cambio conceptual. Por su parte, en la enseñanza aparecen como motivo de investigación: qué estrategias, recursos y métodos emplean los docentes en su labor, qué influencia tiene su pensamiento y sistema de creencias en su forma de enseñar y cómo se evalúa el alcance de las metas de enseñanza propuestas (Duit, 2006).

Tal como mencionó Candela (2017), las reformas curriculares evidencian el desarrollo y consolidación del campo de la Educación en Ciencias como una disciplina científica. Así, el estudio de su evolución histórica, indica dos factores que ejercen influencia sobre las reformas curriculares: (1) la economía (grado de desarrollo de cada nación) y (2) la evolución progresiva en la investigación en el campo de las ciencias (proveniente del contexto anglosajón con 100 años de historia). En el primer factor, se pueden encontrar ejemplos de cómo a través de las políticas de turno generadas por las necesidades de cada sociedad en diversos momentos de la historia, se han producido reformas curriculares que pretenden responder a esas necesidades. Entre estos ejemplos se puede mencionar: el cambio de una sociedad agraria a una tecnológica industrial a principios del siglo XX, la crisis agrícola subsiguiente, y la carrera espacial entre USA y la Unión Soviética (1957-1975), donde se reformularon los currículos de acuerdo con los propósitos de estos gobiernos. En el caso del segundo factor, se parte de un modelo anterior centrado en el conocimiento de cada disciplina, hasta llegar a una percepción que se enfoca en el desarrollo del sujeto (Candela, 2017).

Específicamente, en la década de 1960 fue impulsado un currículum focalizado en el desarrollo de las competencias científicas. Considerando que la educación en ciencias debería generar espacios donde el estudiante se encontrara con actividades de aprendizaje propias de las prácticas científicas, las cuales le permitieran resolver problemas de orden social fieles a la realidad de la época. Por lo general, los educadores de ciencias y los diseñadores curriculares, influenciados por este pensamiento característico de toda la evolución científica de la época, dirigieron reformas curriculares cuyo propósito fundamental fue el conocimiento de la disciplina y el aprendizaje de los métodos de investigación de las ciencias (Candela, 2017). Sin embargo, desde la década de los años noventa, esta situación viene cambiando debido a que diferentes sociolingüistas le han dado la importancia necesaria al hecho de introducir en el aula, el lenguaje como una estrategia de aprendizaje en la enseñanza de las ciencias (Lemke, 1990).

2.1 La importancia de la alfabetización científica

A pesar de que el lenguaje se encuentra inmerso en las acciones cotidianas, en el proceso de enseñanza-aprendizaje (en particular en el campo de las ciencias), la mayoría de las veces, el empleo del lenguaje se limita a la simple comunicación de las ideas entre los actores de la educación y en muchas ocasiones sólo es el maestro quien se comunica en clase (Candela & Espinosa, 2016). Generalmente, esta situación se presenta por diversas razones, entre ellas: enseñanza centrada en el profesor y en la respectiva disciplina, utilización de modelos tradicionales donde el aprendizaje es pasivo y con tareas establecidas, como copiar o memorizar. Además, los estudiantes no se enfrentan a menudo con actividades de comprensión y construcción de textos, las cuales requieren un esfuerzo cognitivo más elevado (Mullis & Jenkins, 1988). Así mismo, el proceso de aprender ciencias implica la relación entre las redes semánticas provenientes de los conceptos propios de la disciplina estudiada y los conocimientos previamente establecidos en la estructura cognoscitiva del sujeto. A través de dicha relación se busca lograr una evolución de las ideas primarias por medio de nuevas relaciones de significado (Candela & Espinosa, 2016).

Dado que la relación entre pensamiento y lenguaje es tan intensa, estos dos elementos se pueden considerar mutuamente dependientes (Lemke, 1990). Por medio de diferentes investigaciones sobre el lenguaje como estrategia de aprendizaje de las ciencias, se han encontrado algunos aspectos que influyen de manera general en el proceso, por ejemplo: disminución de la expresión verbal por parte de los estudiantes, actividades de desarrollo de competencia lectora dirigidas más desde la intuición que desde la investigación y actividades de escritura que siguen esta dirección, siendo tareas que se basan simplemente en copiar los textos dados (Candela, 2019; Hodson, 2013).

Márquez (2005) menciona que el lenguaje es considerado como una herramienta necesaria en la construcción de modelos científicos; esto debido a que se requieren utilizar conceptos específicos para estructurar las ideas. Por lo tanto, aprender ciencias es como aprender a hablar otro idioma, puesto que se deben integrar al léxico nuevas palabras y construcciones gramaticales. Con este propósito, el estudiante debe estar en capacidad de leer y escribir a partir de los fenómenos naturales que experimenta. Sin embargo, el lenguaje cotidiano, le será insuficiente para representarlos, trayendo como resultado la aparición de un lenguaje altamente especializado, propio de las ciencias, caracterizado por ser preciso, formal e impersonal (Holliday et al., 1994). Además, cada disciplina tiene unos modelos o patrones temáticos representados a su vez a través de diferentes registros semióticos. Lo cual, hace necesario que el estudiante tenga conocimiento sobre el tema que será abordado para que la actividad científica se desarrolle con éxito en el aula, sin dejar de lado el dominio necesario de los géneros del lenguaje científico. Pues mientras uno aporta el contenido, el otro, estructura el razonamiento (Lemke, 1992; Márquez, 2005).

Reconociendo la importancia del lenguaje en la enseñanza de las ciencias, durante la conferencia titulada *“International Conference on Science Education in Developing Countries: From Theory to Practice”*, llevada a cabo en Israel en 1993 (Candela, 2018c), la comunidad de los formadores de educadores de ciencias, acordó que el propósito fundamental de la educación en ciencias debería ser la Alfabetización Científica y Tecnológica de todos los ciudadanos. Respecto a este constructo, existe una diversidad de acepciones, sin embargo, se aclara que en este estudio dicha alfabetización se aborda

desde la perspectiva de Norris y Phillips (2002), donde la alfabetización científica puede ser concebida en dos formas: derivada y fundamental.

En la alfabetización derivada se reproduce la ciencia, es decir, se informa y se aprende sobre ella, mientras que en la alfabetización fundamental se busca producir la ciencia, enseñar no sólo sobre ella sino sobre sus procesos. Al trabajar de esta manera, se busca desarrollar aquellas competencias lingüísticas que permiten a los estudiantes entender y expresar a la comunidad, los textos en que se traduce la ciencia. Así, la lectura comprensiva y la escritura, hacen parte importante de la alfabetización fundamental; permitiendo a los estudiantes establecer relaciones causales entre lo que aprende y otros conocimientos previamente establecidos, consultar diferentes fuentes, seleccionar información, generar conclusiones, atender posibles argumentos más sólidos que le hagan cambiar de opinión y representar sus ideas a través de gráficas, tablas y ecuaciones aritméticas (Norris & Phillips, 2002).

También, según Sabariego y Manzanares (2006), la alfabetización científica puede ser entendida como un proceso de “investigación orientada”; el cual, favorecería un aprendizaje más eficiente y significativo. Por medio de este proceso, el estudiante no sólo aprende conceptos, sino que es capaz de participar en la solución de problemas relevantes en la sociedad como la conservación del ambiente, la seguridad alimentaria, el cuidado de la salud, el desarrollo de la economía, entre otros, con el objetivo de tomar decisiones competentes y coherentes con su contexto. De esta manera, la alfabetización científica se convierte en la meta del currículo de ciencias, pues permitiría que los estudiantes desarrollen competencias lingüísticas, siendo ciudadanos capaces de argumentar y debatir sobre sus decisiones tanto científicas como sociales y políticas.

De ahí que, autores como Holliday et al. (1994) mencionaron que las competencias lingüísticas son herramientas de pensamiento y aprendizaje que intervienen durante la selección y el procesamiento sociocognitivo de la información, con el propósito de producir conocimiento. A través de estas, se puede empoderar al estudiante en su uso en la cotidianidad, analizando críticamente diferentes situaciones que resulten en todas las áreas de su vida. Por lo tanto, la alfabetización científica resulta necesaria en la educación, pues permite entender el mundo desde una perspectiva amplia y con la habilidad de un científico natural (Holliday et al., 1994).

2.2 El aula de ciencias una comunidad de aprendizaje

Para lograr el propósito de una Alfabetización Científica y Tecnológica, se debe comprender el aula como una comunidad de aprendizaje donde los estudiantes son los generadores de su propio conocimiento a través de la comunicación y el lenguaje (Lemke, 1990). Adicionalmente, se puede mencionar que, a diferencia del aprendizaje del lenguaje oral, que es un proceso que se da naturalmente, al *escuchar* a otros de la misma especie; el proceso de leer, es un aprendizaje adquirido que viene acompañado de un mayor esfuerzo cognitivo. Por esta razón, aunque *veamos* un entorno lleno de mensajes escritos, no aprendemos a leer sino es a través de la *adquisición provocada de códigos* que nuestro cerebro tendrá que relacionar con significados (Candela, 2018c).

Este hecho es ignorado por muchos profesores de ciencias, quienes, por no tener una formación en lenguaje, asumen las tareas relacionadas con el lenguaje, por medio de la intuición y la mecanización de su labor. Además, particularmente los contenidos en el currículo de química tienen en cuenta una gran cantidad de registros semióticos que deben ser socializados con el estudiante para que así pueda crear esas redes semánticas entre los conceptos y las ideas ya establecidas (Candela, 2018b; Márquez, 2005). Este aprendizaje implicará, por tanto, tareas de un mayor nivel cognitivo, como la lectura comprensiva de textos académicos. Dichos textos, son conformados principalmente por un lenguaje propio de la disciplina, el cual debe ser incluido en los saberes prácticos del estudiante con el objetivo de apropiarse de ellos y lograr la meta de la alfabetización científica. La lectura comprensiva, permitiría vencer dificultades como la suposición de que la ciencia permanece la mayoría de las veces fuera del mundo de la experiencia humana, en vez de ser una parte especializada del mismo, lo que representa un fuerte contraste entre el lenguaje natural y el de la ciencia (Candela, 2018c; Márquez, 2005).

El conocimiento, por tanto, se presenta, se consensa y se retroalimenta en la medida que se comunique, lo que hace que el aspecto social del aprendizaje no pueda estar ausente del aula y sea un aspecto importante a tener en cuenta (Lemke, 1990). Con el propósito de alcanzar la alfabetización científica, se ha propuesto realizar en el aula un proceso similar al presentado por los que producen ciencia, partir, por ejemplo, de la observación y

las prácticas experimentales para promover el aprendizaje. Este proceso no debe ser necesariamente costoso, ni particularmente establecido, sino que entra en juego la creatividad del profesor y el estudiante tanto en los recursos usados, como en el método empleado (Hernández & Zacconi, 2010). Esta visión de la ciencia, permite entenderla como una construcción social, hecha no sólo por los pensamientos de los individuos sino por sus emociones, arrastrando con ello virtudes y defectos que no la hacen infalible (Golombek, 2008).

2.3 Desarrollo de las competencias lectoras y su relación con la Enseñanza de las Ciencias

Ahora bien, aunque como se mencionó antes, se ha dado un resurgir del lenguaje asociado a la enseñanza de las ciencias, el desarrollo de competencias lectoras por parte de los profesores pertenecientes a estas disciplinas, está más direccionado desde la intuición que desde la literatura producida por los investigadores, hecho que se traduce en el desarrollo de un nivel de lectura literal y no inferencial (Candela, 2018c). Esta situación ha sido señalada como el resultado de dos factores: (1) Los textos son frecuentemente difíciles para los estudiantes, y (2) la poca familiaridad que tienen los profesores con implementar métodos de enseñanza basados en el lenguaje. Este último factor sería el que no permitiría crear mejores escenarios donde los estudiantes puedan desarrollar una competencia lectora de comprensión inferencial. Donde no sólo estén en capacidad de identificar la idea latente en el texto sino de descubrir el mensaje implícito y juzgar el valor y la calidad de los argumentos leídos (Holliday et al., 1994). Por esta razón, cuando se realiza la lectura de textos académicos dentro del aula: los estudiantes tienden a luchar con dificultades no sólo cognitivas, sino de comprensión. Así mismo, los textos proveen diferentes tipos de calidad y escritura. En este sentido, se ha argumentado que los profesores podrían utilizar intervenciones para que los estudiantes se puedan desenvolver en esta actividad de una manera consciente, a medida que se resuelven con esto mismo las dificultades encontradas. Underwood y Pearson, (2004), en su trabajo aportaron los datos de la Evaluación Nacional del Progreso Educativo del año 1998 (NAEP, 1998) y de acuerdo con la rúbrica NAEP, describen lo que se podría denominar como un nivel "Básico" y uno "Avanzado" en el grado octavo. La principal diferencia entre estos dos niveles es que en el nivel "avanzado" se pueden generar respuestas más detalladas y reflexivas, debido a que pueden ampliar información proveniente del texto, con sus propias experiencias u otras

informaciones previamente leídas. Los resultados de dicho estudio, evidenciaban que muchos estudiantes de octavo y duodécimo grado no habían desarrollado la habilidad para realizar un trabajo cognitivo de orden superior, necesario para una comprensión óptima de los contenidos a través de la lectura. Además, correlacionaron estos resultados con el nivel socioeconómico de los estudiantes, evidenciando que quienes tenían el beneficio del almuerzo gratuito generalmente presentaban un nivel “básico” de lectura tanto en el grado octavo como en el duodécimo (Underwood & Pearson, 2004).

Underwood y Pearson (2004), propusieron tres tipos de intervenciones diseñadas para fomentar en el estudiante la necesidad de escribir sobre sus lecturas. En estas, pueden utilizar su capital cultural e intelectual, encontrando motivación en las tareas que se les encomiendan. Además, mencionaron que este enfoque no debe radicar en una edad especial, sino que por el contrario debe estar presente desde la formación primaria, en la cual generalmente se centran esfuerzos por encontrar la fluidez y la decodificación de palabras, sin embargo, esta búsqueda debe equilibrarse con la comprensión de las palabras y más aún de las ideas. Esto con el fin de contribuir en la mejora de nuestra sociedad, al formar un ciudadano participativo, capacitado para reflexionar y argumentar sobre las diferentes situaciones que enfrente (Underwood & Pearson, 2004).

Respecto a las intervenciones que Underwood y Pearson (2004) propusieron, se resaltó el hecho de que deben promover la participación de toda la comunidad académica, tanto sus integrantes como valores y recursos, así como un compromiso de cambio a largo plazo para ver los resultados en el tiempo. Los compromisos surgen de las motivaciones, así que estas intervenciones no desconocen la importancia de los estados anímicos, pues finalmente no se produce la voluntad para efectuar los cambios en ausencia de motivación, así que se reconoce el carácter social que influye en la metacognición. Se anima por tanto a los profesores, a fomentar los roles entre los estudiantes, apuntando a la socialización con un involucramiento más profundo. Los tres tipos de intervenciones realizadas en su trabajo se pueden caracterizar a grandes rasgos así (véase **Tabla 2-1**):

Tabla 2-1*Tipos de intervenciones en comprensión lectora*

Nivel	Características generales de la intervención
1	Los lectores deben identificar la macroestructura del texto, destacando sus ideas principales.
2	Los lectores construyen su propia representación del texto, cuestionan al autor, quien es enseñado a ver como una persona falible e intencional. Es usado su propio conocimiento para responder sus propias preguntas.
3	Los lectores deben hacer relación entre la cognición y los contextos presentados en la lectura y en el mundo acerca de la misma. Tiene que ver con la construcción de cultura y no sólo el conocimiento de ella.

Nota: Autoría propia, información proveniente de Underwood y Pearson (2004)

Respecto a esto, se sabe que la lectura tiene diferentes niveles: literal, inferencial e intertextual. La lectura literal, es el nivel básico de lectura, centrada en las ideas y la información que se encuentra explícitamente en el texto. El segundo nivel lo constituye la lectura inferencial, que es la información que se encuentra implícitamente en el texto y requiere de un mayor grado de abstracción por parte del sujeto para ser hallada, puesto que las inferencias son construidas a través de la comprensión de relaciones y asociaciones. Por último, en el mayor nivel se encuentra la lectura crítica e intertextual, que es aquella de mayor nivel cognitivo, pues es de carácter evaluativo e intervienen los saberes previos del sujeto, los cuales le permiten acercarse o tomar distancia de las ideas presentadas en el texto y emitir un juicio de valor desde unos argumentos sólidos. Estos dos niveles últimos hacen parte de lo que se conoce como alfabetización fundamental (Norris & Phillips, 2002).

Mientras que en la cotidianidad del estudiante existe la facilidad de la conversación directa, en un contexto determinado, que combina tanto recursos lingüísticos como gestos y que permite la posibilidad del diálogo para reformular o pedir aclaraciones; cuando el estudiante se encuentra ante un texto científico de naturaleza multimodal, el lector dispone de sus preconcepciones, las cuales no siempre coinciden con las que presupone el autor, y de su habilidad para interpretar y dar sentido a lo desconocido. Difícilmente el lector puede

descifrar significados correctos para palabras desconocidas o puede hacer hipótesis sobre el contenido de los textos, si sus preconcepciones no son correctas o son insuficientes. Las inferencias que surjan como resultado de una lectura sin comprensión, pueden conducir a deducciones equivocadas. El grado de dificultad aumenta, si el estudiante requiere relacionar el contenido de un texto con un modelo científico, cuando éste no se ha expresado de manera explícita (Unsworth, 2001).

Entonces, el desarrollo de la competencia lectora permite al estudiante apropiarse de su proceso de aprendizaje y hacerlo más efectivo, porque va encaminada a convertirlo en un ciudadano científicamente alfabetizado capaz de comprender, cuestionar los textos que lee y tomar posturas frente a diferentes situaciones que pueda enfrentar. Además, aumenta la posibilidad de que los sujetos tengan éxito en sus tareas académicas, laborales y profesionales, porque les permite ser autónomos a la hora de generar conocimiento (Candela, 2018). Así, los profesores de ciencias deben tener en cuenta tanto en el currículo como en el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje, la enseñanza de las estrategias para realizar una lectura comprensiva de los diferentes textos académicos que abordan para conocer un contenido y se sugiere tomar como marco de referencia los estudios que se han venido llevando a cabo en esta línea de investigación en el campo de la educación en ciencias, en lugar de hacerlo de una manera intuitiva (Holliday & Cain, 2012).

2.4 Las demandas lingüísticas de las Ciencias

Fang (2006) afirmó que la ciencia tiene un lenguaje propio utilizado para construir conocimientos, compartiendo y discutiendo acerca de estos. Aunque menciona que este lenguaje, puede ser tanto oral, como escrito y reconoce al mismo tiempo, el carácter multimodal de los textos actuales de ciencias (donde se comunica no sólo a través de palabras, sino haciendo uso de gráficos, diagramas, imágenes y otros), se enfoca en el lenguaje escrito de la ciencia, argumentando que el desarrollo de la ciencia occidental moderna depende del texto escrito y que la capacidad de leer y escribir el lenguaje de la ciencia es fundamental para la alfabetización científica (Norris & Phillips, 1994).

Al lenguaje propio de la ciencia escolar, Fang (2006) lo llama LSS (Language of School Science), y al lenguaje cotidiano lo llama EL (Everyday Language). La dificultad en la comprensión de lectura para muchos estudiantes, radica especialmente en que no han logrado hacer una transición exitosa, entre los textos particularmente narrativos, predominantes en la primaria, a los textos expositivos, característicos de la secundaria. Así, mientras que en la primaria los textos narrativos dan lugar “aprender a leer” con una forma más parecida al lenguaje cotidiano (EL), los textos expositivos tienen como fin el “leer para aprender” y por esto hay menos palabras familiares, y explicaciones propias de la disciplina que se desea conocer. Por lo tanto, el lenguaje de la ciencia escolar (LSS) se torna complicado y alejado del mundo del estudiante.

Fang (2006) destacó, que el LSS, tiene características complejas que provienen del discurso de la ciencia profesional que hacen que la información sea presentada de forma más densa (véase **Tabla 2-2**). Así mismo, plantea algunas de las estrategias para promover la comprensión y el uso del LSS, entre estas se encuentran las siguientes: (1) construir sus propios glosarios multimorfémicos; al encontrar las raíces que componen las palabras, se obtiene coherencia en la palabra completa, de acuerdo a su uso y significado, (2) completar oraciones; para utilizar palabras, el estudiante identifica su usos y toma decisiones para comunicar, (3) realizar ejercicios de parafraseo; esto ayuda a desarrollar las ideas en su propio lenguaje y familiarizarse con ellas y (4) desarrollar la conciencia de las demandas del texto científico; de esta manera atiende las necesidades de su propia alfabetización (Fang 2006).

Tabla 2-2

Características complejas del Lenguaje Escolar de las Ciencias (LSS)

Característica compleja del LSS	Descripción
El vocabulario técnico	Los términos que se emplean, a menudo tienen origen latín o griego y son multimorfémicos, es decir, se componen de uniones entre diferentes palabras, por ejemplo, microorganismo = micro + órgano + ismo. Estas palabras a veces se encuentran explicadas en el texto o en algún glosario adjunto, haciendo detener al lector para comprender de qué se trata.
Las palabras ordinarias con significados o usos no comunes	Por ejemplo, utilizar “banco” para referirse a un montón de peces, cuando solo se conocen el banco donde se guarda dinero o el de sentarse. También sustantivos usados como verbos, o adjetivos como sustantivos.
Uso de preposiciones, conjunciones y pronombres	Algunas preposiciones y conjunciones tienen múltiples relaciones lógicas, estas pueden generar confusión y frustración para el lector si no sabe reconocerlas. Por ejemplo, la conjunción “o” puede indicar una alternativa (virus o bacterias) o un sinónimo (fenotipos o apariencia física). La conjunción “mientras”, puede ser usada como indicador temporal (cuando), condicional (si), concesivo (aunque), o contrastivo (pero). Por su parte, los pronombres, por ejemplo, “el cual”, hace que se remita la atención sobre un sustantivo o una frase nominal que se debe reconocer para dar sentido al texto.
La elipsis	Es la omisión de palabras, frases o cláusulas, es propia del lenguaje escrito general para evitar redundancia. El lector debe hacer el ejercicio mental con atención, para comprender a qué se está haciendo referencia.

Oraciones subordinadas	Dependen de otra oración principal y normalmente se introducen mediante conjunciones (por ejemplo, mientras, porque, si, como).
Sustantivos abstractos	Conjuntos de palabras que funcionan como un todo en la oración. Significan una idea científica construida.
Sustantivos largos	Frases que comprimen en una oración, mucha información que generalmente se llevaría bastantes palabras en lenguaje cotidiano. Se utilizan para facilitar el trabajo de los científicos, pueden discutir sobre los fenómenos en la naturaleza.
Oraciones complejas	Múltiples oraciones con frases subordinadas.
Construcción de interrupciones	Introducen una frase para resaltar una característica y retardar la finalización normal de la frase.
Voz pasiva	Provee baja capacidad de crítica, hay ausencia de responsabilidad sobre la acción que se presenta, esto con el fin de evitar que terceros se puedan molestar.

Nota: Autoría propia, información proveniente de Fang (2006)

2.5 El lenguaje multimodal en las Ciencias

De acuerdo con Unsworth (2001), los cambios culturales y tecnológicos producidos en los últimos años con la aparición del computador y el internet, han influenciado el aprendizaje de las nuevas generaciones. En su trabajo se investiga cómo el predominio del uso de la imagen en los textos y la popularidad ganada por el material escolar digital entre los estudiantes, interviene en su aprendizaje. Se destaca entonces, la necesidad de abordar estas nuevas alfabetizaciones desde la planeación informada del docente, para sacar mayor provecho a las nuevas herramientas con las que ahora se cuenta.

En otras palabras, debido a que hay mayor uso de la informática para las consultas académicas y el medio cotidiano en que se desenvuelven los jóvenes, es necesario que los docentes sean conscientes de este hecho y den importancia a la lectura y comprensión de los fenómenos de la ciencia haciendo uso de estas herramientas, tanto en la primaria como en la secundaria. De esta manera, se podrá obtener un marco coherente y práctico

en el trabajo del aula, que integre la enseñanza con las nuevas alfabetizaciones provenientes de los cambios culturales y tecnológicos vividos en los últimos tiempos (Unsworth, 2001).

Para expandir las dimensiones de la alfabetización, a medida que las tecnologías emergentes impactan la sociedad, Unsworth (2001) planteó que se deben conocer las bases de la diversidad de estas nuevas alfabetizaciones, lo cual permitiría hacer una planeación reflexiva y crítica de la actividad pedagógica. Este proceso incluye no sólo el conocimiento de las nuevas tecnologías y la importancia de la imagen en textos electrónicos y convencionales, sino de la necesidad de la diferenciación de alfabetizaciones que requieren los currículos de distintas áreas. Por ejemplo, en las ciencias naturales particularmente se enfatiza en la explicaciones y procedimientos, mientras que en las ciencias sociales cuando se explica algo, pocas veces habrá la necesidad de mostrar un procedimiento para apoyar esa explicación (Unsworth, 2001).

Con el fin de lograr la alfabetización diferenciada por currículo, Unsworth (2001) propuso ser conscientes de la alfabetización escrita y visual que cada área requiere, observando que la última no reemplaza a la primera en ningún caso, sino que la complementa. Por esta razón los textos siempre han sido multimodales; desde el uso de diferentes caligrafías, colores y tamaños de letras, así como la utilización de imágenes y diagramas, cuando se requiere. De esta manera, estudiar el metalenguaje (que es el lenguaje de reconocimiento de las estructuras de significado que se encuentran en el texto), su por qué y para qué, es una parte central de su trabajo, pues ayudan a identificar no sólo el objetivo del texto sino a diferenciar su contexto de cultura y situación; por ejemplo, no es lo mismo describir una situación de compra de alimentos en un supermercado en Occidente donde los precios son fijos, a comprar alimentos frescos en Singapur donde se espera concertar un precio con el vendedor en el sitio de mercado (Unsworth, 2001).

Según Unsworth (2001) los contextos de situación se describen en tres aspectos llamados: Campo, Tenor y Modo. El campo, es la situación como tal, en ella se pueden entender las ideas que se quieren comunicar. El Tenor, es la relación entre las personas que utilizan el lenguaje, la situación de quienes comunican y quienes reciben la información. El Modo, es

el papel del lenguaje en la comunicación, el cómo se transmite el valor del mensaje. En este sentido, Unsworth (2001) explicó cómo la forma en que se escriben las oraciones representa una idea, una relación interpersonal y una información respectivamente; por ejemplo: “Mi hija viene a casa este fin de semana” y “¿Mi hija viene a casa este fin de semana?” son dos tipos de oraciones que, de acuerdo a su forma, representa un evento (campo-idea), una relación (tenor-relación) y una información textual (Modo), estas pueden ser diferentes o no. En el ejemplo anterior, dos oraciones se refieren a la misma idea (la visita de la hija), pero la relación interpersonal y la información textual, son distintas. En la primera oración, se comunica la información de un evento y en la segunda, se pide una información relacionada con el mismo. Como diría Unsworth (2001) “las diferentes estructuras reflejan diferentes tipos de significado, que a su vez reflejan diferentes aspectos del contexto” (p. 17).

Al mismo tiempo, Unsworth (2001) plantea la implementación de multialfabetizaciones desde tres dimensiones de contextos de aprendizaje en el aula, estas son: conocimiento, pedagógica y multialfabetizaciones. La dimensión del conocimiento a su vez, distingue entre conocimiento informal, sistemático y transformador (véase **Tabla 2-3**).

Tabla 2-3

Dimensión del conocimiento

Tipos de conocimiento	Descripción
Informal	Es conocido como la comprensión individual de manera incidental a través de la experiencia personal y/o comunitaria, suele ser el aporte general de los estudiantes en el aula, ya que proviene de su propio vivir
Sistemático	Es el proveniente de las instituciones, reflejado en el contenido de los currículos escolares formales, este incluye los conceptos fundamentales y las perspectivas hegemónicas dentro de las disciplinas estudiadas.
Transformador	Implica el cuestionamiento del conocimiento sistemático, entendiendo que lo que parece ser la visión “correcta” de los

fenómenos, es en realidad una visión generada como resultado de combinaciones particulares de influencias históricas, sociales y políticas, lo cual lo hace susceptible al cambio propuesto por una reelaboración de perspectivas en conflicto o que se puedan llegar a complementar.

Nota. Autoría propia, adaptado de Unsworth (2001)

La dimensión pedagógica por su parte, se encarga de articular la dimensión de conocimiento y multialfabetizaciones. Esto lo logra a través de un uso estratégico de las diferentes alfabetizaciones para dirigir la planeación de la enseñanza; es decir, la elección de textos con imágenes o sonidos, diferentes tipos de caligrafías, entre otros modos, para promover el intercambio de ideas. Finalmente, la integración de las tres dimensiones permite que el estudiante pueda interpretar y reelaborar sus propios conocimientos por medio de la combinación de los aportes teóricos de otros, sus propias ideas y diferentes textos multimodales que apoyen sus interpretaciones (Unsworth, 2001).

2.6 Dificultades para el aprendizaje del contenido del Enlace Químico

Según Candela y Viáfara (2017), existen diferentes estudios sobre educación en química, tanto desde la psicología cognitiva, como desde las concepciones alternativas, en los cuales se ha evidenciado el alto grado de complejidad de la disciplina. En dichos estudios, se resaltan los siguientes elementos como algunas de las dificultades en el aprendizaje de esta disciplina: naturaleza abstracta de los contenidos, alto componente matemático y lenguaje multinivel. A continuación, se enumerarán algunas de las dificultades para aprender el enlace químico desde las principales ramas de estudio que intervienen en este trabajo de investigación: el lenguaje y el aprendizaje de las ciencias.

2.6.1 La naturaleza abstracta del contenido

El Enlace Químico hace referencia a la estructura interna que poseen las sustancias debido a los átomos que las conforman. Estas estructuras, tienen una geometría molecular en la

cual intervienen conceptos químicos como la *polaridad* y la *electronegatividad*. Por lo tanto, en este contenido es importante comprender el modelo atómico, pues permite explicar los distintos niveles de organización estructural de la sustancia, así como el comportamiento macroscópico que se observa en la misma (Fernández & Ribeiro, 2006).

La mayoría de las dificultades de los estudiantes provienen de la visualización de un tema fundamentalmente submicroscópico y tridimensional, que presenta la geometría molecular. Por lo anterior, se debe considerar desarrollar estrategias que lleven a los estudiantes a ser conscientes de las características internas de la materia, el modelo mental asociado, su relación con su comportamiento externo y sus diferentes representaciones (Candela, 2018b). Además, estas estrategias deben procurar la capacidad de realizar análisis de diferentes factores con el fin de determinar el tipo de enlace y predecir posibles propiedades de las sustancias. Todo esto, teniendo en cuenta que el contexto en el cual se aprende no es indiferente a su aprendizaje, por lo cual el enlace químico tiene una utilidad en la vida práctica y debe ser él mismo quien se ocupe de encontrarla (Golombek, 2008).

Las consecuencias de un contenido de dicha naturaleza son muchas ideas alternativas sobre las propiedades del Enlace químico. Por ejemplo: 1) Atribuir características antropomórficas al átomo: tener voluntad, razones, deseos 2) Confundir los tipos de enlaces 3) Confusión entre átomos y células, entre otras. Por lo tanto, se deben identificar instrumentos metodológicos que permitan a los estudiantes construir con claridad visual de estos conceptos, buscando tener mayor posibilidad de comprensión (Fernandez & Ribeiro, 2006).

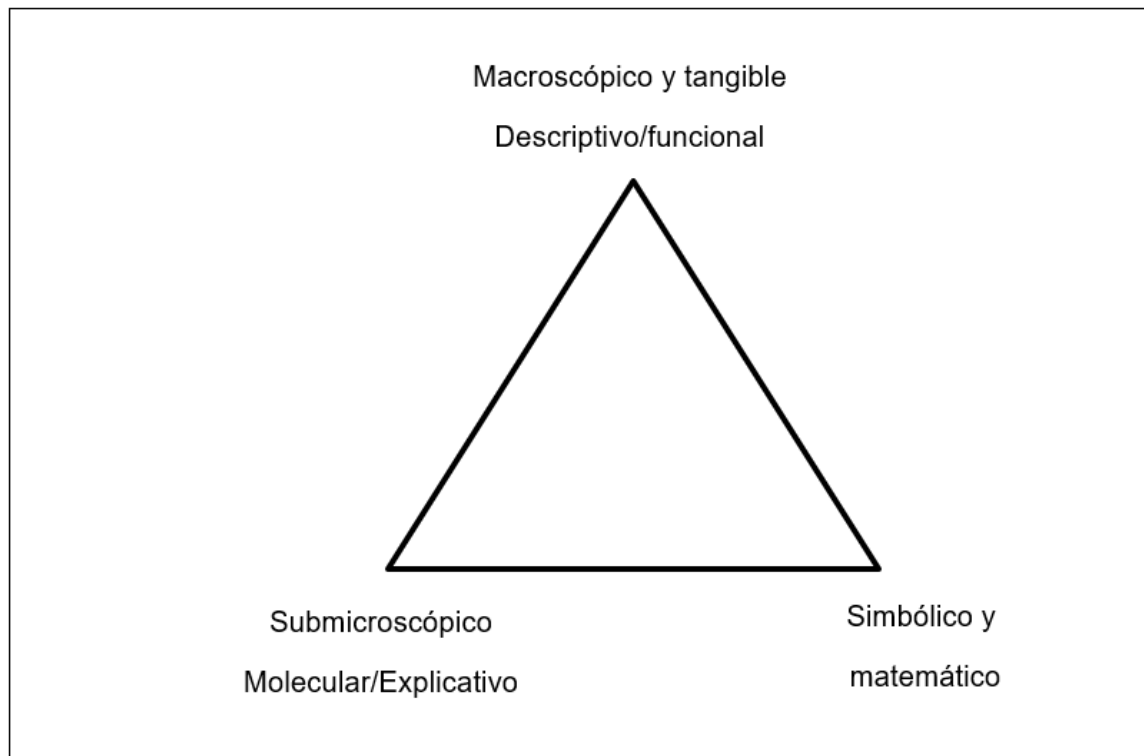
2.6.2 Los tres niveles de representación

Como ya se ha planteado antes, la capacidad de aprendizaje depende en gran medida del uso del lenguaje en la comunicación. Johnstone (1982) propone tres niveles de representación en el lenguaje de las ciencias: macroscópico, submicroscópico y simbólico. El macroscópico, representa la información a la que se puede acceder sensorialmente, es decir, el aspecto físico de los fenómenos; el submicroscópico, es el nivel de representación que se usa para dar las explicaciones correspondientes a los fenómenos y requiere de la comprensión de modelos mentales; finalmente, el nivel simbólico se encarga, de describir

las propiedades y transformaciones de los fenómenos estudiados, a través del uso de ecuaciones, gráficos y mecanismos propios de la disciplina (véase **Figura 2-1**).

Figura 2-1

Los tres niveles de representación de las ciencias físicas



Nota: Tomado de Johnstone (1982)

Para hacer efectivo el proceso de comunicación, en cada una de las etapas de la enseñanza (planeación, enseñanza y reflexión), es necesario hacer un reconocimiento explícito e intencional del lenguaje característico de la química (Candela, 2018b). En el caso del Enlace Químico, el nivel de representación macroscópico puede, por ejemplo, representarse a través de un *experimento* donde se adiciona jabón líquido a una mezcla de agua y aceite, produciendo como resultado la disolución de los componentes mencionados. En este mismo caso, el nivel submicroscópico se encargaría de brindar la explicación de *cómo y porqué* la molécula del jabón es capaz de producir la disolución de aceite en agua. Por su parte, el nivel simbólico permitiría representar esa explicación

mediante *estructuras moleculares* que se conforman de a través enlaces, fórmulas y símbolos químicos.

La existencia de estos tres niveles de representación, demanda altas exigencias de orden cognitivo, pues se requiere que el estudiante sea capaz de identificar y seleccionar diferentes representaciones según el contexto en el cual se presente una situación. A continuación, se explica la importancia de la habilidad de realizar la movilización mental entre los niveles, y la competencia intertextual para conectar los diferentes recursos usados dentro del mismo texto o provenientes de otros que puedan servir de apoyo para su interpretación (Lemke, 1992; Unsworth, 2001).

De acuerdo con Candela (2018b) el lenguaje característico de la química se encuentra fuertemente interiorizado en los expertos. *Así, estos se mueven rápidamente entre los diferentes niveles de representación*, porque su alto desempeño y tiempo dedicado al estudio de la disciplina, les ha permitido familiarizarse con estos de una manera profunda sin percibir esfuerzo alguno en el cambio de uso. Sin embargo, el experto que se desempeña como maestro, principalmente debe reconocer que su estudiante no es su público académico par, sino por el contrario, en su mayoría será el novato e inexperto que requiere de la ayuda de su tutor para transitar entre estos niveles y no perderse en el intento.

De esta manera, en la ejecución de la enseñanza se debe exponer al estudiante a la identificación y uso de los tres niveles de representación de la química, dando lugar al proceso de asimilación del nuevo lenguaje, necesario para la comunicación y comprensión de los fenómenos estudiados. Lo cual, trae como resultado que a medida que el estudiante toma consciencia de los tres niveles de representación, su desempeño mejora, porque se apropia de las herramientas que le permiten navegar con autonomía en el mar de información proveniente de la disciplina, que en diferentes ocasiones será de niveles distintos (Candela, 2018b).

También, se debe tener en cuenta que el contenido del Enlace Químico, se explica mayoritariamente a través de los niveles de representación *submicroscópico* y *simbólico*. La razón por la cual ocurre esto, es que se requiere de la utilización del modelo atómico

como parte de la explicación del fenómeno. Lo anterior, supone una dificultad al momento de enfrentar al estudiante con la descripción de la situación a un nivel que no se pueden percibir sensorialmente, así como con la explicación y comprensión de lo que ocurre (Candela, 2018b).

El nivel de representación *simbólico*, por su parte, cobra importancia en la explicación dado que el Enlace Químico propone nuevos registros semióticos provenientes de la teoría atómica. Estos, la mayor parte de las veces no son familiares para el estudiante, o por su inexperticia puede confundir entre contextos, haciendo su uso inteligible o erróneo, respectivamente. Por ejemplo, *un enlace doble* puede confundirse con un *signo de igual* o dos puntos (que representan dos electrones de valencia en la Estructura de Lewis) sobre una letra (que corresponde a un símbolo de la tabla periódica), pueden ser difíciles de comprender si solo se conoce el signo ortográfico de la Diéresis (utilizada para diferenciar con dos puntos sobre la letra la “u” las palabras en las cuales se debe pronunciar el sonido de la vocal), algo parecido a lo que se plantea en Márquez (2005).

De acuerdo con Kozma y Russell (2005), desde la década de 1930 hasta mediados de la década de 1960, los químicos desarrollaron modelos estructurales físicos tridimensionales, utilizando componentes elementales como bolas y palos para representar los enlaces entre los elementos. Estas estructuras permitieron una representación más explícita de la disposición dimensional de los elementos y posibilitaron la rotación e inspección de las moléculas. Con la llegada de computadoras y software de modelado molecular en la década de 1960, se volvió más fácil construir modelos moleculares, incluyendo representaciones de espacio y densidad electrónica, incluso para moléculas muy grandes. Estos gráficos moleculares interactivos han ido reemplazando gradualmente los modelos físicos, pues poseen muchas ventajas como su capacidad para realizar análisis adicionales, como medir longitudes y ángulos de enlace.

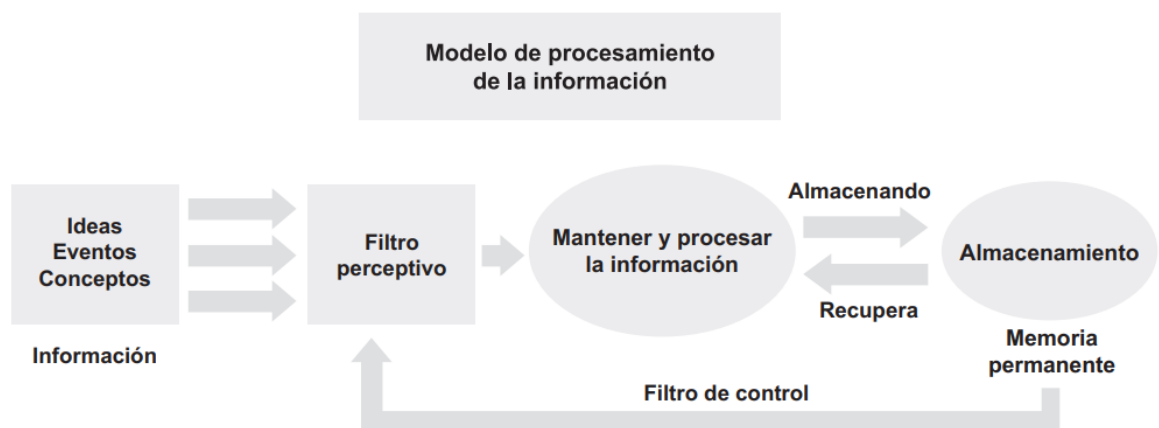
2.6.3 Capacidad de procesamiento de la información

Johnstone (1991) diseñó un modelo de procesamiento de la información de cómo aprende el estudiante (véase **Figura 2-2**). Esto lo hizo, tomando en cuenta diferentes principios

teóricos como: los estados de desarrollo de Piaget, el concepto de aprendizaje significativo de Ausubel, los modelos de procesamiento de la información de Pascual-Leone, así como la teoría de las memorias de Baddeley (1986). De esta última teoría, provienen dos de los componentes principales a tener en cuenta en este proceso, los conceptos de: “*Memoria de trabajo y Memoria permanente*”. A la *Memoria de trabajo* se le caracteriza por tener dos funciones: (1) mantener información de manera temporal (2) procesarla en cadenas de razonamiento para luego ser almacenada en la otra memoria. La *Memoria permanente*, por su parte, se encargaría de guardar la información largo plazo y organizarla en forma jerárquica (Baddeley, 1986).

Figura 2-2

Modelo esquematizado del aprendizaje



Nota: tomado de “Aprendiendo a enseñar química” por Candela y Viáfara (2017)

Según Baddeley (1986), la *Memoria de trabajo* posee una *capacidad de almacenamiento limitada*. Esto ocurre debido a que además de realizar dos funciones, debe enfrentarse de manera inicial a la recepción de nuevos conceptos. La relación entre esas dos funciones es inversa, pues a medida que la cantidad de información aumenta, la capacidad de procesarla, disminuye. La dificultad se hace más grande aún, porque según Johnstone (2010) las personas trabajan a menor capacidad de la poseen, entonces tanto la información que se maneja como la capacidad para almacenarla, es menor de lo que se sabe por parte de la Psicología Cognitiva (Candela y Viáfara, 2017).

2.7 Estrategias de lectura de textos multimodales

Para cambiar orientación en la planeación de la enseñanza tradicional (la cual es concebida desde la intuición), se debe remitir la toma de decisiones al respecto al reconocimiento y aplicación de los estudios investigativos de este campo. A continuación, se presentan algunas de las estrategias a tener en cuenta para realizar este proceso.

2.7.1 La enseñanza de los tres niveles de representación

Candela y Viáfara (2017), plantean que la enseñanza de los tres niveles de representación en química, que incluyen el nivel macroscópico, simbólico y submicroscópico, es de suma importancia en la educación media, pues proporciona a los estudiantes una comprensión más completa y holística de los conceptos químicos. Al abordar los fenómenos químicos desde estos tres niveles, se brinda a los jóvenes la capacidad de conectar teorías abstractas con observaciones tangibles, facilitando un aprendizaje más significativo. La representación macroscópica se centra en los aspectos observables a simple vista, la simbólica utiliza símbolos y fórmulas, mientras que la submicroscópica se adentra en el nivel de partículas y átomos. Este enfoque tridimensional no solo mejora la comprensión conceptual, sino que también promueve habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas. Al dominar los tres niveles de representación, los estudiantes adquieren una base sólida para abordar temas más avanzados en química y desarrollan la capacidad de analizar y explicar una amplia gama de fenómenos químicos en su entorno cotidiano.

De acuerdo con Johnstone (2010) se recomienda explicar en primer lugar, los tres niveles de representación de la química, y construir el aprendizaje sobre la base de conocimiento propia del estudiante. Esto le ayudaría inicialmente a identificar los registros semióticos vistos, relacionarlos con sus significados y así gestionarlos más fácilmente. De la misma manera, el maestro experto debe tener en cuenta la importancia de la dosificación en la información presentada en cada etapa de la enseñanza, para no saturar la capacidad de la memoria de trabajo del estudiante y no obviar sus preconcepciones para construir sobre la base de sus propios conocimientos (Candela, 2018b).

2.7.2 Desarrollo de la competencia representacional

Según Candela (2023), la competencia representacional en el ámbito de la química es esencial para la comprensión y comunicación efectiva de conceptos científicos en el aula. Esta habilidad implica la capacidad de utilizar diversos modos semióticos, como símbolos químicos, diagramas, ecuaciones y modelos tridimensionales, para representar de manera precisa y comprensible fenómenos y relaciones químicas. En la práctica científica, la competencia representacional se convierte en una herramienta fundamental para los químicos, permitiéndoles traducir ideas abstractas y complejas en formas visuales y simbólicas que facilitan la construcción de conocimientos entre colegas, estudiantes y la sociedad en general.

También Candela (2023), plantea que la importancia de la competencia representacional en química radica en su papel central en la investigación, educación y divulgación científica. En la investigación, los científicos utilizan representaciones visuales y simbólicas para modelar y entender procesos químicos, lo que facilita la formulación de hipótesis y la interpretación de resultados experimentales. En el ámbito educativo, la competencia representacional capacita a los estudiantes para analizar y comunicar conceptos químicos de manera efectiva, promoviendo un aprendizaje más profundo y duradero. Además, en la divulgación científica, la capacidad de representar visualmente fenómenos químicos complejos es crucial para negociar información de manera accesible y atractiva a audiencias no especializadas.

El constructo de competencia representacional fue desarrollado por el autor Mayer (2003), quien la describió como un conjunto de habilidades, que permiten usar adecuadamente diferentes representaciones para abordar un fenómeno. Este abordaje científico puede darse de diferentes maneras como: resolver un problema, plantear una situación o formular una explicación. Entre mayor es la competencia representacional de los sujetos, mejor es su desempeño en la lectura, pues tienen un gran repertorio de registros semióticos, que le permiten comprender con más facilidad lo que leen.

Pensando en el dominio de la competencia representacional, Kozma y Russell (2005), definen 5 capacidades a tener en cuenta: (1) Usar las representaciones para describir los fenómenos químicos observables. (2) Generar o seleccionar una representación, y explicar

por qué resulta apropiada. (3) Usar palabras y modelos, para identificar y analizar las características de una representación particular. (4) Usar la descripción para identificar cómo diferentes representaciones podrían comunicar la misma idea, y explicar por qué una es más adecuada que otra dependiendo el caso. (5) Hacer conexiones a través de las diferentes representaciones con el fin de establecer relaciones semánticas entre estas. Cada una de las anteriores capacidades, está asociada con un nivel de desarrollo de la competencia representacional, el cual es mayor a medida que la capacidad se hace más compleja al ser utilizada reflexivamente y con criterio (Kozma & Russell, 2005).

De acuerdo con Kozma y Russell (2005), las habilidades representacionales están dadas por una trayectoria de desarrollo que no es progresiva como la que propone Piaget (1972). Más bien, esta se asemeja a la “zona proximal” de Vygotsky donde el desarrollo es influido por: la evolución del individuo y las situaciones físicas, simbólicas y sociales en que vive (Vygotsky, 1986). Candela (2018b) ha mencionado que hacer un énfasis en el uso progresivo de diferentes representaciones, puede aportar soluciones en una comunidad de práctica. Sin embargo, este desarrollo no es automático, ni uniforme, pues debido a que depende de cada individuo, puede exhibir mayor dominio en un contexto que en otro (Candela, 2018b).

Los autores Kozma y Russell (2005), también plantearon que un mayor dominio de la competencia representacional, puede estar relacionado con un nivel más avanzado de las prácticas científicas. Esto se debe a que dichas prácticas integran la necesidad de representar los fenómenos, tanto experimentalmente como a través del lenguaje. Teniendo en cuenta esta necesidad, autores como Krajcik et ál. (1998) propusieron un enfoque pedagógico para desarrollar las prácticas científicas, el cual consta de cinco fases: (1) formular interrogantes, (2) planear, (3) ejecutar, (4) analizar y (5) discutir los resultados de sus investigaciones. Este enfoque se caracteriza por tener en cuenta que los estudiantes utilizan sus experiencias previas para enfrentarse a nuevos eventos, dan lugar al desarrollo de sus explicaciones a través de experimentos y reflexionan sobre sus argumentos, por medio de la socialización. Tal como menciona Candela (2018b), los estudiantes tienden a limitar sus negociaciones sobre las explicaciones de los fenómenos, porque tiene pocas

herramientas para usar diferentes representaciones externas, las cuales le permitan desarrollar este discurso.

Así mismo, se debe mencionar que Kozma y Russell (2005) establecieron claridad sobre la diferencia entre las representaciones internas y las externas. La representación interna, implica que el estudiante conoce los modelos mentales que abarcan el fenómeno. Mientras que, la representación externa, permite un medio a través del cual se brinde mayor nivel de comprensión de la primera, ya sea por medio de experimentos, gráficas, animaciones, símbolos, entre otros.

Al explorar el Enlace Químico la competencia representacional puede incluir diferentes actividades relacionadas con los tres niveles de representación existentes. Por ejemplo, en el nivel macroscópico, los estudiantes pueden retarse a diferenciar qué tipo de experimentos demuestran la aplicación del fenómeno estudiado en su entorno observable. En el nivel simbólico, la competencia se pone a prueba cuando ellos son sometidos a interpretar y escribir fórmulas químicas, ecuaciones y diagramas de Lewis que representan la transferencia o compartición de electrones. A su vez, el nivel submicroscópico implica actividades donde ellos puedan visualizar y entender la disposición específica de los átomos y electrones en un nivel atómico o molecular, en esta parte el uso de modelos tridimensionales y diagramas que ilustran la disposición espacial de los átomos en moléculas y redes cristalinas puede ser de gran ayuda (Candela, 2023).

En última instancia, en la enseñanza del Enlace Químico fomentar la competencia representacional significa capacitar a los estudiantes para traducir libremente entre estos niveles, facilitando así la conexión entre la teoría y la realidad observada. Al proporcionar a los jóvenes de la capacidad de representar visualmente los diferentes tipos de enlace, como el iónico, covalente y metálico, se promueve una comprensión más profunda de cómo se establecen las conexiones entre átomos y moléculas. Esto no solo refuerza la comprensión conceptual, sino que también prepara a los estudiantes para aplicar estos conocimientos en contextos prácticos, desde la formulación de compuestos hasta la predicción de propiedades químicas y comportamientos reactivos (Dos Santos & Fernandes, 2014).

2.7.3 Los ocho principios del aprendizaje multimedia

Debido a los factores sociales y tecnológicos emergentes del siglo XXI, la economía actual tiende a la globalización. Esto a su vez se ve reflejado en la forma de comunicar, donde el texto impreso ha sido en gran medida influenciado por la era digital, donde el audio y el video forman parte de la amplia gama de recursos a disponer. El esfuerzo científico no ha sido ajeno a esto, por lo que la imagen y los medios digitalizados han cobrado un valor predominante sobre el texto escrito, facilitando en muchas ocasiones el aprendizaje de los estudiantes inmersos en la nueva cultura (Jewitt, 2008).

Mayer (2002), formuló la teoría del aprendizaje multimedia, la cual está orientada a partir de tres consideraciones provenientes de la psicología cognitiva: (1) el cerebro humano tiene dos canales para procesar la información: auditivo/verbal y visual/pictórico (Baddeley, 1999; Paivio, 1986), (2) la capacidad de almacenar información es limitada; esto tiene que ver con la afirmación de que existe una *Memoria de trabajo* con capacidad limitada para albergar y procesar la información procedente de los dos canales antes mencionados y ser almacenada posteriormente en una *Memoria permanente* (Baddeley, 1999; Johnstone, 1991) y (3) el procesamiento de la información es relevante para aprender; es decir, cuando los estudiantes participan activamente en el proceso de selección, organización e integración de la información procedente de los dos canales, ocurre el aprendizaje (Mayer 2001).

La teoría formulada por Mayer (2002), estableció ocho principios del aprendizaje multimedia. Según Candela (2018b), estos apoyan el diseño de actividades orientadas a ayudar a la *Memoria de trabajo* de los estudiantes, su capacidad de procesamiento de información y por ende su aprendizaje. Además, suponen un modelo de enseñanza donde el aprendizaje proviene del compromiso autónomo del estudiante para comprender las múltiples representaciones externas del lenguaje químico. Esto puede ocurrir más fácilmente, a través del uso de diferentes elementos como: imágenes, simuladores, tablas, textos, entre otras. Los ocho principios de Mayer (2002), pueden ser resumidos así (véase **Tabla 2-4**):

Tabla 2-4

Resumen de los ocho principios del aprendizaje multimedia

Principio de	Descripción en torno a la mejora del aprendizaje
La multimedia	Usar palabras e imágenes en conjunto.
La contigüidad	Usar Palabras e imágenes de forma entretrejida.
Coherencia	Evitar el uso de representaciones externas extrañas a su saber.
La modalidad	Usar un texto narrativo para la explicación de la idea.
Redundancia	Entre más extensa la explicación, menos se aprende.
La interactividad	El estudiante decide el ritmo de su aprendizaje.
La señalización	Visualización rápida de las ideas claves.
La personalización	Estilo informal en la narración.

Nota: Autoría propia, información proveniente de Teoría del aprendizaje multimedia

(Mayer, 2002).

2.7.4 La intertextualidad

La intertextualidad según Lemke (1985) se refiere a la relación entre un texto y otros textos, así como el contexto en el que se realiza la producción del mismo. Se trata de una forma de pensamiento que implica la interacción constante entre diferentes textos, ideas y discursos. Esta teoría se basa en la idea de que un texto no se puede entender por sí mismo, sino que debe ser interpretado en relación con otros textos, discursos y teorías. Es decir, que todo texto está interconectado a otros textos y contribuye a la formación de un discurso colectivo. La intertextualidad es un concepto fundamental para comprender la complejidad de la cultura y la sociedad modernas.

De acuerdo con Lemke (1992), solo es posible generar interpretaciones acertadas a partir de dos textos. La razón por la cual esto sucede, es que la mayor parte de la información utilizada en las investigaciones se registra en textos escritos como un requerimiento en las prácticas discursivas de las diferentes disciplinas. Por lo tanto, los estudios de investigación educativa han encontrado importante comprender cómo hacen los sujetos para identificar, clasificar e interpretar las relaciones textuales, que se pueden encontrar cuando se enfrentan a la lectura.

Los miembros de una misma comunidad académica están en capacidad de establecer relaciones intertextuales a través del reconocimiento de distintos patrones en la escritura y debido a un conocimiento más amplio de su propia disciplina. Las herramientas utilizadas en este proceso son la semántica y la sintaxis, la primera se refiere al significado de las palabras y la segunda, al orden en que se organizan para dar sentido o estilo al escrito. De esta manera, aparece el concepto de gramática semántica según Holliday (1985), definida como un sistema de recursos y palabras elegidas para la construcción de oraciones. En sus trabajos en investigación de educación, clasifica registros, identifica géneros y tipos de texto, y cohesión (Lemke 1992).

La gramática de Holliday (1985) permite obtener en cada oración tres tipos de resultados simultáneamente: 1) contenido tópico, 2) postura orientativa y 3) organización textual. El primero, se refiere a la idea del texto; el segundo, a la posición del hablante respecto a la idea; y el tercero, a la organización de las ideas en la presentación de la información escrita (Lemke, 1992). Estos resultados, también son descritos por Unsworth (2001) como contextos de situación (llamados: Campo, Tenor y Modo, respectivamente). Así, a pesar de que través de la gramática de Holliday (1985) se obtienen tres metafunciones principalmente de naturaleza semántica dentro del texto, estas se extienden más allá de las características sintácticas y estructurales del mismo, por lo que a su vez lo conectan con otros textos.

De acuerdo con Lemke (1992), entre mayor grado de coincidencia entre las tres metafunciones de dos textos, más relación tienen (más intertextuales son), por lo tanto, son más apropiados para la interpretación de ellos mismos. En el caso de que sólo coincidan en algunos aspectos, reciben diferentes nombres de acuerdo al patrón que comparten, por ejemplo: si coinciden en el tipo de contenido, son cootemáticos; si tienen la misma postura frente a una situación, son coorientativos; si hacen parte de un mismo contexto, son coacciónales; y si tienen una estructura de género literario similar, son coogénicos.

2.7.5 La metacognición y la gramática del diseño visual

El avance más importante que se ha tenido en cuenta para entender la lectura, es reconceptualizarla como un proceso interactivo-constructivo. Esto permite comprender el aprendizaje como más que la memorización de fórmulas y conceptos. Según Holliday et al. (1994), la metacognición es una habilidad importante para optimizar el éxito en el aprendizaje. Esta habilidad se refiere a la capacidad de los estudiantes para usar estrategias de autorregulación para evaluar su comprensión y ajustar sus estrategias de aprendizaje en consecuencia. Los estudiantes deben ser conscientes de sus limitaciones y capacidades cognitivas, por lo tanto, deben planificar, monitorear y evaluar su aprendizaje para optimizar sus resultados. Esta habilidad es esencial para mejorar la comprensión lectora.

Con el propósito de producir un cambio y generar un número mayor de lectores expertos de textos de ciencia, se debe promover la identificación autónoma de sus rasgos cognitivos, es decir, el desarrollo de la metacognición. Se induce al lector a interactuar activamente con el texto, al usar estrategias de aprendizaje como: la planificación, la elaboración de hipótesis, la pausa para el análisis de cuestiones no comprendidas, la coordinación de información proveniente de imágenes y el esfuerzo por encontrar ideas útiles para su aprendizaje. De esta manera, los estudiantes pueden reflexionar sobre cómo construyen sus inferencias e interpretaciones a partir de un texto. Por lo tanto, se resalta el vínculo entre el desarrollo cognitivo y motivacional; pues los factores sociales y culturales que rodean al estudiante, influyen sobre el resultado de sus objetivos de aprendizaje. (Holliday et al., 1994).

La gramática visual es una forma de metacognición desarrollada por Kress y Van Leeuwen (1996). Esta técnica es útil para mejorar la comprensión lectora, al enfocarse en el análisis de los elementos visuales, como el color, la forma y la disposición de la imagen. Plantean como referencia la semiótica social de Holliday (1985), al considerar que las tres metafunciones (representacional, interaccional y compositivo de la imagen) del texto, funcionan no sólo en el lenguaje escrito, sino en el representacional. Según Kress y Van Leeuwen (1996), los ocho marcadores de modalidad visual son: (1) espacio, (2) forma, (3) color, (4) luz, (5) movimiento, (6) textura, (7) dirección y (8) símbolo. Estos marcadores permiten a los estudiantes examinar la imagen de manera más profunda para comprender

mejor el contenido de la imagen. Arrojan resultados importantes para el desarrollo de la investigación en lectura multimodal, involucrando el análisis de imágenes en 3D (Kress & Leeuwen, 2017; Unsworth, 2001).

3. Capítulo III. Metodología

De acuerdo con las características del problema y los objetivos de la investigación presentados anteriormente, se consideró apropiada una metodología de perspectiva cualitativa e interpretativa. La elección se debió a que ésta no sigue una serie de pasos de manera lineal, sino que se realiza un recorrido iterativo y recurrente, donde todas las fases del proceso se superponen y conectan (Candela, 2019). Esta perspectiva permitió estudiar y documentar los diferentes significados referentes a la comprensión del fenómeno del Enlace Químico, los cuales emergieron como una consecuencia del proceso de negociación semiótica dado entre los miembros del aula de química en el marco de la lectura de textos multimodales.

También, es importante resaltar que la implementación del conjunto de actividades de aprendizaje que representan el propósito de este estudio sucedió en un ambiente natural, donde la dinámica se vio influenciada por múltiples variables sobre las que la docente investigadora tiene poco o ningún control. De ahí que, los productos estuvieron básicamente centrados en la comprensión y descripción profunda de los pensamientos y acciones inteligentes llevadas a cabo por el profesor y los estudiantes durante la práctica educativa en consideración (Stake, 1999).

En esta investigación, se consideró de importancia clave la fase de recolección de datos, donde se recogieron e identificaron todos los tipos de transacción de significado entre los sujetos o documentos que conforman la muestra estudiada, vinculados estrechamente con el interrogante de la investigación. Se persiguió resaltar desde la particularidad de los sujetos, la complejidad del caso. Por esta razón, el principal instrumento de recolección de datos es el mismo investigador, quien teniendo en cuenta las teorías sustantivas que dirigen su estudio, realizó un análisis crítico de su observación con el propósito de recoger

la información pertinente, proveniente de un ambiente natural sin modificaciones (Stake, 1999).

También resultó apropiada la metodología cualitativa, debido a que el propósito de este estudio se centró en la interpretación del papel mediador de la lectura de textos multimodales de naturaleza científica, como estrategia mediadora en la comprensión del Enlace Químico. Entonces, se pretendió una búsqueda de causas para el entendimiento de un proceso complejo y no tan solo la diferencia de datos, ni la explicación de lo controlado como lo es en la metodología cuantitativa. Esta búsqueda, por tanto, está unida a la empatía y a la intencionalidad, por eso se relaciona con el área mental y emocional de los objetos de estudio. Por esta misma razón no se reconoció una causa simple, sino que se tuvieron en cuenta diversos factores que tienen alguna influencia en la situación, por ejemplo: capacidades específicas del estudiante al momento de iniciar el estudio, uso de diferentes estrategias de lectura de textos multimodales para la enseñanza del Enlace Químico, motivación intrínseca del estudiante, entre otros (Stake, 1999).

Por todo esto, el método de investigación que permitió recolectar la evidencia empírica fue el estudio colectivo de casos (Stake, 1999). Esta decisión estuvo apoyada por tres principios teóricos que subyacen a este enfoque metodológico y que caracterizan este estudio, a saber: (1) Comprender los sujetos de investigación, en este caso los estudiantes de grado noveno. Conocer sus historias, motivaciones y entornos habituales. (2) Aprender el “cómo” influyen las actividades planteadas en la comprensión del contenido del Enlace Químico en ellos y no sólo corroborar lo que se ha pensado. (3) Selección de casos que permitieran la variación de la muestra, es decir, no sólo se analizaron los estudiantes más destacados, sino los que podían enriquecer el caso general, para aprender el cómo la lectura de los textos multimodales en el marco de la semiótica social, es una estrategia para la comprensión del Enlace Químico. (4) El aula de química fue considerada como un escenario naturalístico de investigación donde no se puede controlar aquellas variables asociadas a fenómenos sociales y culturales, que son características de la complejidad humana (Stake, 1999).

El método por estudio de casos permitió reducir la muestra de investigación y centrar la atención en el profesor y algunos de los estudiantes observados durante la práctica educativa, con el fin de detectar incidentes críticos alineados con el planteamiento del problema y el marco teórico que fundamentan esta investigación. El propósito central de este estudio, por tanto, no es la generalización, sino por el contrario, la particularización, destacando la unicidad de cada caso: lo que es y lo que hace. Para cumplir este propósito, se realizó una observación constante, considerada un proceso metacognitivo, que permitió al investigador estar atento a las particularidades del caso y a cualquier tipo de eventualidad que ocurriera en el contexto en que se desarrollaba. Así, mediante este método se describieron las acciones pedagógicas del profesor y las estrategias de los estudiantes, teniendo en cuenta sus características personales y sus limitaciones, a fin de darle sentido al contenido del Enlace Químico a través del uso de los diferentes modos semióticos que lo representan (Stake, 1999).

La Institución Educativa, donde se llevó a cabo el estudio, se encuentra ubicada en la zona céntrica de la ciudad de Palmira, Valle del Cauca, en la comuna cuatro y está conformada por tres sedes (siendo la sede central la vinculada a la investigación). Por estar cerca del centro de la ciudad, atiende una población fluctuante de los barrios Colombia, Santa Rita y Obrero, principalmente y otros aledaños como La Emilia, Loreto, Uribe, La Colombina y Barrio Nuevo, cobijando población de los estratos 1 a 3 principalmente. Respecto a los estudiantes sujetos de esta investigación, se contó con 3 grupos de aproximadamente 40 adolescentes cada uno, con edades entre 14 y 15 años, los cuales cursaban grado noveno. Estos fueron consultados junto con sus respectivos acudientes, sobre su deseo de participación en el estudio e informados sobre el propósito del mismo (*ver Anexo A*). De esta manera, se obtuvo la autorización por parte de los adultos responsables con el fin de obtener material audiovisual, resultado de la observación hecha a los estudiantes durante el transcurso de la investigación. El año de implementación fue el 2021, época en la que la Institución, manejó alternancia entre educación presencial y virtual, debido a las restricciones sanitarias causadas por el surgimiento del COVID-19.

3.1 Criterios de selección

La metodología cualitativa por estudio de casos fue la elegida para trabajar en esta investigación, debido a que se encuentra alineada con el problema y propósito que la

direcciona (Stake, 1999). Esta decisión fue tomada buscando comprender a fondo tanto las acciones de docente (que en este caso es la investigadora), como de los estudiantes cuando se empleó la lectura comprensiva de textos multimodales de naturaleza científica como una estrategia mediadora en la comprensión del Enlace Químico. También, se debe destacar que las unidades de análisis de este estudio fueron las interacciones producidas en clase entre la docente y los estudiantes, las cuales tienen gran relevancia para dar solución al problema propuesto. Así, estas interacciones se recogieron y describieron a través de diferentes fuentes documentales, tales como: videos, trabajos de los estudiantes, observaciones *in situ* y encuesta semiestructurada (Candela, 2019). Por otro lado, es importante haber definido los criterios de este estudio de casos para selección de participantes, del material enseñanza y diseño de actividades, los cuales se encuentran a continuación:

3.1.1 Criterios de selección para escoger a los estudiantes

Según Stake (1999), el estudio de casos, no es un estudio de muestras. Sin embargo, debe haber una muestra de más de un solo caso, de otro modo estaríamos ante un estudio de caso intrínseco. De esta manera, de los aproximadamente 120 estudiantes que participaron en la investigación, se seleccionaron como muestra algunos casos representativos o típicos de los otros casos. Se trató de que la selección fuera variada y cumpliera con los siguientes criterios (véase **Tabla 3-1**):

Tabla 3-1

Criterios de selección de estudiantes

Criterios de selección de estudiantes

1. Estudiantes destacados por su desempeño en la realización de las actividades, durante toda la investigación.
 2. Estudiantes que tuvieron dificultades evidentes al inicio de la investigación pero que al final mostraron un progreso.
 3. Estudiantes que tuvieron dificultades durante toda la investigación.
-

3.1.2 Criterios para escoger el profesor

La investigadora del caso, es una docente que ha trabajado durante cuatro años con los estudiantes de secundaria de dicha institución, en el área de ciencias. Esta vivencia le ha otorgado una experiencia acerca de la necesidad que tienen los estudiantes de desarrollar competencias lingüísticas, que les permitan generar y apropiarse de las ciencias, por medio del lenguaje. Así mismo, se ha percatado de la necesidad de la lectura comprensiva de textos multimodales característicos de este campo, teniendo motivación y gran interés por hacer visible la comprensión de distintos recursos semióticos empleados en estas composiciones textuales. La autora fue la investigadora del caso y observadora participante en el estudio, pues cumplió con las características requeridas (véase **Tabla 3-2**).

Tabla 3-2

Criterios de selección del profesor

Criterios para escoger el profesor

1. Interesado en mejorar su práctica educativa, es decir, mejorar la alfabetización científica de sus estudiantes.
 2. Dispuesto a invertir tiempo durante el desarrollo del estudio para el diseño de estrategias de lectura de textos de carácter científico de naturaleza multimodal.
 3. Dispuesto a implementar un conjunto de actividades de aprendizaje enmarcadas en la lectura de textos de naturaleza científica de carácter multimodal con el objetivo de comprender el contenido del Enlace Químico.
 4. Consciente que la Química, como todas las demás ciencias, tienen un lenguaje propio, en los que convergen distintos registros semióticos con el fin de dar a entender una idea.
 5. Considera el lenguaje como una herramienta de pensamiento y aprendizaje que debe ser empleada para cumplir el propósito de la alfabetización científica.
-

De acuerdo con Stenhouse (2003), el profesor puede desempeñar el papel como investigador al hacer el desarrollo de un currículo estableciendo una conexión entre la teoría y la práctica. Es decir, las ideas educativas tomadas de libros dejan de convertirse en propuestas distantes y correctas, para ser objeto de la comprobación y posteriormente aceptación o no de las mismas, como herramienta útil en la solución de un problema específico en la enseñanza. De esta manera, el aula se convierte en un laboratorio, el profesor en un investigador y el currículo en una forma particular de la enseñanza que invita más a la comprobación crítica, que a la aceptación de teorías educativas. De hecho, Stenhouse (2003), afirmó que un desarrollo efectivo del contenido depende de la capacidad de los profesores para investigar sus propias prácticas pedagógicas. Esa «actitud investigadora» consiste en la disposición para evaluar de manera crítica y sistemática su papel como docente. Esta situación, promueve que el profesor se preocupe por comprender mejor su propia aula, por lo tanto, no se enfrenta a las dificultades que puede traer las generalizaciones.

Así mismo, Stenhouse (2003) mencionó que los profesores que ejercen el papel de investigador necesitan comunicarse entre sí. Esto con el fin de desarrollar un nuevo vocabulario común de conceptos y una sintaxis de la teoría según la orientación de sus hallazgos. A medida que se comparta la información de diferentes estudios de casos, los investigadores profesionales tendrán que conocer y analizar este material en busca de tendencias generales, lo que conduciría al desarrollo de una teoría general.

3.1.3 Criterios de selección para el material de enseñanza

La selección y diseño del material de enseñanza de esta investigación, estuvieron alineados con el contenido del Enlace Químico, y el objetivo de que los estudiantes hagan un uso consciente de los diferentes modos semióticos, que representan las prácticas discursivas de la actividad científica (Candela, 2019). En este sentido, los modos fueron utilizados como herramientas epistémicas que proveen ciertas potencialidades para construir y comunicar sentido. Así, el uso de este material de enseñanza les permitió a los estudiantes y profesor llevar a cabo acciones pedagógicas en coherencia con la planeación, debido a que tiene las siguientes características (véase **Tabla 3-3**):

Tabla 3-3*Características del material de enseñanza*

	Característica	Descripción
1.	Intertextual	son relevantes para la interpretación de ellos mismos. Son en su mayoría cotemáticos, y coaccionaes.
2.	Naturaleza científica	contienen diversos registros semióticos que pertenecen al lenguaje de la química.
3.	Multimodal	contiene el uso de distintos modos semióticos: imágenes, símbolos, simuladores en 3D, representaciones en 2D que permiten la interacción del lector.
4.	Multimedial	contiene recursos digitales educativos provenientes de la plataforma YouTube

La selección, construcción e implementación del material de enseñanza, está descrita en la Fase I del diseño metodológico, donde se especifica el instrumento de planeación y se argumenta la toma de decisiones e instrucciones curriculares. Además, el lector puede encontrar las guías producidas como resultado de este diseño curricular disponibles en el siguiente blog: <https://estrategiaslecturamultimodal.blogspot.com/>

3.2 Uso de fuentes documentales

La investigación cualitativa, trata de entender o interpretar los fenómenos en términos de las personas que conforman una situación natural determinada. Por lo tanto, este tipo de investigación genera una gran cantidad de información que exige un análisis detallado, con el fin de producir unas generalizaciones naturalísticas menores y mayores que representen la comprensión de los pensamientos y acciones de los todos los participantes (Stake, 1999). Por este motivo, se acudió a la recolección y el uso de una variedad de materiales empíricos como: grabaciones de clase, notas de campo, trabajos de los estudiantes,

encuesta final, los cuales describieron el desarrollo de la investigación y sus efectos en la vida de los integrantes de la comunidad estudiada, dichos materiales son las fuentes primarias en esta investigación (Denzin & Lincoln, 2012). Las fuentes secundarias, son las que complementan, dan verosimilitud a los hallazgos encontrados y permitieron realizar la triangulación como la información proveniente de la literatura por parte de otros investigadores (Stake, 1999).

3.3 Selección de técnicas e instrumentos de recolección

3.3.1 Observación participante

Por otro lado, la observación participante fue la técnica de recolección de datos empleada. Esta exige una entrega completa a la tarea de interpretación, requiere hacer parte de la situación identificándose con el problema, pero al mismo tiempo debe haber un esfuerzo por permanecer distante del contexto. Por ejemplo, en este caso, la investigadora no sólo fue la responsable de enseñar el contenido del Enlace Químico, sino de crear un ambiente de aula donde se permitiera evidenciar los avances que presentaban los estudiantes en el aprendizaje del mismo. Los datos recolectados fueron los arrojados después de la implementación de una secuencia de actividades en torno a la lectura de textos multimodales de naturaleza científica. Su cantidad no fue escasa para que la investigadora tuviera la oportunidad de contextualizar la interpretación, mirar todas sus aristas, ser reflexiva, sin darse prisa a concluir (producir “asertos”) (Stake, 1999).

La habilidad del investigador cualitativo para realizar observaciones, le conduce hacia una mejor comprensión de los casos que estudia (Stake, 1999). Durante la observación, la docente investigadora registró los acontecimientos con una descripción detallada para realizar un posterior análisis. Se tuvieron en cuenta situaciones cotidianas o problemas, la manera en cómo los estudiantes lo resolvieron o se enfrentaron a ello.

3.3.2 Grabación de los videos de la clase

La grabación de los videos de la clase, se realizó a través de Google Meet en dos momentos: cuando se daba la instrucción para realizar cada una de las guías y al hacer la socialización del desarrollo de la misma. La docente investigadora trató de que estas se dieran en la mayoría de los casos cuando todo el grupo debía asistir de manera virtual, pues explicar a dos grupos (virtual y presencial) al mismo tiempo era mucho más complejo, tanto por cuestiones de conectividad, sonido y manejo de dos tipos de audiencia. Es decir, en este caso, había una mayor parte del público que no estaba presente físicamente, por lo tanto, no se podían reconocer sus gestos, si seguían con atención la explicación o si estaban teniendo problemas para comprender.

Por otra parte, el número de estudiantes que asistían de manera presencial era pequeño, un promedio de 13 jóvenes por grupo. Las clases presenciales se llevaban a cabo 3 días a la semana y las virtuales los 2 días restantes. Los días de los encuentros virtuales se realizaba la enseñanza y presentación de la guía a través de Google Meet, y al día siguiente era compartida en la plataforma Edmodo para que el grupo que asistía de manera virtual trabajara desarrollando la guía. También, la socialización de los trabajos de los aprendices era realizaba cuando se encontraba el grupo completo, es decir los días en que se debían dar clases virtuales.

Al trabajar con el grupo completo a través de la virtualidad se debieron asumir muchos retos en cuanto a la atención. Sin embargo, se podía identificar a los estudiantes que seguían la explicación por su participación en clase o por dar información de cuestiones técnicas, por ejemplo: *“profesora, no se ve lo que está proyectando”*. También, se preguntaba aleatoriamente a cualquiera de los que permanecieron callados para sondear que tan atentos estaban, o si tal vez no lo estaban. Algunos decían no tener cámara, otros la apagaban después del llamado a lista por cuestiones de concentración o por cuestiones de baja motivación para recibir clase a distancia, en algunas ocasiones sin buenos hábitos de autodisciplina para entrar despiertos y limpios a su clase de química en algunas ocasiones a las seis de la mañana. Estos estudiantes generalmente presentaron mayores dificultades durante todo el proceso y no se evidenciaron avances satisfactorios en la comprensión del contenido del Enlace Químico en el desarrollo de sus actividades.

3.3.3 Encuesta de Valoración del Contenido

Stake (1999), menciona que la técnica de recogida de datos a través de la entrevista se considera importante para tener en cuenta las observaciones de los participantes, así como obtener información implícita o explícita acerca de las experiencias, aprendizajes y opiniones sobre la enseñanza y las actividades realizadas. Esta información fue importante para descubrir puntos de vista distintos al de la investigadora, pues al ser retroalimentada con la evaluación de su propia práctica pedagógica y la efectividad o no del diseño de las actividades diseñadas, obtiene resultados prácticos que sirven en su labor cotidiana.

Debido a las restricciones sanitarias ocasionadas por el COVID-19, en las que se desarrolló esta investigación y por la gran cantidad de personas que hicieron parte de la misma, la entrevista oral, fue reemplazada por una encuesta virtual, por medio de un formulario de Google. Esta encuesta fue realizada al finalizar la implementación y se les instruyó a los estudiantes a disponer de mínimo 30 minutos para contestar 10 preguntas en el marco de la lectura de textos multimodales de naturaleza científica para la comprensión del Enlace Químico, referentes al contenido, la enseñanza, aprendizaje, dificultades y recomendaciones desde la sinceridad de sus respuestas. Se recogieron 23, 26 y 29 respuestas correspondientes a cada uno de los tres grupos investigados (9A, 9B y 9C), para un total de 78 valoraciones¹.

3.3.4 Revisión de documentos

De acuerdo con Stake (1999), generalmente, las investigaciones requieren de una forma u otra, examinar distintas fuentes de información. En este caso, por ejemplo, se revisó la literatura de antecedentes, trabajos y encuestas de valoración de los estudiantes, así como artículos científicos que se pudieran contrastar con los resultados obtenidos en la

¹ El lector puede encontrar el archivo en PDF del contenido de la encuesta disponible en el siguiente blog: <https://estrategiaslecturamultimodal.blogspot.com/>

implementación. Así pues, la técnica de recogida de datos mediante el estudio de documentos siguió el mismo esquema de razonamiento que la observación y la entrevista.

En este sentido, la investigadora fue consciente de la importancia del orden y la atención para encontrar posibles hallazgos inesperados. En todo momento se tuvo en cuenta la pregunta de investigación: “¿Cómo el uso de la lectura de textos multimodales de naturaleza científica, media la comprensión del Enlace Químico en los estudiantes de grado noveno?”; y todos aquellos interrogantes que tenían relación con los objetivos específicos propuestos (Stake, 1999). De esta manera, en el caso del análisis de los trabajos escritos y las encuestas de valoración de los estudiantes, se contó con más de 130 documentos para analizar, pero a medida que transcurría la revisión de los mismos en las socializaciones y finalmente, en el análisis de resultados, se seleccionaron 67 documentos pertenecientes a los trabajos de los estudiantes. Estos fueron cargados en el programa *ATLAS.ti*, versión 9, los cuales se consideraron relevantes de acuerdo a los criterios previamente establecidos (véase **Tabla 3-1**) para hacer la gestión de análisis de resultados y un uso razonable del tiempo. También se escogió uno de tres documentos en los que se evidenciaba la reacción de los estudiantes, respecto a las actividades propuestas. Esta elección se debió a la riqueza de los tres tipos de criterios para la selección de estudiantes en este documento. Es decir, en total se analizaron 68 documentos.

La búsqueda y selección de documentos científicos que aportaron a la comprensión de los antecedentes, los avances alcanzados en la línea de investigación elegida y el análisis de los resultados, fueron algunas de las actividades que más tiempo requirieron en la realización de este trabajo. Sin embargo, se contó con la dirección de Boris Fernando Candela, un profesor investigador, autor de varios escritos sobre el lenguaje en el aprendizaje de las ciencias y conocedor de este campo de investigación, lo que permitió que la autora fuera guiada en muchas ocasiones a consultar textos específicos de gran relevancia por su relación con el objetivo de esta investigación. Este apoyo fue clave, pues no se puede determinar cuánto tiempo va a necesitar un documento ya sea tan sólo para ser encontrado. También, se utilizó el software de gestión de documentos de investigación *Mendeley*, el cual fue muy importante para recordar apuntes necesarios en los textos

consultados y recuperarlos fácilmente en el análisis de datos. También, a través de este software, se logró la generación ordenada de la bibliografía en este trabajo.

3.4 Fases del diseño metodológico

Con el propósito de dar solución a la pregunta de investigación, se tomó la decisión de asumir un diseño metodológico estructurado en tres fases, las cuales se describen a continuación.

3.4.1 Fase I. Planeación o diseño

Como el propósito de esta investigación era proponer la lectura de textos multimodales de naturaleza científica como una estrategia mediadora para la comprensión del Enlace Químico, resultó necesario planear e implementar un conjunto de actividades de aprendizaje que representaran dicho fin. Desde luego, el proceso de planeación implicó la toma de decisiones curriculares e instruccionales, que permitieran orientar la construcción del material de enseñanza unido al uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Así pues, con el fin de desarrollar de manera reflexiva esta toma de decisiones, se consideró pertinente utilizar un instrumento metodológico denominado CoRe (*Content Representation*, véase **Figura 3-1**), el cual está constituido por un conjunto de doce ítems en forma de interrogantes que estimulan y orientan las decisiones (Candela, 2017).

De esta manera, la estructura lógica del instrumento permitió explicitar una serie de elementos teóricos y metodológicos de orden específico y general que se encuentran alineados con la enseñanza y el aprendizaje del Enlace Químico. Es decir, la profesora diseñó el ambiente de enseñanza de forma reflexiva, consciente y sustentada no sólo por sus conocimientos, actitudes y valores, sino por la teoría que proveyó el estudio del contenido y la literatura de enseñanza del mismo, esto lo hizo a medida que respondió el cuestionamiento de los ítems que propone el instrumento (Candela, 2017).

La construcción del instrumento de Representación de Contenido llamado CoRe, permitió que la profesora pudiera representar su Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido (CPTC) que se proponía enseñar. Adicionalmente, a través de este se pudo indagar por aquellas concepciones alternativas que los estudiantes han adquirido en su cotidianidad y a lo largo de su trayectoria en la vida escolar, así también como sus saberes previos a fin de que aquellas dificultades y limitaciones sean asistidas y subsanadas, haciendo explícito el cómo, el dónde y el por qué. En esta fase se tuvieron en cuenta fuentes documentales de carácter curricular y disciplinar, por ejemplo, Estándares Básicos de Competencia, Lineamientos Curriculares, Derechos Básicos de Aprendizaje y Matrices de Referencia, para buscar una coherencia curricular (Candela, 2017).

Figura 3-1

Estructura lógica del instrumento de la CoRe adaptada al constructo del Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido

Preguntas pedagógicas	Ideas/conceptos importantes en ciencias para un tema específico		
	Idea n.º 1	Idea n.º 2	Idea n.º 3
1. ¿Qué intenta que aprendan los estudiantes alrededor de esta idea?			
2. ¿Por qué es importante que los estudiantes sepan esta idea?			
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (que no tiene la intención de que sus estudiantes conozcan)?			
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?			
5. ¿Cuál es su conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes que influye en la enseñanza de esta idea?			
6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?			
7. ¿Qué tecnologías digitales estándar emplea para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?			
8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utiliza con el fin de representar y formular la idea?			
9. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utiliza para representar la idea en consideración, y en qué criterios se apoya esta intención de diseño?			
10. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea y las razones particulares de su uso para enseñar esta idea.			
11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales, empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas?			
12. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?			

Nota: Tomado de Candela (2017)

3.4.2 Fase II. Implementación de tareas de aprendizaje

Esta fase se orientó por el instrumento anteriormente mencionado. El periodo de implementación fue durante el tercer y cuarto periodo académico del año 2021, en los meses de agosto, septiembre, octubre, y noviembre. En el transcurso de toda la investigación se fomentó el trabajo en grupos de hasta seis personas por guía de trabajo. Los estudiantes podían disolver las sociedades constituidas o trabajar individualmente

según sus capacidades excepcionales o necesidades particulares. El trabajo individual se adoptó como parte de la comunidad a través del ejercicio de socialización al finalizar cada guía de trabajo, donde al igual que el trabajo cooperativo se hizo la retroalimentación por parte de la docente en presencia de la totalidad del grupo a través de Google Meet² y una persona o más por trabajo, exponía una parte hasta que se socializara el ejercicio completo.

La secuencia total de actividades se configuraba de 4 sub-ideas, para cada una se elaboró una guía. La primera guía fue una actividad introductoria al concepto de Enlace Químico que se denominó "*Limpieza de productos detergente*", la segunda guía fue "*Tipos de Enlace*", la tercera: "*Electronegatividad*" y la cuarta: "*Estructura de Lewis y Geometría Molecular*". En la implementación de esta investigación se promovió la participación constante de los estudiantes, así como el desarrollo de sus ideas. Al finalizar la implementación se realizó la encuesta final de valoración del contenido del Enlace Químico.

3.4.3 Fase III. Análisis de datos

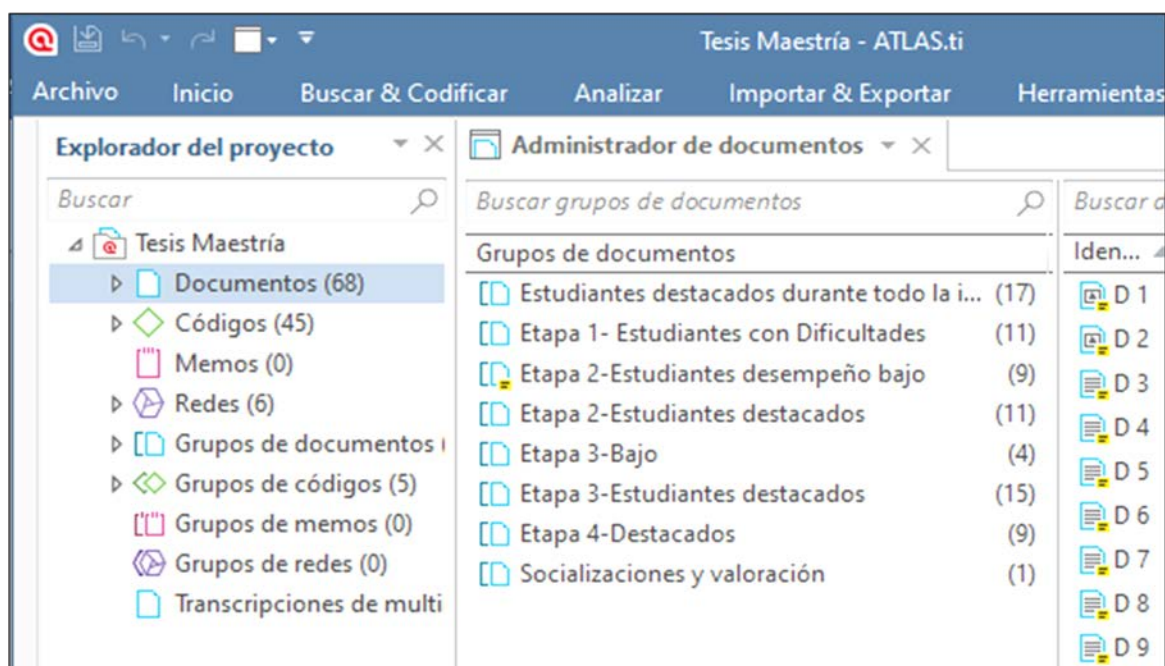
En esta etapa se ordenó conceptualmente la gran cantidad de información proveniente de la implementación del conjunto de actividades de aprendizaje, que fueron diseñadas con el fin de representar el contenido del Enlace Químico en el marco de las estrategias de lectura de textos multimodales. Esta tarea analítica fue asistida por la utilización del software *ATLAS.ti*, versión 9, que permitió gestionar las diversas fuentes documentales originadas en la investigación. El análisis de datos se llevó a cabo por medio de lectura y crítica de las unidades de contexto, por medio de la cual se hizo un proceso de codificación abierta y axial (Strauss & Corbin, 2002), con el fin de ordenar conceptualmente la información contenida en las fuentes documentales. Para ello, se tuvieron en cuenta las siguientes acciones (Candela & Espinoza, 2016):

² Recuerde que este trabajo se realizó en condiciones de alternancia entre educación virtual y presencial por las restricciones sanitarias producidas por el COVID 19

- Clasificación de los documentos que constituyeron las unidades de muestreo por etapas de implementación, nivel de desempeño de los estudiantes en el desarrollo de cada una de las guías y su valoración del trabajo realizado (véase **Figura 3-2**).

Figura 3-2

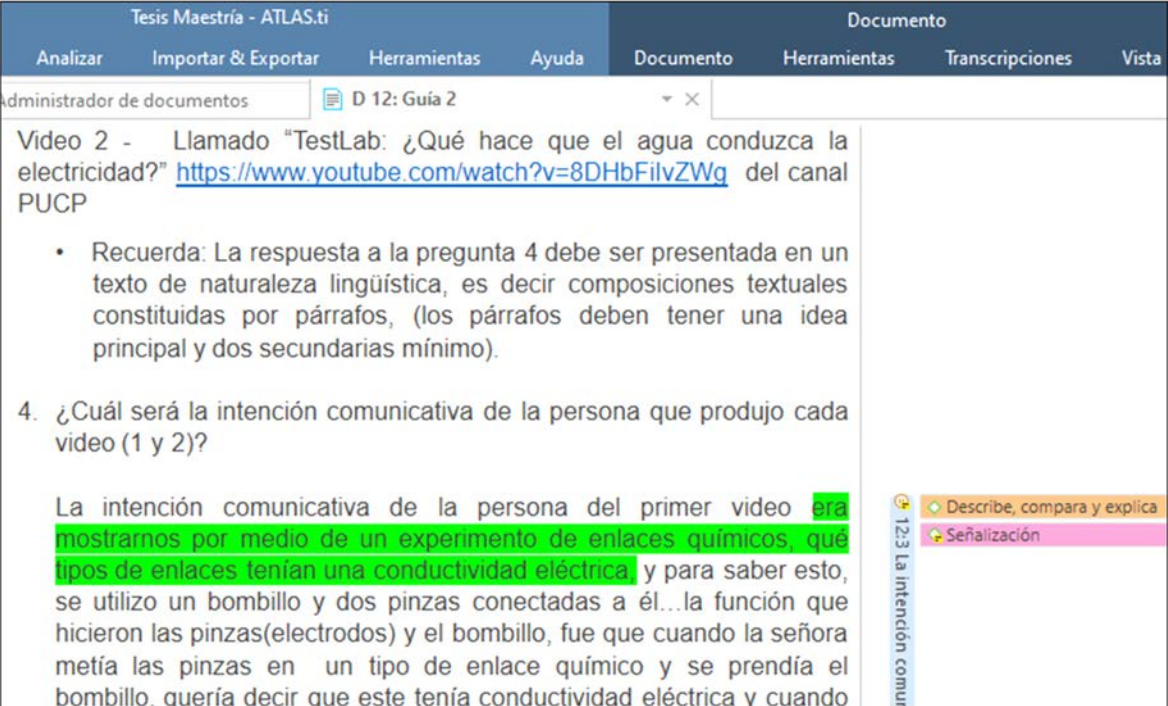
Grupos de documentos creados y analizados durante el desarrollo del análisis de resultados.



- La lectura sistemática de los documentos que constituyeron las unidades de muestreo con el fin de localizar unidades de registro o fragmentos de información que fueron importantes para ser tenido en cuenta en la investigación. Después de esto, se asignaron marcas textuales a las unidades de registro para realizar una codificación (véase **Figura 3-3**).

Figura 3-3

Codificación asignada a una misma unidad de registro, durante el desarrollo del análisis de resultados.



The screenshot shows the ATLAS.ti software interface. The main window displays a document titled "D 12: Guía 2" with the following text:

Video 2 - Llamado "TestLab: ¿Qué hace que el agua conduzca la electricidad?" <https://www.youtube.com/watch?v=8DHbFilvZWg> del canal PUCP

- Recuerda: La respuesta a la pregunta 4 debe ser presentada en un texto de naturaleza lingüística, es decir composiciones textuales constituidas por párrafos, (los párrafos deben tener una idea principal y dos secundarias mínimo).

4. ¿Cuál será la intención comunicativa de la persona que produjo cada video (1 y 2)?

La intención comunicativa de la persona del primer video era mostrarnos por medio de un experimento de enlaces químicos, qué tipos de enlaces tenían una conductividad eléctrica, y para saber esto, se utilizó un bombillo y dos pinzas conectadas a él...la función que hicieron las pinzas(electrodos) y el bombillo, fue que cuando la señora metía las pinzas en un tipo de enlace químico y se prendía el bombillo, quería decir que este tenía conductividad eléctrica y cuando

Annotations on the right side of the document:

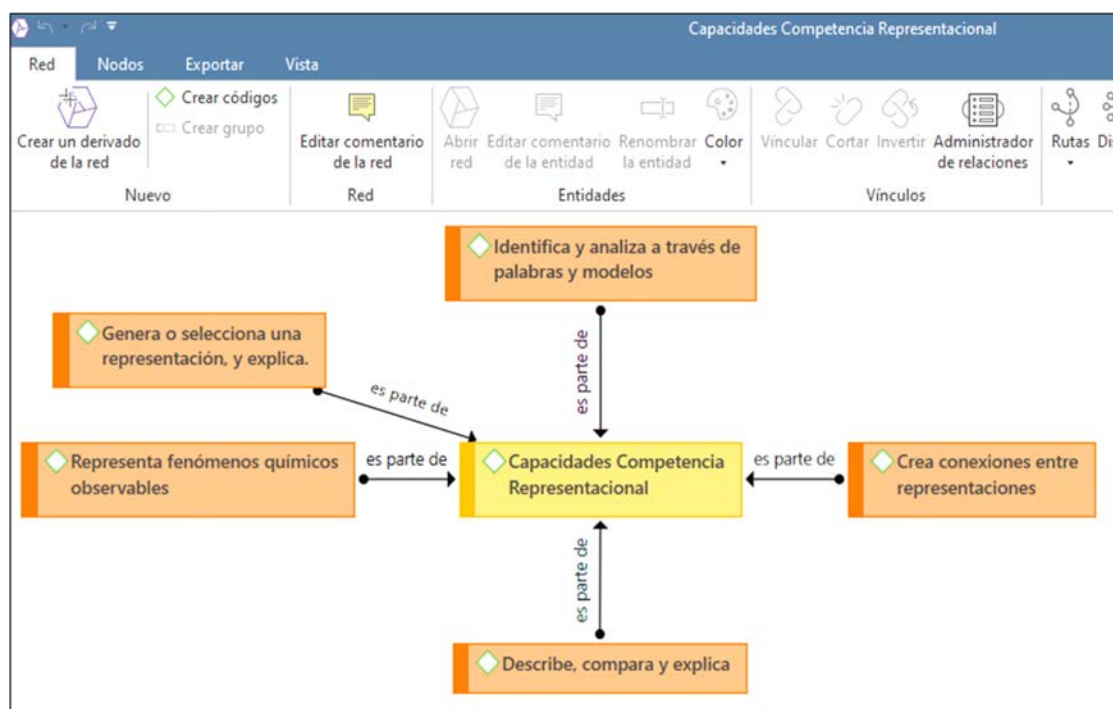
- Describe, compara y explica
- Señalización

A vertical annotation on the right edge of the text reads: "12:3 La intención comunicativa".

- Se examinó exhaustivamente el conjunto de marcas textuales (códigos) asociadas a las unidades de registro, para detectar relaciones mediante redes semánticas y construir posteriormente la interpretación de los resultados (véase **Figura 3-4**).

Figura 3-4

Generación de la red semántica de las capacidades de la competencia representacional, elaborada durante el desarrollo del análisis de resultados.



- De acuerdo con las relaciones semánticas entre los códigos asignados, se organizaron grupos tomando en cuenta sus características en común. Dichos grupos constituyeron las cinco categorías que emergieron de esta investigación (Véase **Figura 3-5**).

Figura 3-5

Grupos de códigos creados que dieron lugar a las categorías analizadas durante el desarrollo del análisis de resultados.

Buscar grupos de códigos		Buscar entidades	
Grupos de códigos		Nombre	
Capacidades Competencia Representacional	(5)	Baja comprensión lectora	
Dificultades observadas	(10)	Capacidades Competencia Representacional	
Elementos que influyen en la pedagogía	(8)	Coherencia	
Marcadores de la Gramática Visual	(8)	Color	
Principios del aprendizaje Multimedia	(8)	Comunidad	
		Confunde preguntas con enunciados	
		Conocimiento transformador	
		Contigüidad	
		Crea conexiones entre representaciones	

- Se analizó la densidad y el enraizamiento de los datos codificados en *ATLAS.ti*. Estos dos datos son muy importantes para la interpretación cualitativa, pues por medio de la densidad se reconoció la frecuencia de los temas en el análisis de datos, y a través del enraizamiento, se estructuraron los datos dentro de una jerarquía temática, que permite conducir a las categorías (Véase **Figura 3-6**).

Figura 3-6

Enraizamiento y densidad de los códigos creados durante el desarrollo del análisis de resultados.

Nombre	▲	Enraizamiento	Densidad
● ◊ Baja comprensión lectora		3	
● ◊ Capacidades Competencia Representacional		0	
● ◊ Coherencia		9	
● ◊ Color		16	
● ◊ Comunidad		2	
● ◊ Confunde preguntas con enunciados		2	
● ◊ Conocimiento transformador		4	
● ◊ Contigüidad		6	
● ◊ Crea conexiones entre representaciones		3	
● ◊ Describe, compara y explica		24	
● ◊ Dificultades Observadas		0	
● ◊ Dirección		13	
● ◊ Ejercicio de parafraseo~		12	
● ◊ Elementos que influyen en la pedagogía		0	

- Se vinculó proposicionalmente cada una de las unidades de análisis con sentido independiente a las cinco categorías, con el fin de producir unas generalizaciones naturalísticas, las cuales desarrollan teóricamente dichas categorías. De esta forma, se logró dar respuesta al interrogante:

¿Cómo el uso de lectura de textos multimodales de naturaleza científica, media la comprensión del Enlace Químico en los estudiantes de grado noveno?

4. Capítulo IV. Análisis de Resultados

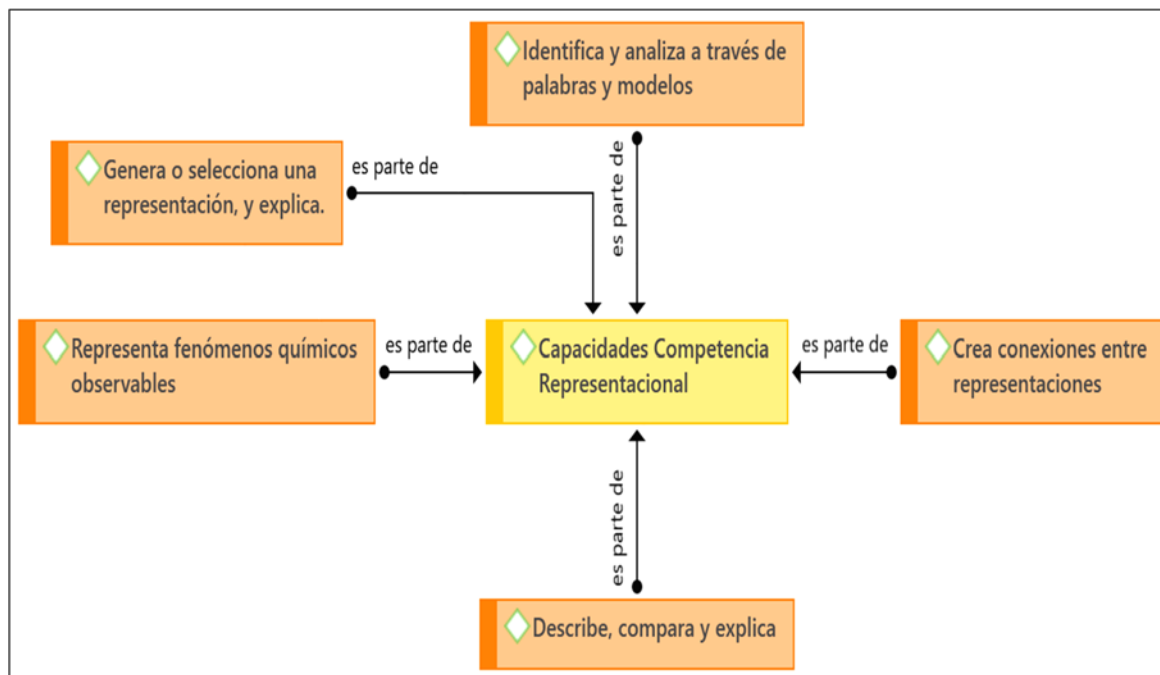
4.1 Capacidades de la Competencia Representacional

Durante todo el desarrollo de la investigación los estudiantes se vieron enfrentados a actividades que requerían la visualización, selección, creación, descripción, y conexión de diferentes representaciones semióticas. Estas actividades fueron diseñadas con el objetivo de alcanzar lo que Kozma y Russell (2005), identifican como capacidades del dominio de la competencia representacional: (1) Usar las representaciones para describir los fenómenos químicos observables; (2) Generar o seleccionar una representación, y explicar por qué resulta apropiada; (3) Usar palabras y modelos, para identificar y analizar las características de una representación particular; (4) Usar la descripción para identificar cómo diferentes representaciones podrían comunicar la misma idea, y explicar por qué una es más adecuada que otra dependiendo el caso; (5) Hacer conexiones a través de las diferentes representaciones con el fin de establecer relaciones semánticas entre estas (véase **Figura 4-1**). Estas capacidades van de menor a mayor grado de dificultad, dependen en su desarrollo una de otra y están relacionadas con unos niveles de dominio en la competencia representacional (Kozma & Russell, 2005).

Pensando en el desarrollo de dichas competencias, durante la realización de la “*Guía 2- Tipos de Enlace*”, los estudiantes ven dos videos provenientes de la plataforma YouTube, en los cuales se representa de manera observable el fenómeno químico de dos tipos de Enlace (Iónico y Covalente) mediante la experimentación con distintas disoluciones. Después de la visualización de estos recursos, los aprendices responden algunas preguntas que implican el uso de la descripción, comparación y explicación de las intenciones comunicativas de cada texto multimedial (video).

Figura 4-1

Red semántica de las Capacidades de la competencia representacional elaborada durante el análisis de resultados por medio del programa ATLAS.ti



De esta manera, al tener que explicar por qué uno es más adecuado que otro dependiendo de la intención comunicativa, se busca fomentar el análisis crítico que deriva del desarrollo de las competencias representacionales. Lo anterior es validado por las siguientes dos viñetas, (en estas la letra *P* identifica a la profesora, y la *E*, al estudiante) obtenidas de las respuestas de los estudiantes a preguntas relacionadas con el contenido representado en los videos observados:

P: ¿Cuál será la intención comunicativa de la persona que produjo cada video (1 y 2)? -Recuerda: La respuesta debe ser presentada en un texto de naturaleza lingüística, es decir composiciones textuales constituidas por párrafos, (los párrafos deben tener una idea principal y dos secundarias mínimo).

E1: R// La intención comunicativa de la persona del video uno es informar e instruir a un público en específico, sus estudiantes, para realizar la actividad asignada por ella. La intención comunicativa de la persona del video dos es informar del tema a un público en general y en un escenario más didáctico, haciendo más interesante e interactivo su manera de explicar el tema (Viñeta 30:6).

E2: La intención comunicativa de la persona del primer video era mostrarnos por medio de un experimento de enlaces químicos, qué tipos de enlaces tenían una conductividad eléctrica³, y para saber esto, se utilizó un bombillo y dos pinzas conectadas a él...la función que hicieron las pinzas (electrodos) y el bombillo, fue que cuando la señora metía las pinzas en un tipo de enlace químico y se prendía el bombillo, quería decir que este tenía conductividad eléctrica y cuando no prendía el bombillo era porque el enlace químico no tenía conductividad eléctrica. El enlace químico que tiene conductividad eléctrica recibe el nombre de enlace iónico; los compuestos iónicos fundidos conducen electricidad porque contienen cationes y aniones que se mueven libremente. También el enlace químico que no tiene conductividad eléctrica recibe el nombre de enlace covalente; los compuestos covalentes líquidos o fundidos no conducen electricidad porque no hay iones presentes. Con base a esta información pudimos ver que los enlaces iónicos fueron: el Cloruro de Sodio y agua, el Nitrato de Potasio y agua, el Ácido Clorhídrico y agua, y también el Acido Sulfúrico. Los enlaces covalentes fueron: el azúcar y agua, y también el agua destilada.

La intención comunicativa de la persona del segundo video era que pudiéramos entender qué es la conductividad eléctrica y el cómo actúa en diferentes sustancias, para esto, ella también utilizo el mismo aparato (el bombillo con las pinzas (electrodos)⁴, que la señora del primer video... con este hizo un pequeño experimento con bicarbonato de sodio y agua destilada; pudimos ver que cuando el bicarbonato de sodio estaba solito sin el agua destilada, no prendía el bombillo, lo que significaba que este no tenía conductividad eléctrica ya que por si solo era

³ El subrayado es original del escrito de la estudiante.

⁴ El subrayado es original del escrito de la estudiante.

un enlace covalente, es decir que no conduce electricidad porque no hay iones presentes; pero cuando la muchacha le hecho bicarbonato de sodio al agua destilada pudimos ver que el bombillo si prendía lo que significaba que ambas sustancias formaban un enlace iónico, es decir conduce electricidad porque contienen cationes y aniones que se mueven libremente. Supimos que la conductividad eléctrica es la capacidad que tienen algunas sustancias de conducir la electricidad, y en determinadas ocasiones las sales también son buenas para la conductividad eléctrica cuando están en el agua, por lo que son determinadas electrolitos fuertes. El azúcar en agua es considerado como un no electrolito, lo que quiere decir que no forma iones, por lo tanto, no conduce la electricidad. El vinagre es considerado como un electrolito débil, lo que quiere decir que se pueden separar y formar iones, pero no del todo, o sea, parte de las moléculas estarán ionizadas y parte no, por eso esta sustancia será conductora, pero menos que en el caso de las sales (Viñeta 12:3).

En la respuesta del primer estudiante (viñeta 30:6), aunque no logra conformar un párrafo con las características pedidas y olvida mencionar cual es el tema en cada uno de los dos videos, identifica como diferencia principal la forma de presentación. Básicamente comprende que existe una manera distinta en cada uno de los dos videos para abordar la explicación de la conductividad eléctrica por parte de algunas sustancias, pues destaca la naturaleza didáctica del segundo video para hacerlo más entendible a un público más amplio.

Por otra parte, en la respuesta de la segunda estudiante (Viñeta 12:3) se nota que tiene facilidad para construir más de un párrafo, de hecho, subraya lo que para ella es la idea principal en cada uno de los dos párrafos que realiza. Hace uso de un mayor número de descriptores dentro de su respuesta: nombra el objetivo del texto multimedial, la actuación de cada uno de los protagonistas, los elementos que usan, los resultados que obtienen y lo que esto quiere decir.

Frente a estos resultados, se puede decir que la visualización de un fenómeno químico que representa un concepto que no se percibe sensorialmente como el tipo de Enlace Químico, acompañada de procesos de escritura que incluyan la descripción, comparación y explicación de lo que se observa, permiten al estudiante el desarrollo del lenguaje científico. Tal como menciona Kozma y Russell (2005) existe una estrecha relación entre la comprensión de los fenómenos químicos y las representaciones externas que estos requieren para ser compartidos dentro de una misma comunidad. Además, este tipo de ejercicios, potencian el acercamiento del aprendiz a las características complejas propias del Lenguaje Escolar de la Ciencia (LSS, abreviaturas en inglés) que describe Fang (2006), lo cual permite una familiarización por parte del estudiante al lenguaje científico debido a que es él quien lo usa para describir algo que ve. Por ejemplo, en la viñeta 12:3 se puede evidenciar el uso de vocabulario técnico, palabras ordinarias con usos no comunes, oraciones subordinadas y sustantivos abstractos, así (véase **Tabla 4-1**):

Tabla 4-1

Algunas características complejas del LSS usadas por la estudiante en la Viñeta 12:3

Característica compleja de LSS	Acción metacognitiva	Ejemplo en la viñeta 12:3
Vocabulario técnico	Reconoce nombres técnicos de herramientas empleadas	<i>“...la función que hicieron las pinzas (electrodos) y el bombillo...”</i>
	Emplea el nombre de sustancias químicas	<i>“Cloruro de Sodio”; “Nitrato de Potasio”</i>
	Emplea nombre de conceptos químicos	<i>“enlace iónico”; “enlace covalente”; “cationes”, “aniones”, “electrolito</i>
Palabras ordinarias con usos no comunes	Reconoce la palabra “enlace” como la unión de átomos mediante partículas y no como un vínculo de una página de internet.	<i>“También el enlace químico que no tiene conductividad eléctrica recibe el nombre de enlace covalente;...”</i>
	Emplea la palabra “compuestos” para una	<i>“...los compuestos covalentes líquidos o</i>

	sustancia química que proviene de una mezcla.	que <i>fundidos no conducen electricidad porque no hay iones presentes.</i> ”
Oraciones subordinadas	Emplea frases para dar explicación a sus ideas.	“...o sea, parte de las moléculas estarán ionizadas y parte no, por eso...”
Sustantivos abstractos	Emplea frases que expresan ideas científicas construidas	“...los compuestos iónicos <i>fundidos conducen electricidad porque contienen cationes y aniones que se mueven libremente.</i> ”

Los estudiantes también construyen la representación multimodal del fenómeno químico anterior, a nivel microscópico durante el desarrollo del trabajo de investigación. Así, en la primera parte de la “*Guía 3 - Electronegatividad*”, los estudiantes visualizan tres videos provenientes de la plataforma YouTube con el objetivo de hacer sus apuntes empleando palabras, gráficos, conectores, formas y demás recursos que encuentren en los videos referenciados. Las Figuras 4-2 a la 4-5, son textos multimodales creados por diferentes estudiantes a partir de uno de los tres videos mencionados, llamado “*Enlaces Químicos*” (<https://acortar.link/d3l4eR>).

En dichos textos, se resalta la visibilidad de los objetos a partir de las uniones submicroscópicas usando el modelo atómico, es decir, se conecta lo invisible con lo observable (**Figura 4-2**), se explica cuáles son las características reales de esa representación, por lo tanto, se comprende que es un modelo científico (**Figura 4-3**), se reconoce la función de las partículas que constituyen el átomo y su relación con la representación en el modelo (**Figura 4-4**) y finalmente, se representa y explica a través del modelo atómico, los enlaces entre algunos átomos y las características entre esas uniones como en el caso del Hidrógeno y el Oxígeno, en el agua, o en el caso del Cloro y el Sodio, en la sal (**Figura 4-5**). Estos resultados concuerdan con lo descrito por Kozma y Russell

(2005) quienes coinciden en que el diseño y uso de sistemas de visualización en química, constituyen actividades culturales importantes que influyen en el dominio del conocimiento que los miembros de la comunidad compartan y a su vez, en la comprensión del mismo.

Figura 4-2

Texto multimodal creado por un estudiante, mediante el uso de palabras y modelos que identifican las características del Enlace Químico (Viñeta 48:1).

ENLACES QUÍMICOS

Los átomos se mantienen unidos, de no ser así las cosas no serían visibles.

Los átomos se componen por 3 partículas


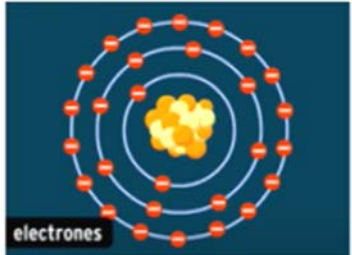
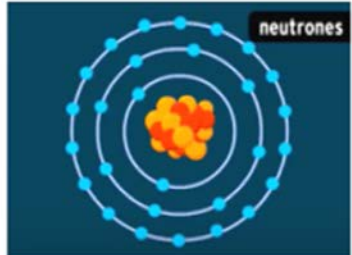
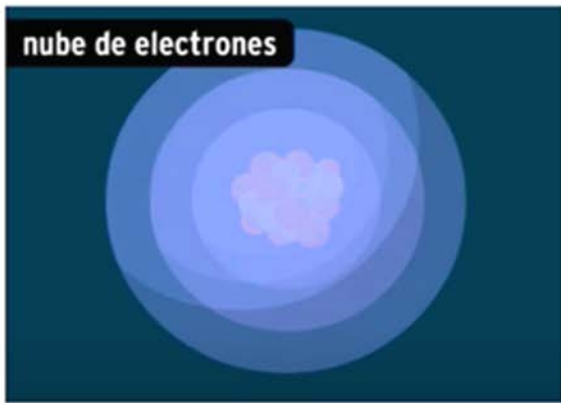
PROTONES	ELECTRONES	NEUTRONES
		
carga positiva	carga negativa	sin carga
se agrupan en el centro de un átomo formando su núcleo .	flotan alrededor del núcleo a diferentes distancias entre sí, en capas o niveles de energía .	se agrupan en el centro de un átomo formando su núcleo .

Figura 4-3

Texto multimodal creado por un estudiante, mediante el uso de palabras e imágenes que analizan las características del modelo atómico (Viñeta 48:2)

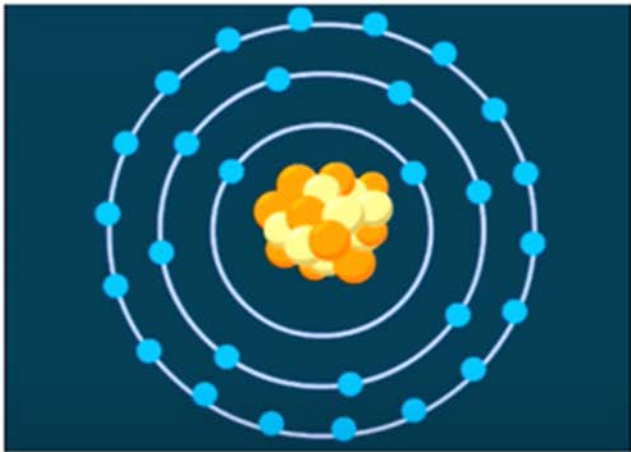
CAPAS O NIVELES DE ENERGÍA

No son círculos perfectos, en realidad los electrones orbitan en patrones tridimensionales, conocidos como **NUBES DE ELECTRONES**.



nube de electrones

Sin embargo, el **modelo circular** que conocemos nos ayuda a ver que cada capa contiene **cierto número de electrones**.

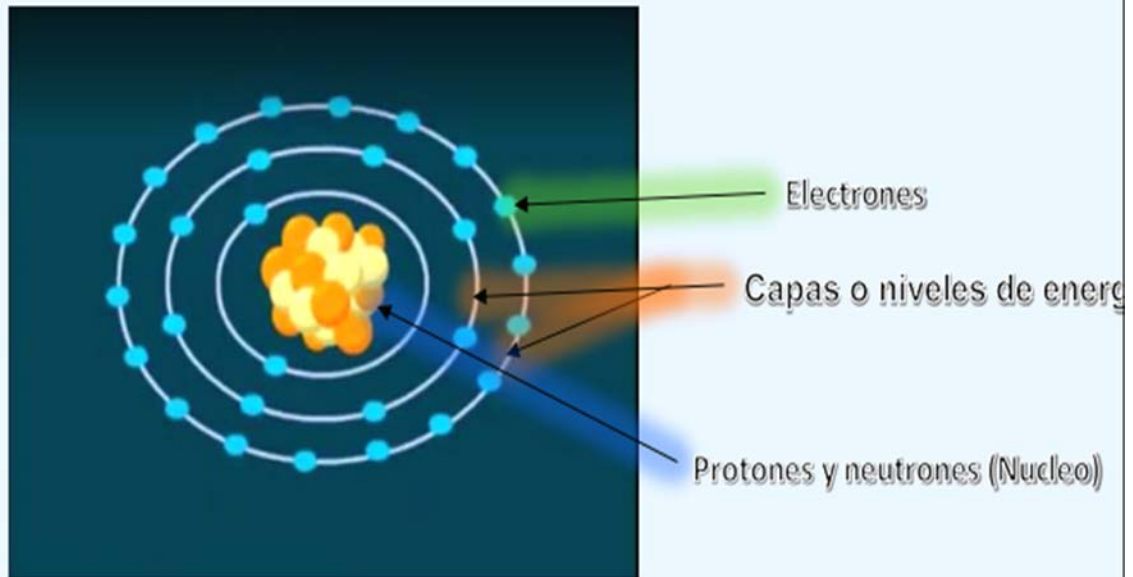


The figure consists of two diagrams illustrating atomic models. The top diagram, titled 'nube de electrones', shows a central nucleus of yellow and orange spheres surrounded by three concentric, semi-transparent blue circular regions representing electron clouds. The bottom diagram, titled 'modelo circular', shows a central nucleus of yellow and orange spheres surrounded by three concentric white circles representing electron shells. Small blue spheres representing electrons are placed on these circles: 2 on the innermost, 8 on the middle, and 18 on the outermost shell.

Figura 4-4

Texto multimodal construido por una estudiante, donde selecciona una imagen y explica a través de palabras la constitución del modelo atómico (Viñeta 55:4)

Nos dice que, la razón por la que los átomos mantienen unidos se encuentra dentro de ellos. Explicación= los átomos están compuestos de tres partículas básicas: los protones, que tiene carga positiva; los electrones que tienen carga negativa; y los neutrones que no tienen carga. Los protones y los neutrones se agrupan en el centro de un átomo, formando su núcleo. Los electrones flotan alrededor del núcleo a diferentes distancias entre sí, en lo que llamamos capas o niveles de energía.



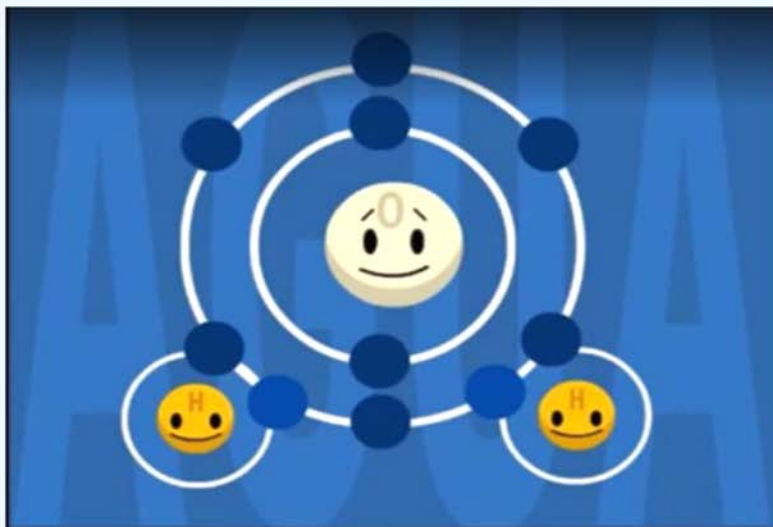
El modelo circular nos ayuda a ver que cada nivel puede contener cierto número de electrones: el primer nivel puede contener 2 electrones, el segundo nivel 8 electrones, el tercer nivel puede contener hasta 18 y así sucesivamente

Figura 4-5

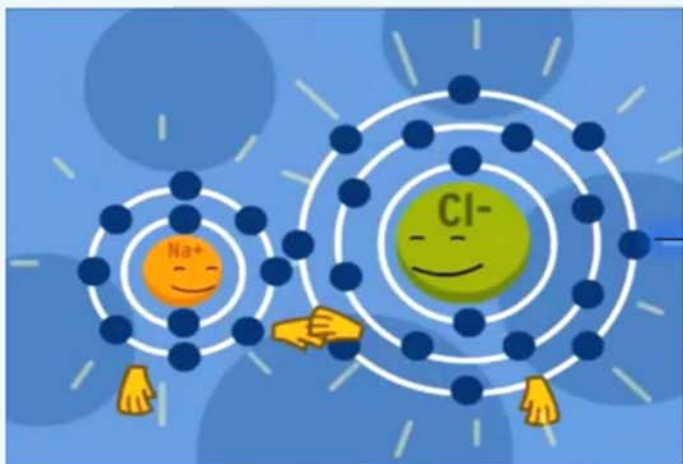
Texto multimodal creado por una estudiante, donde a través del uso de modelos y palabras explica el Enlace Iónico y Covalente (viñeta 55:20)

El número de electrones de la capa externa del átomo controla las posibilidades de enlace o, en otras palabras, qué tan reactivo es. Cuando la capa externa está completamente llena, el átomo es inerte, lo que significa que se resiste al enlace.

Una forma por la cual los átomos se mantienen unidos, es por medio del enlace covalente, por ejemplo, los átomos del agua: estos forman un enlace covalente.



Otra forma, es por medio del enlace iónico, y cuando los átomos con cargas opuestas se unen, a esto se le llama atracción electrostática.



Ejemplo de este acontecimiento: la Sal

Dato Curioso Los enlaces covalentes también pueden cambiar las propiedades

En la segunda parte del desarrollo de la “*Guía 3 - Electronegatividad*”, los estudiantes realizan una actividad que consiste en la construcción de una guía explicativa del texto multimodal constituido por un simulador de electronegatividad del *Physics Education Technology (Tecnología para la Educación de la Física, conocido por sus abreviaturas en inglés: como PhET)*, de la Universidad de Colorado de Boulder. Aunque en un inicio este proyecto sin fines de lucro, estaba enfocado en el aprendizaje de la física, sus recursos interactivos fueron creciendo, abarcando otras ramas de la ciencia y la matemática por su gran utilidad pedagógica⁵. De hecho, el simulador empleado en esta actividad de aprendizaje es de química y se encuentra en <https://acortar.link/l6tlhn>.

En dicho simulador, se encuentran tres modos de representación de las características propias de dos átomos que se unen, llamados: “*Enlace Dipolo*”, “*Carga Parcial*” y “*Carácter del Enlace*” La **Figura 4-6** presenta una parte del contenido de la guía realizada por una estudiante, construida a través de la visualización, selección y unión de diferentes representaciones de una misma situación experimentada en el simulador: la desaparición del símbolo del *Enlace dipolo*, uno de los tres modos de visualización de la interacción entre los dos átomos que ofrece el simulador.

Después, en el desarrollo de la construcción multimodal (guía) que la estudiante realiza (véase **Figura 4-7**), captura cuatro imágenes de lo que sucede con el símbolo que representa el *Enlace dipolo* en diferentes valores de electronegatividad, las convierte en una sola imagen donde señala lo que está viendo y moviendo, agrega signos de interrogación para representar sus preguntas respecto al porqué no aparece el *Enlace dipolo* en los valores que ha determinado y señalado en las escalas de electronegatividad. Posteriormente, interpreta con sus propias palabras que en las mismas posiciones de electronegatividad de dos átomos diferentes no aparece el símbolo de *Enlace dipolo* porque no hay diferencia en los valores de las electronegatividades, por lo tanto, concluye que este modo representa un enlace covalente polar y que este tiene valores iguales de electronegatividad.

⁵ <https://phet.colorado.edu/es/about>

Figura 4-6

Selección del modo de representación "Enlace dipolo" en el simulador, por parte de una estudiante y su interpretación de la situación (Viñeta 55:5)

The image shows a simulation interface for a chemical bond. At the top center, two spheres represent atoms: a yellow one labeled 'A' and a green one labeled 'B'. A horizontal line connects them, and a red oval highlights a dipole arrow pointing from A to B. Below each atom is a scale for electronegativity, with 'Átomo A' on the left and 'Átomo B' on the right. Each scale has 'menos' (less) on the left and 'más' (more) on the right. A blue marker is positioned on each scale. To the right of the simulation is a control panel with three sections: 'Vista' (View) with options for 'Enlace Dipolo' (checked), 'Carga Parcial' (unchecked), and 'Carácter de Enlace' (unchecked); 'Superficie' (Surface) with options for 'ninguno' (selected), 'Potencial Electroestático' (unchecked), and 'Densidad del electrón' (unchecked); and 'Campo Eléctrico' (Electric Field) with a toggle switch currently in the 'off' position.

Para que la flecha desaparezca tenemos que poner la escala de ambos átomos en la misma posición. Ya sea, por ejemplo, que la escala de ambos átomos esté en la mitad, o que la escala de ambos átomos esté en el menos o en el más. Donde queramos poner las escalas, si ambas están en la misma posición, la flecha desaparece.

Figura 4-7

Texto multimodal construido por una estudiante a partir de imágenes obtenidas en el simulador y su explicación escrita (Viñeta 55:2)

¿A qué se debe este fenómeno? Cuando la flecha va desde el átomo A hasta el átomo B, esto quiere decir que la electronegatividad es mayor y por tanto la polaridad es mayor en el átomo B. Cuando la flecha va desde el átomo B hasta el átomo A, esto quiere decir que la electronegatividad es mayor y por lo tanto la polaridad es mayor en el átomo A. Cuando la flecha desaparece es debido a que, como estamos midiendo la polaridad, y en este caso, cuando las escalas de ambos átomos están en el mismo nivel de electronegatividad, esto quiere decir que forman un enlace covalente no polar, por ende, es que la flecha desaparece, indicando que en un enlace no polar (un enlace covalente no polar es aquel donde los electrones se comparten de manera equitativa).

Respecto al anterior resultado, Kozma y Russell (2005) consideran que el impacto de las nuevas tecnologías como los simuladores en la visualización en química, produce un cambio en el objetivo de la enseñanza, pues se traslada el énfasis de la adquisición de muchos conceptos significativos como enlaces, estructura, reactividad, oxidación, entre otros, por un énfasis en la adquisición y uso de conceptos relacionados con la investigación científica, por ejemplo: planteamiento de preguntas, diseño de investigaciones y planificación de experimentos, construcción de aparatos, realización de procedimientos, análisis de datos, formulación de conclusiones, y presentación de hallazgos (Krajcik, et al., 1998). De hecho, en este caso la estudiante diseña su guía explicativa y para esto no debe aprender de memoria un concepto, sino hacer énfasis en el análisis de los datos visuales que obtiene del simulador para llegar a concluirlo.

4.2 Marcadores de la Gramática Visual

En el desarrollo de la investigación, específicamente en la realización de la *Guía 3 - Electronegatividad*, los estudiantes leen comprensivamente el texto multimodal constituido por el simulador de electronegatividad del PhET (<https://acortar.link/l6tlhn>) a través del ejercicio de construir una guía explicativa del mismo. En dicha actividad, los estudiantes ingresan al recurso dando clic en el ícono “Dos átomos”, realizan la exploración y selección de los diferentes registros semióticos que aparecen como variables en la interfaz. Se les recomienda a los aprendices que inicialmente seleccionen un registro a la vez, para que puedan analizar específicamente los cambios que ocurren en la composición textual a través de cada acción que llevan a cabo en el simulador. Los registros que siempre estarán constantes en el texto son los dos átomos (A y B) y sus correspondientes escalas de electronegatividad. Mediante el movimiento de las escalas, los aprendices establecen los valores de la electronegatividad de cada uno de los dos átomos que aparecen. Deben darle un título a la guía, un orden lógico a la presentación y seleccionar los registros semióticos que deseen integrar a la imagen.

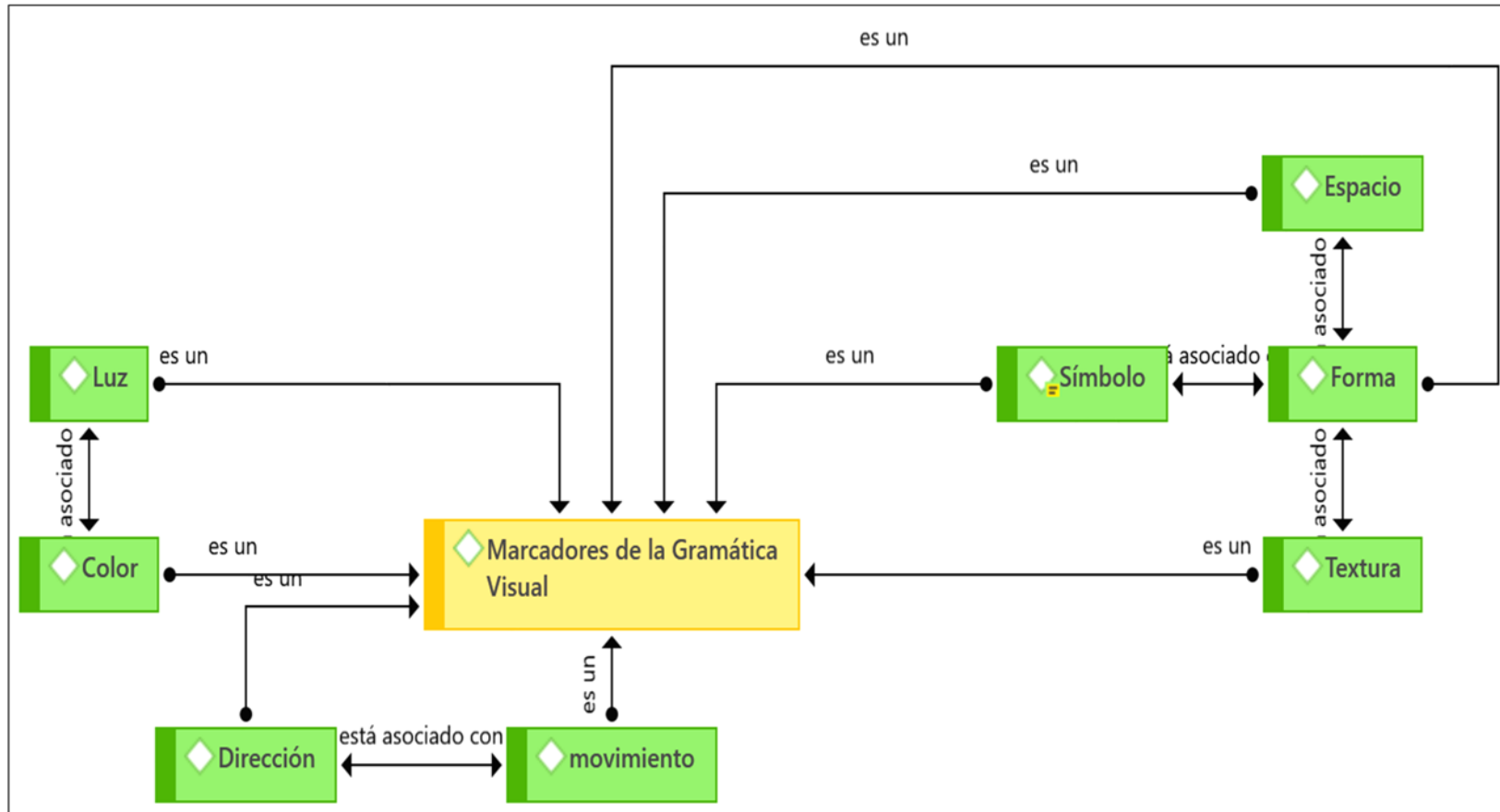
Las tareas asociadas a esta actividad, incluyen el desarrollo de las competencias representacionales necesarias para adquirir una mayor comprensión del Enlace químico.

Entre dichas tareas se destacan: el uso de palabras, gráficos, conectores, formas y demás recursos donde identifique cada uno de los registros, la descripción de lo que ocurre cuando se activan y la explicación de lo que sucede. Entre las ventajas pedagógicas que se obtienen a través de este ejercicio, se encuentra, por ejemplo, la ampliación del campo visual del estudiante, lo cual permite que atienda una mayor cantidad de los diferentes registros semióticos que constituyen el paisaje comunicativo de las ciencias en el texto multimodal del simulador de electronegatividad. Por medio de esta acción, se cumple con el objetivo de la multialfabetización, dejando atrás el tradicional discurso monológico de la explicación del docente y reemplazándolo por la interpretación que el estudiante hace de lo que experimenta por medio del recurso tecnológico (Jewitt, 2008).

En la realización de la lectura multimodal, los estudiantes describen la composición textual que obtiene como producto de sus decisiones y analizan los resultados de las mismas en términos de naturaleza química macroscópica, submicroscópica y simbólica. Finalmente, esta acción sociocognitiva se traduce en descripciones gráficas que se encuentran configuradas por algunos marcadores de la gramática visual, como: (1) espacio; (2) forma, (3) color; (4) luz; (5) movimiento; (6) textura; (7) dirección y (8) símbolo (véase **Figura 4-8**) (Kress & Leeuwen, 2017).

Figura 4-8

Red semántica de los Marcadores de la Gramática Visual, elaborada durante el análisis de resultados por medio del programa ATLAS.ti



De esta manera en la **Figura 4-9**, se observa que el estudiante tiene la posibilidad de generar intertextos, mediante uno de los recursos semióticos (ubicado en la parte media superior) puede escoger tres opciones de representación *simbólica*: enlace dipolo, la carga parcial y el carácter del enlace. Así mismo, cuando se refiere a la representación submicroscópica de la superficie de los átomos, puede visualizar el potencial electrostático o la densidad electrónica con *colores*, o simplemente no hacerlo. Adicionalmente, para analizar el fenómeno macroscópicamente, puede agregar una representación de la activación de un campo eléctrico a la situación.

Figura 4-9

Texto multimodal generado por un estudiante en el simulador, generado a través de la selección de cuatro registros semióticos diferentes (Viñeta 43:6)

The image shows a simulation interface for a chemical bond. At the top, a color gradient bar labeled "Potencial Electroestático" ranges from "positivo" (blue) to "negativo" (red). Below this, two atoms, A and B, are shown. Atom A is yellow and labeled $\delta+$, while Atom B is green and labeled $\delta-$. They are connected by a double-headed arrow representing a dipole bond. The interface includes several control panels:

- Vista:**
 - Enlace Dipolo \leftrightarrow
 - Carga Parcial
 - Carácter de Enlace
- Superficie:**
 - ninguno
 - Potencial Electroestático
 - Densidad del electrón
- Campo Eléctrico:**
 - off on

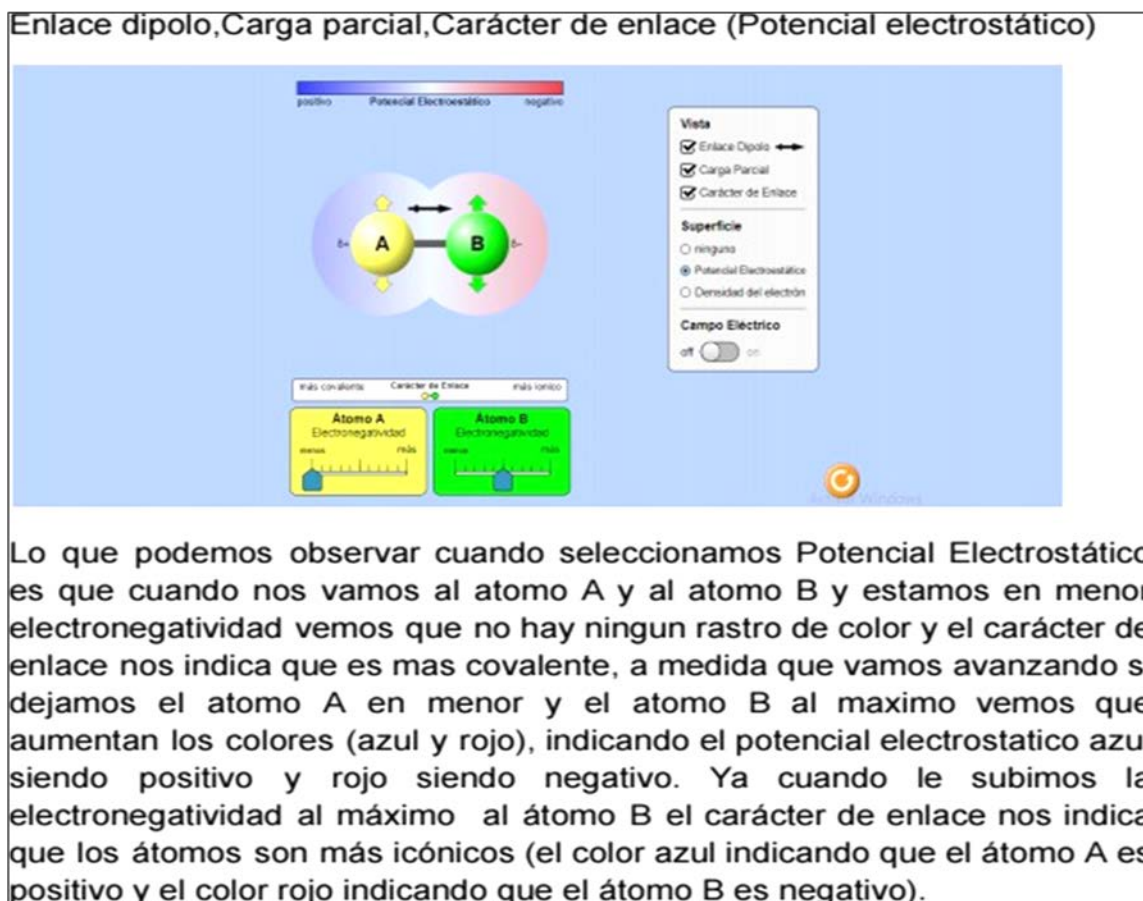
At the bottom, there are two sliders for "Carácter de Enlace" (ranging from "más covalente" to "más ionico") and two "Electronegatividad" (Electronegativity) sliders for "Átomo A" and "Átomo B", each ranging from "menos" to "más".

Generalmente, el estudiante presenta dificultades para comprender el contenido submicroscópico que representa el Enlace Químico. Estas dificultades comienzan a ser

superadas gracias al uso consciente que hace de los marcadores de la gramática visual que se encuentran estructurando el texto multimodal. De hecho, comprende la electronegatividad como una propiedad periódica que influye en el comportamiento molecular de los átomos, desde la observación experimental (**Figura 4-10**). Esto está en coherencia con los presupuestos de Holliday et al. (1994), obre el efecto de la escritura en el aprendizaje de las ciencias, pues por medio de la descripción de la imagen se deja de lado la consecución de respuestas a preguntas generadas por el profesor y se da lugar a los interrogantes que surgen del mismo sujeto investigado, quien observa y describe (**Figura 4-10**), explora y selecciona (**Figura 4-11**), interpreta (**Figura 4-12**) y analiza (**Figura 4-13**) sus propias situaciones de aprendizaje.

Figura 4-10

Lectura de un texto multimodal por parte de un estudiante, donde atiende el uso de los marcadores: color, símbolo y movimiento (Viñeta 43:6)



En la realización del ejercicio de selección en el simulador, se evidencia como cada vez que los estudiantes seleccionan un registro semiótico diferente se enfrentan a la necesidad de construir una nueva explicación sobre el texto multimodal que obtienen (**Figura 4-11**). Lo anterior, supone una gran ventaja para la interpretación del lector, quien se encuentra constantemente retado a considerar la variación de las tres metafunciones de la imagen tal como menciona Kress y Leeuwen (2017): representacional, interaccional y compositiva de la imagen.

Figura 4-11

Marcadores visuales señalados por estudiante en la exploración y selección del texto multimodal del simulador (Viñeta 55:18)

The image shows a screenshot of a simulator interface titled "Exploremos juntos este simulador". The main area displays a molecular model labeled "Nuevo registro semiótico" showing two atoms, A (yellow) and B (green), connected by a bond. A red oval highlights a double-headed arrow between the atoms, and a blue arrow points to it. The interface includes a control panel on the right with the following options:

- Vista**
 - Enlace Dipolo \leftrightarrow
 - Carga Parcial
 - Carácter de Enlace
- Superficie**
 - ninguno
 - Potencial Electroestático
 - Densidad del electrón
- Campo Eléctrico**
 - off on

At the bottom, there are two sliders for "Electronegatividad":

- Átomo A** (yellow): "Electronegatividad" slider with "menos" on the left and "más" on the right. The slider is positioned towards the "más" end.
- Átomo B** (green): "Electronegatividad" slider with "menos" on the left and "más" on the right. The slider is positioned towards the "menos" end.

En la **Figura 4-11** se puede apreciar la dimensión representacional, que es la capacidad de la imagen para representar objetos y conceptos del mundo real. En este caso, el “*nuevo registro semiótico*” (la flecha), que la estudiante encierra y nombra como tal, representa el modo “*Enlace Dipolo*” entre los átomos A y B. Por su parte, la dimensión interaccional se centra en cómo la imagen interactúa con el lector, produciendo respuestas emocionales y cognitivas. Así, en esta Figura se puede evidenciar que la estudiante selecciona y ocurre un cambio en el espacio de la imagen, que es la aparición del “*nuevo registro semiótico*”, lo cual genera inquietudes, que trata de resolver en su posterior interpretación de lo que ocurre (**Figura 4-12**). Por último, la dimensión compositiva se refiere a la organización y estructura de los elementos visuales en la imagen. En la **Figura 4-12**, la estudiante señala otros componentes de la **Figura 4-11**: los valores que ella misma ha establecido en las escalas de electronegatividad. La interrelación de estas tres dimensiones es lo que permite a la estudiante interpretar la información inmersa en la imagen, tal como lo menciona Kress & Leeuwen (2017).

Figura 4-12

Lectura e interpretación llevada a cabo por una estudiante, haciendo uso intencional de los marcadores visuales (Viñeta 55:19)

Cuando seleccionamos la vista de enlace dipolo aparece un nuevo registro semiótico que es la flecha. Cuando movemos las escalas de electronegatividad de cada uno de los átomos, puede cambiar de orientación la flecha o desaparecer. Con esto medimos la polaridad (La polaridad química o solo polar es una propiedad de las moléculas que representa la separación de las cargas eléctricas en la misma molécula. Esta propiedad está íntimamente relacionada con otras propiedades como la solubilidad, el punto de fusión, el punto de ebullición, las fuerzas intermoleculares, etc).

Cuanto la escala del átomo A esta desde la mitad hacia la izquierda (hacia el menos) y la escala del átomo B esta desde la mitad hasta la derecha (hasta el más), la flecha aparece apuntando de izquierda a derecha (desde el átomo A, hasta el átomo B).

El diagrama muestra dos átomos, A (amarillo) y B (verde), conectados por un enlace químico. Una flecha negra apunta desde el átomo A hacia el átomo B, indicando la polaridad del enlace. Alrededor de cada átomo hay flechas amarillas y verdes que indican la dirección de los ejes de electronegatividad. A la derecha del diagrama hay un panel de controles con las siguientes opciones:

- Vista:**
 - Enlace Dipolo \leftrightarrow
 - Carga Parcial
 - Carácter de Enlace
- Superficie:**
 - ninguno
 - Potencial Electroestático
 - Densidad del electrón
- Campo Eléctrico:**
 - off on

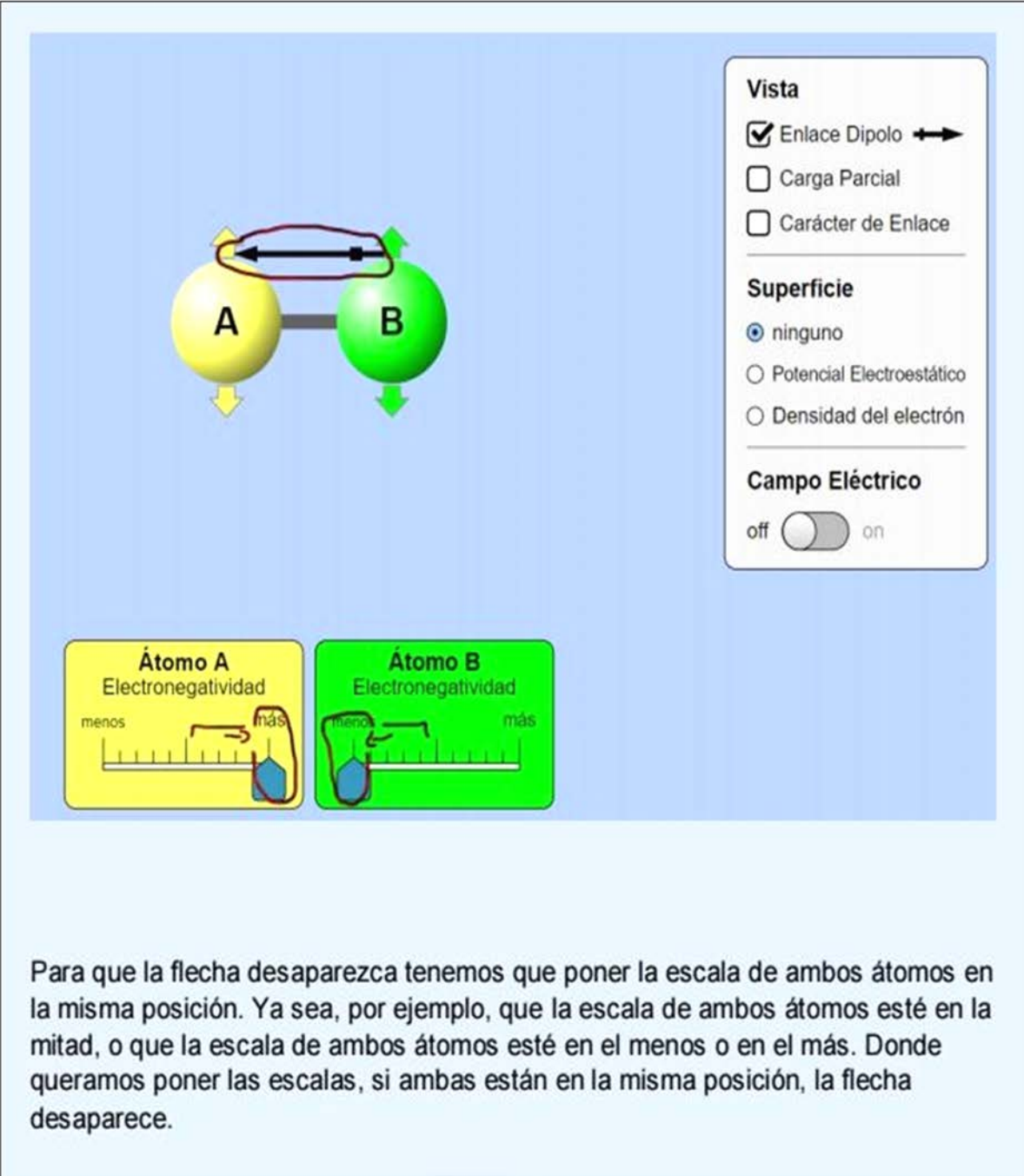
Debajo del diagrama principal hay dos escalas de electronegatividad:

- Átomo A:** Escala de electronegatividad con 'menos' a la izquierda y 'más' a la derecha. El cursor está cerca del 'menos'.
- Átomo B:** Escala de electronegatividad con 'menos' a la izquierda y 'más' a la derecha. El cursor está cerca del 'más'.

Cuando la escala del átomo A esta desde la mitad hasta la derecha (hacia el más) y la escala del átomo B esta desde la mitad hacia la izquierda (hacia el menos), la flecha aparece apuntando de derecha a izquierda (desde el átomo B, hasta el átomo A).

Figura 4-13

Análisis del símbolo del Enlace dipolo realizado por parte de una estudiante durante la lectura del simulador (Viñeta 55:5)



The image shows a simulation interface for a dipole bond. At the top center, two atoms, A (yellow) and B (green), are connected by a grey bond. A red arrow points from atom A to atom B, representing the dipole moment. Below the atoms are two scales for electronegativity, labeled 'Átomo A' and 'Átomo B'. Each scale has 'menos' (less) on the left and 'más' (more) on the right. The scales are currently at different positions, with the arrow pointing from A to B. To the right of the simulation is a control panel with the following options:

- Vista**
 - Enlace Dipolo \leftrightarrow
 - Carga Parcial
 - Carácter de Enlace
- Superficie**
 - ninguno
 - Potencial Electroestático
 - Densidad del electrón
- Campo Eléctrico**
 - off on

Para que la flecha desaparezca tenemos que poner la escala de ambos átomos en la misma posición. Ya sea, por ejemplo, que la escala de ambos átomos esté en la mitad, o que la escala de ambos átomos esté en el menos o en el más. Donde queramos poner las escalas, si ambas están en la misma posición, la flecha desaparece.

También, al interactuar con la representación del enlace dipolo en diferentes condiciones de electronegatividad, carga parcial del enlace y carácter del mismo (**Figura 4-13**) el

estudiante puede determinar cuando existe este enlace por la aparición del *símbolo* que lo representa (una flecha). Este hecho permite que el aprendiz puede dar cuenta de la relación entre el tipo de enlace y los valores de las electronegatividades.

Así mismo, la estudiante puede comprender el enlace como una fuerza caracterizada por el aumento en la densidad de electrones en uno de los elementos del compuesto, representado por el *color* negro. Dicha fuerza, se puede hacer más grande o más pequeña, dependiendo del *tamaño* que adquiere el *símbolo*, puede ver qué átomo está ejerciéndola, según *la dirección* mismo (véase **Figura 4-14**). También, puede dar cuenta del símbolo de la carga parcial, analizar la relación que tiene con la electronegatividad y con el tamaño de la fuerza (véase **Figura 4-15**).

Figura 4-14

Interpretación por parte de una estudiante de los marcadores visuales: color, símbolo y dirección de un texto multimodal generado por ella misma en el simulador (Viñeta 55:7)

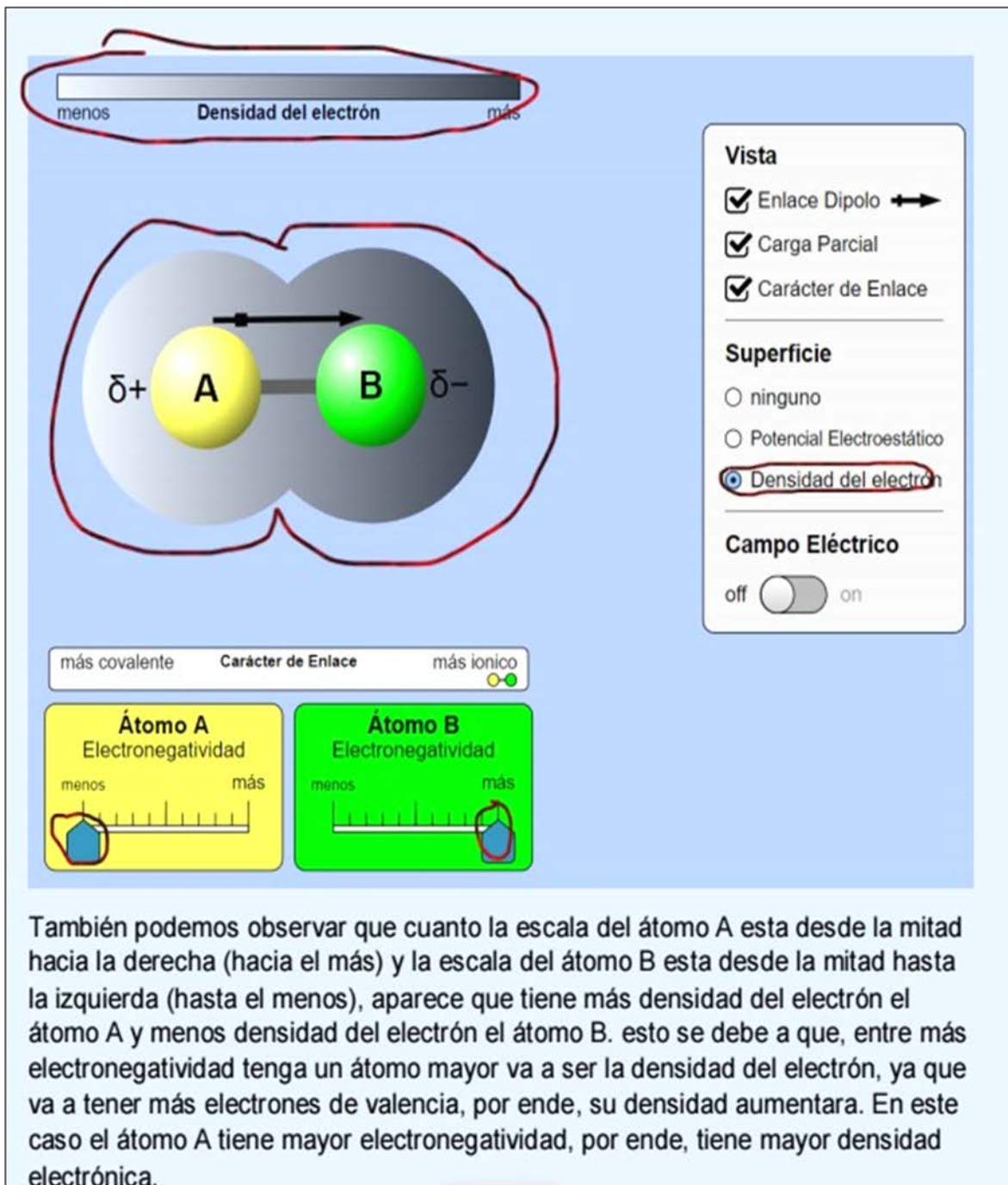


Figura 4-15

Creación de texto multimodal y análisis del símbolo de la carga parcial del enlace en diversos valores de electronegatividad, por parte de una estudiante (Viñeta 49:5)

The screenshot shows a user interface for a chemistry simulation titled "Carga parcial". At the top, there are navigation icons (home, back, forward) and a search bar. The main content area displays two scenarios of a diatomic molecule AB. In the first scenario, atom A is yellow and atom B is green. Below them are two horizontal scales for electronegativity: "Atomo A" (yellow) and "Atomo B" (green). In the second scenario, the electronegativity scales are swapped, with A being higher than B. The partial charge symbols (delta) are shown above the atoms, with their size varying according to the electronegativity difference.

La representación de la carga parcial es una letra delta minúscula del alfabeto griego

δ

De acuerdo a la variación de la electronegatividad las letras son más grandes, pequeñas o desaparecen

Cuando el átomo A está en medio y el B en menos electronegatividad se muestran las letras delta en su tamaño más pequeño

Cuando el átomo A tiene menos electronegatividad y el B tiene más, las letras delta se vuelven más grandes y visibles

En la **Figura 4-15** se evidencia la influencia del marcador visual de la *dirección* en el aprendizaje. Se observa que la estudiante activa la representación del campo eléctrico que proporciona el simulador, interactúa con los valores de la electronegatividad y selecciona tres registros semióticos: enlace dipolo, carga parcial y carácter del enlace. Al mover las escalas de electronegatividad de cada átomo, observa que la dirección del enlace dipolo cambia dependiendo de la diferencia de estos valores: en algunas ocasiones va de A a B y en otras de B a A. De la misma manera, relaciona la dirección del enlace dipolo con las cargas parciales de los átomos, se da cuenta que el símbolo siempre apunta a la carga parcial más electronegativa. Así, una vez más, la estudiante concluye que este enlace no existe cuando no hay diferencia de los valores de electronegatividad, por lo tanto, no genera ninguna carga y tampoco presenta reacción con el campo eléctrico. Por último, se puede decir que al tener una evidencia visual de cada situación que elige, se posibilita un aprendizaje en comunidad e interactivo, pues aquello que antes debía ser representado mentalmente e interpretado individualmente, ahora se representa en la pantalla, para ser discutido por todos los que lo ven (Kozma & Russell, 2005).

Figura 4-16

Análisis de la representación de un fenómeno macroscópico relacionado con el Enlace Químico a través de un texto multimodal realizado por una estudiante (Viñeta 55:15)

The image shows a simulation interface for a dipole molecule between two charged plates. The molecule consists of two atoms, A (yellow) and B (green), with partial charges δ^- and δ^+ respectively. The plates are labeled with $-$ and $+$. Handwritten red text says "Polos opuestos" (opposite poles). The control panel on the right has the following settings:

- Vista:**
 - Enlace Dipolo \leftrightarrow
 - Carga Parcial
 - Carácter de Enlace
- Superficie:**
 - ninguno
 - Potencial Electroestático
 - Densidad del electrón
- Campo Eléctrico:**
 - off on

Below the simulation, there are two electronegativity scales:

- Átomo A:** Electronegativity scale from "menos" to "más". The slider is positioned towards "menos".
- Átomo B:** Electronegativity scale from "menos" to "más". The slider is positioned towards "más".

At the bottom, a text box explains the observed movement:

También podemos observar que, cuando la escala del átomo B está en electronegatividad Más y la escala del átomo A está en electronegatividad Menos, el átomo B se va a mover hacia la lámina cargada positivamente y el átomo A se va a mover a la lámina cargada negativamente. Esto ocurre debido a que, como el átomo B tiene más electronegatividad, significa que su carga parcial es negativa, y como los polos opuestos se atraen, por eso es que el átomo B (que es de carga negativa), se atrae a la lámina con carga positiva y se mueve hacia donde esta. (Es la misma explicación anterior).

Continuación **Figura 4-15**

The screenshot shows a simulation interface with two atoms, A (yellow) and B (green), positioned between two vertical grey plates. The top plate is positively charged (+) and the bottom plate is also positively charged (+). Handwritten red annotations include "Polos opuestos" (opposite poles) with arrows pointing to the top plates, and "δ+" on atom A and "δ-" on atom B. A double-headed arrow is drawn between the atoms. The interface includes a "Carácter de Enlace" slider (set to "más covalente"), two electronegativity scales for "Átomo A" and "Átomo B" (both set to the same position), and a control panel on the right with "Vista" (checked for "Enlace Dipolo", "Carga Parcial", "Carácter de Enlace"), "Superficie" (set to "ninguno"), and "Campo Eléctrico" (toggle set to "on").

Cuando la escala de ambos átomos esta en la misma posición, no ocurre nada ya que su carga parcial vendría siendo neutra, sería enlaces covalentes, por ende, ninguno de los dos átomos se atrae a ninguna de las dos laminas.

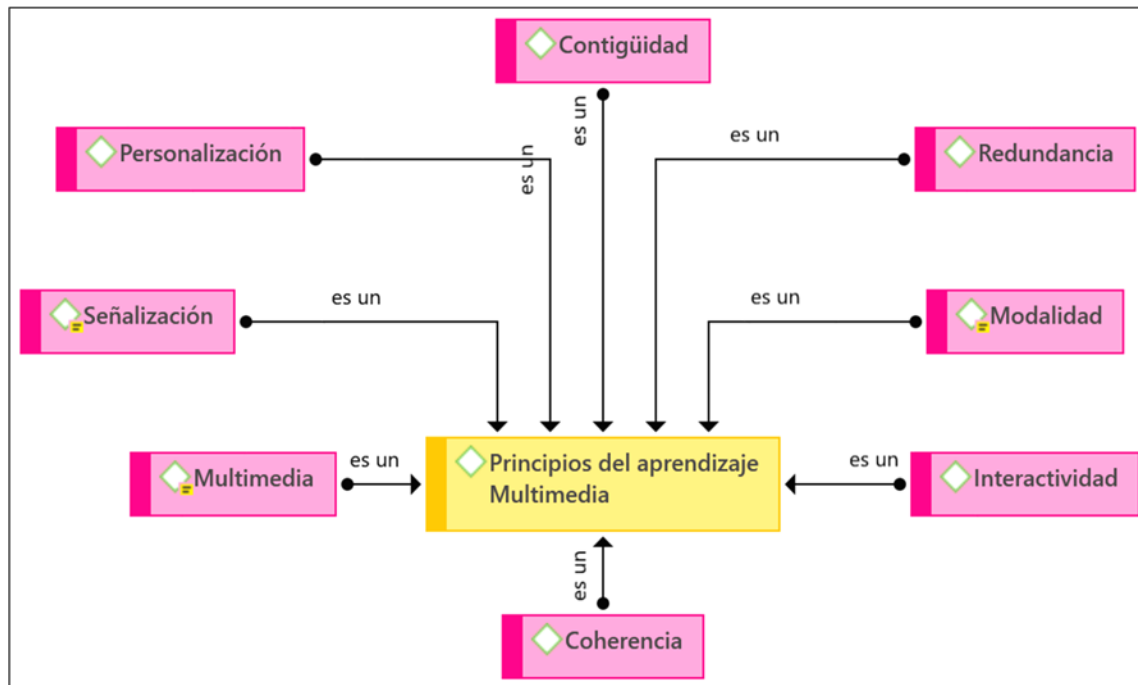
The screenshot shows the same simulation interface but with the top plate positively charged (+) and the bottom plate negatively charged (-). The atoms A and B are positioned between them. The "Carácter de Enlace" slider is now set to "más ionico". The electronegativity scales for "Átomo A" and "Átomo B" are still at the same position as in the previous screenshot. The control panel on the right has "Vista" (checked for "Enlace Dipolo", "Carga Parcial", "Carácter de Enlace"), "Superficie" (set to "ninguno"), and "Campo Eléctrico" (toggle set to "on", which is circled in red).

4.3 Principios del Aprendizaje Multimedia

La mayor parte de las actividades propuestas en el desarrollo de esta investigación van en sintonía con la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia. Lo anterior, debido a que en dichas actividades se promueve la participación activa de los estudiantes quienes se encargan de seleccionar, organizar e integrar la información proveniente de los canales duales auditivo/verbal y visual/pictórico. Además, se tiene en cuenta el concepto de la capacidad limitada en la memoria de trabajo de estos canales para el procesamiento de la información en los estudiantes (Baddeley, 1999; Paivio, 1986; Baddeley, 1999; Johnstone, 1991; Mayer, 2001). De hecho, en los resultados de este trabajo se pueden evidenciar los ocho principios del aprendizaje multimedia que usan los canales duales auditivo/verbal y visual/pictórico, según la teoría formulada por Mayer (2002) (véase **Figura 4-17**).

Figura 4-17

Red semántica de los Principios del Aprendizaje Multimedia, elaborada durante el análisis de resultados por medio del programa ATLAS.ti



De esta manera, en la “Guía 3 - *Electronegatividad*” se propone en una de las actividades, la visualización de tres videos provenientes de la plataforma YouTube, que posteriormente los estudiantes deben presentar en forma de texto multimodal, empleando palabras, gráficos, conectores, formas y demás recursos que encuentren en los videos referenciados. La **Figura 4-18** presenta uno de los textos multimodales diseñados por los estudiantes a partir de uno de los tres videos mencionados, llamado “*Química: Enlaces covalentes polares y no polares* (<https://acortar.link/mWl0jH>). En dicho texto, el estudiante asigna un título con una letra de un color y tamaño diferente, inicia con un estilo narrativo en el que resalta qué es una fuerza intramolecular, cuáles existen y define qué es el Enlace Covalente. Después, emplea un cuadro comparativo para brindar información acerca de las características de los dos tipos de Enlace Covalente: Polar y No Polar. Con este propósito utiliza imágenes provenientes del video que le permiten representar las ideas expresadas por el discurso oral que emplea.

En este texto (**Figura 4-18**) se destaca el *principio multimedia* al utilizar las palabras y las imágenes en conjunto para presentar el concepto de Enlace Covalente Polar y No Polar; se observa también el *principio de modalidad* al utilizar la narración además del texto y la imagen, en expresiones como: “*Miremos el agua por ejemplo...*”; y el *principio de señalización* al resaltar la información clave del texto con diferentes tamaños de la letra y color, así como el uso de un cuadro comparativo para identificar diferencias entre dos conceptos. Al realizar este ejercicio, el estudiante tiene la posibilidad de plasmar las ideas sobre el Enlace Covalente obtenidas a través del video, entender las uniones moleculares como fuerzas entre átomos y visualizar esta representación submicroscópica, haciendo por lo tanto más fácil su comprensión de los conceptos de Enlace Polar y No polar. Estos resultados concuerdan con lo expresado por Candela (2018b), quien menciona que el uso de estos principios apoya el diseño y desarrollo de los textos multimodales por parte de los estudiantes, direccionando la capacidad limitada de su memoria de trabajo y asistiendo el procesamiento de la información.

Figura 4-18

Texto multimodal diseñado por un estudiante, donde se evidencian los principios de Modalidad, Multimedia y Señalización (Viñeta 48:9)

ENLACES COVALENTES

POLARES Y NO POLARES

Fuerzas intramoleculares: enlaces que mantienen los átomos y compuestos justos.

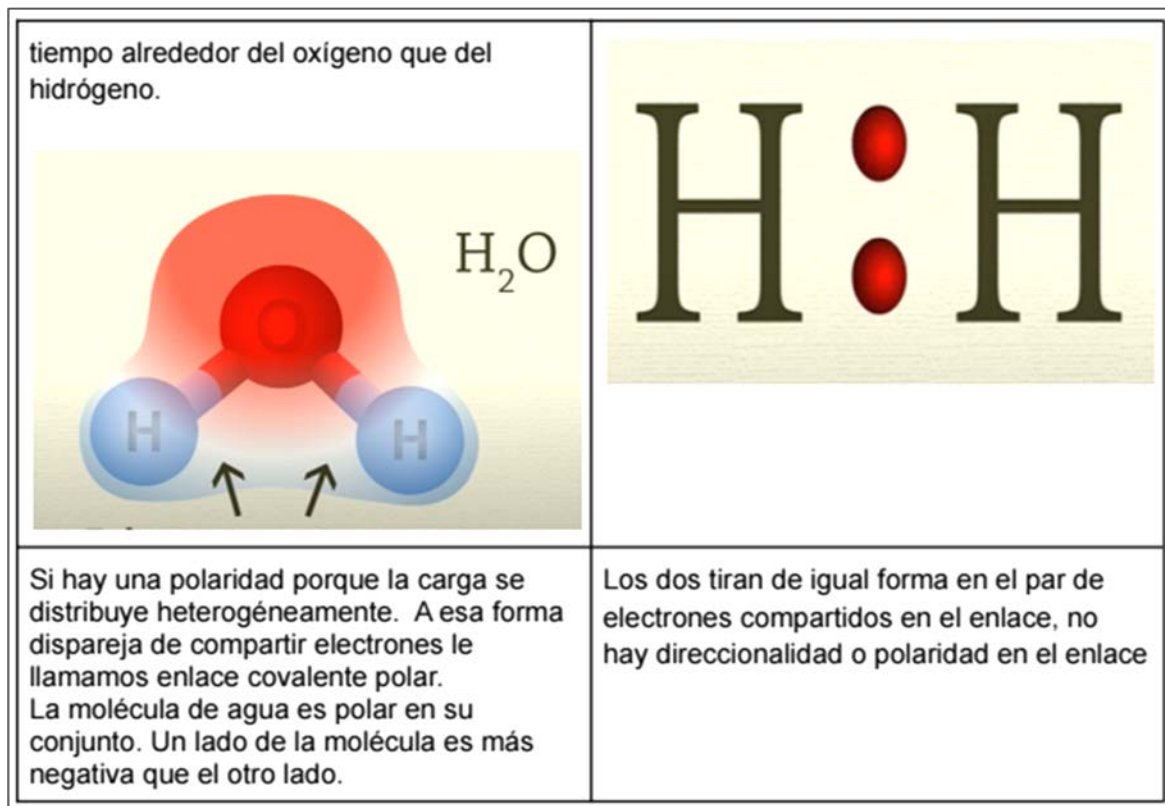
Principales tipos de fuerzas intramoleculares: enlaces iónicos, **COVALENTES** y metálicos.

ENLACES COVALENTES

Son enlaces estables, los átomos enlazados alcanzan una configuración de gas noble al compartir electrones. En el enlace covalente los átomos comparten sus electrones de valencia.

POLAR	NO POLAR
Un enlace covalente en el que los electrones se comparten desigualmente se denomina enlace covalente polar.	Si son idénticos los dos átomos en un enlace covalente, poseen exactamente la misma electronegatividad el uno con el otro. El enlace entre 2 átomos idénticos se denomina enlace covalente no polar.
Miremos al agua por ejemplo H ₂ O El oxígeno es mucho más electronegativo que el hidrógeno, por lo que los electrones en los enlaces covalentes pasan mayor	Por ejemplo, el hidrógeno existe en la naturaleza como una molécula diatómica, el H ₂ .

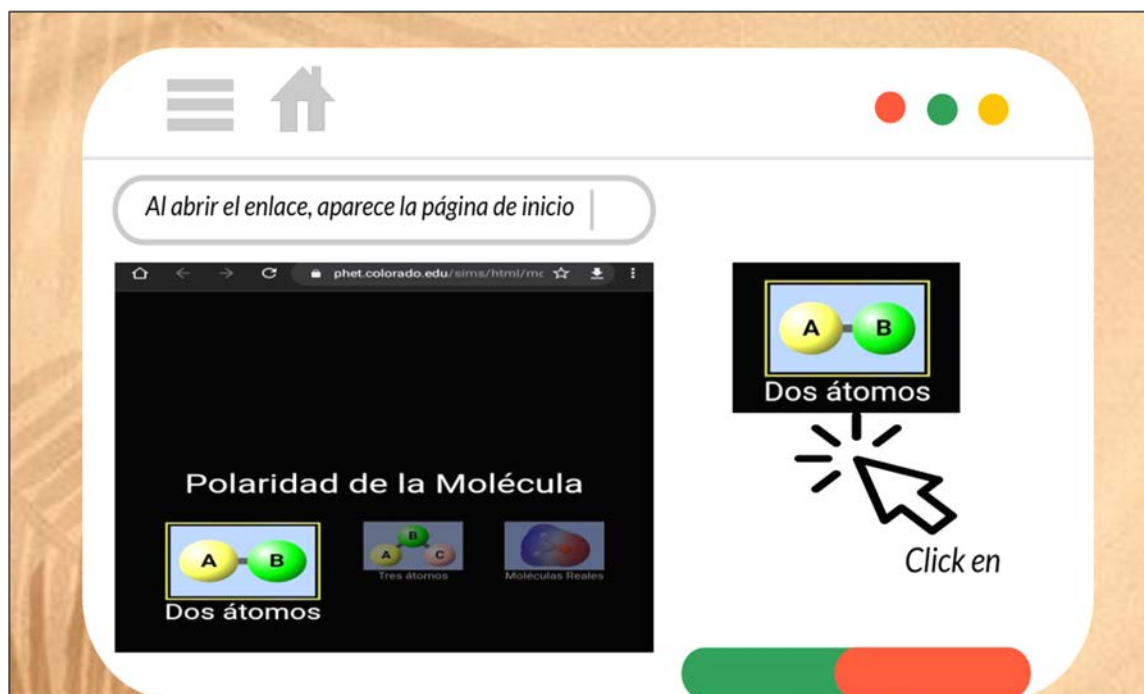
(Continúa)

Continuación **Figura 4-18**

Así mismo, en el desarrollo de otra de las actividades propuestas en la “*Guía 3 - Electronegatividad*”, los estudiantes deben construir una guía explicativa del simulador de electronegatividad del PhET (<https://acortar.link/l6tlhn>) para evidenciar una lectura comprensiva del mismo. En la **Figura 4-19** se presenta una de las páginas iniciales de dicha guía explicativa construida por una estudiante, donde aplica *el principio de señalización* al integrar una flecha al diseño, para representar la sección que se va a seleccionar y explorar, destacándolo como un paso importante en el desarrollo de la actividad. *El principio de interactividad* también se encuentra presente debido a que es un simulador que permite controlar las representaciones que el estudiante lee. Esto influye en la comprensión del concepto, ya que dispone del tiempo que requiere para encontrar sentido a la representación que escoge y cómo esta a su vez podría relacionarse con otros niveles de representación y diferentes modos semióticos (Candela, 2023).

Figura 4-19

Texto multimodal diseñado por una estudiante, donde se evidencian los principios de Señalización e Interactividad (Viñeta 49:1)



Los principios del aprendizaje multimedia también se evidencian en dos de las actividades que se propone a los estudiantes durante el desarrollo de la investigación en la “*Guía 4 - Geometría molecular*”. En estas actividades, se emplea el simulador *Biomodel* (<https://acortar.link/KImZos>) cuya función es construir moléculas en 3D a partir de su representación en 2D y viceversa. Otra posibilidad de uso más sencilla, se encuentra sólo digitando el nombre en inglés de la molécula requerida para generar las dos representaciones (2D y 3D), tal como los estudiantes lo hacen en el desarrollo de esta investigación.

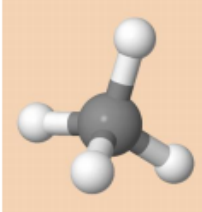
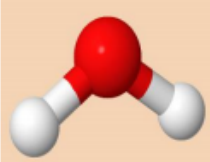
En la primera actividad relacionada con dicho simulador, los estudiantes deben diseñar un cuadro sobre el CO_2 , H_2O , NH_3 , y CH_4 en el que brinde la siguiente información sobre la sustancia: nombre, imágenes en 3D (obtenidas del simulador *Biomodel*), identificación de

su geometría molecular, descripción de la estructura química y explicación de la importancia de dicha estructura en sus propiedades físicas y químicas, a continuación se muestran algunas figuras que hacen parte de los resultados obtenidos por algunos de los estudiantes en este ejercicio (**Figura 4-20- Figura 4-22**).

En la **Figura 4-20** un grupo de 4 estudiantes diseña un cuadro de cinco columnas para dar cumplimiento a los requisitos de información solicitados, en este aparece de primero la representación modelica en 3D, antes que la representación simbólica y el nombre de la sustancia; esto indica el orden principal de sus ideas en la presentación. La descripción de la estructura es limitada (sólo usa palabras), además la información requerida sobre la importancia de la estructura para las propiedades físicas y químicas de las sustancias, es confundida con la importancia de la sustancia para el medio ambiente. Este resultado es un ejemplo del principio *de interactividad*; por el uso del simulador que permite girar las imágenes para ver la estructura desde distintos puntos, y el *principio de multimedia*; por el uso simultaneo de imágenes y palabras.

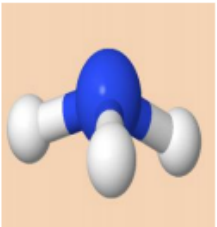
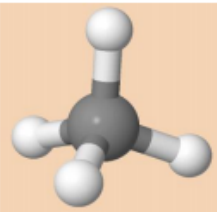
Figura 4-20

Texto multimodal construido por cuatro estudiantes, donde se evidencian los principios de Interactividad y Multimedia (Viñeta 59:1)

ilustración	molécula	Nombre	descripción	Importancia
	CO2	dióxido de carbono	Consiste en un átomo de carbono unido a dos átomos de oxígeno, O = C = O. Aunque el dióxido de carbono se encuentra principalmente en forma gaseosa, también se presenta en forma sólida y líquida.	Es fundamental para la supervivencia de plantas y animales. Las plantas y los animales necesitan ingerir dióxido de carbono, pero también dependen de él para calentarse
	H₂O	Agua	Un átomo de oxígeno unido a dos átomos de hidrógeno. Una molécula de agua tiene una carga positiva en un lado y una carga negativa en el otro, una propiedad que hace que sus moléculas se unan.	El agua esencial para el mantenimiento y reproducción de la vida en el planeta porque es necesario para el desarrollo de procesos biológicos.

(Continúa)

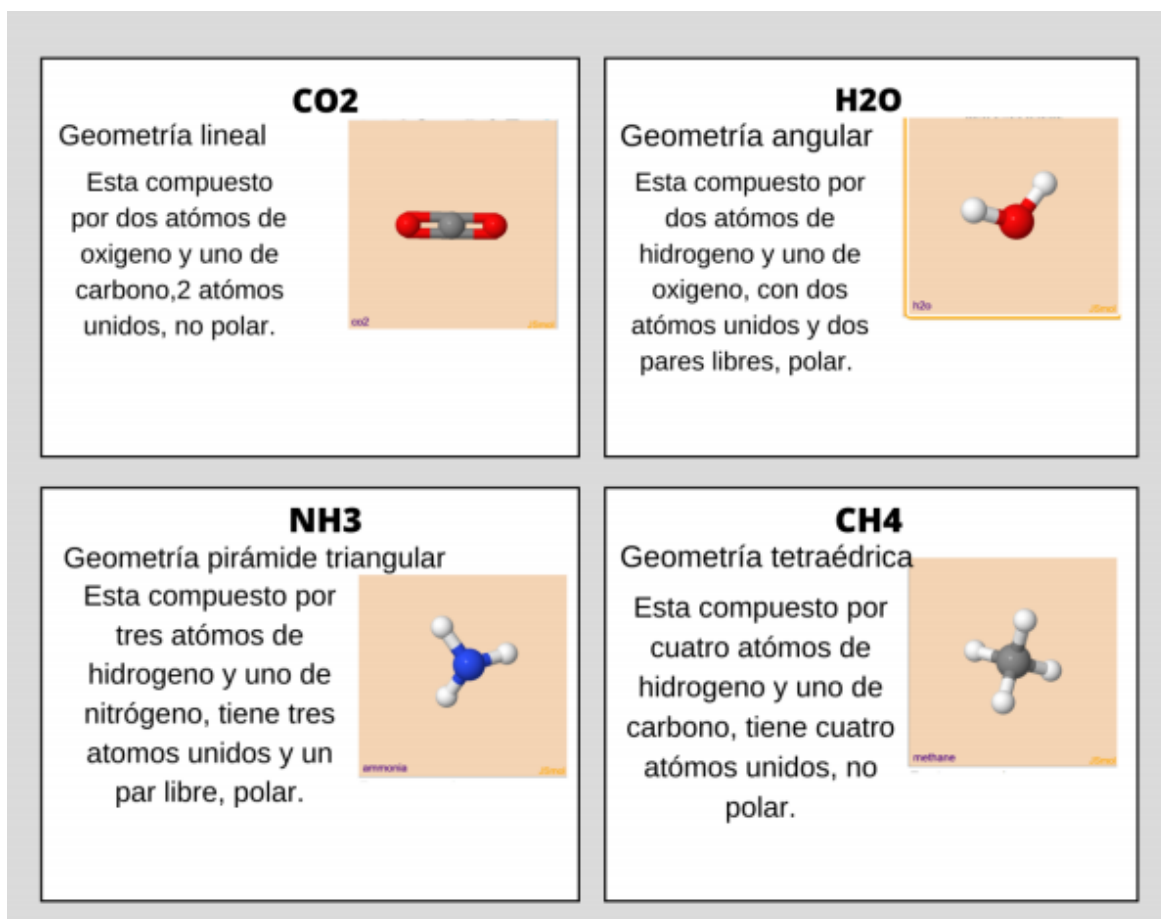
Continuación **Figura 4-20**

	NH ₃	Amoniaco	Compuesto químico cuya molécula está formada por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de hidrógeno (H) según la fórmula NH ₃ . La molécula no es plana sino tetraédrica con un vértice vacío, lo que se debe a la formación de orbitales híbridos sp ³ .	Importante para plantas, animales y humanos. Se encuentra en el agua, el suelo y el aire, y es una fuente esencial de nitrógeno para plantas y animales.
	CH ₄	Metano	Es el hidrocarburo saturado que tiene una cadena más corta que existe. Su fórmula química es CH ₄ , donde cada átomo de hidrógeno está unido a un átomo de carbono a través de un enlace covalente.	ofrece un gran beneficio al medio ambiente, ya que produce más energía calorífica y lumínica por masa que cualquier otro hidrocarburo o combustible fósil

En otro de los resultados (**Figura 4-21**), se presenta un diseño de contenido realizado de manera cooperativa, por dos estudiantes en el que se observa una división sencilla del cuadro en cuatro partes iguales, donde se presenta la información correspondiente a cada una de las sustancias propuestas. Si bien este texto multimodal presenta limitaciones como la información incompleta respecto a las condiciones solicitadas, se destaca por la identificación de la geometría molecular de las sustancias y la distribución sencilla en el diseño que proponen. Este texto multimodal es un ejemplo del uso *del principio de señalización y multimedia* pues define claramente las geometrías como información importante en el texto de acuerdo a las imágenes obtenidas en el simulador.

Figura 4-21


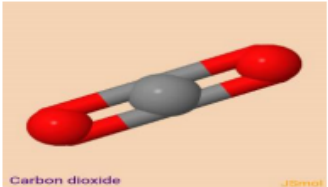
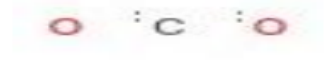

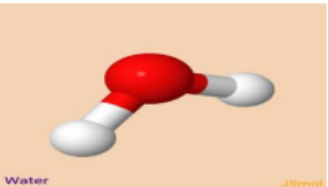
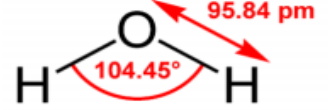
Texto multimodal construido por dos estudiantes con el simulador Biomodel, donde se evidencian el principio de Señalización y Multimedia (Viñeta 62:2)



Finalmente, al analizar un resultado de esta misma actividad donde una estudiante trabaja de manera individual (**Figura 4-22**), se presenta un diseño de tres columnas en el que se pueden apreciar mayores aportes en cuanto a la información solicitada. Aunque ella no presenta la importancia de la estructura molecular para las propiedades físicas y químicas de cada una de las sustancias propuestas, enriquece su trabajo con diferentes imágenes que complementan las obtenidas en el simulador. Además, enumera las figuras, representa simbólicamente y macroscópicamente la sustancia por medio de imágenes. Un análisis más exhaustivo de la **Figura 4-22** se encuentra en la **Tabla 4-2**.

Figura 4-22

Texto multimodal construido por una estudiante con imágenes obtenidas en el simulador Biomodel. Evidencia de los Ocho Principios del Aprendizaje Multimedia (Viñeta 60:1).

Nombre	Descripción	Geometría molecular
<p style="text-align: center;">Dióxido de Carbono CO₂</p> 	<p>Compuesto de Carbono y Oxígeno que es incoloro carece de olor. Está presente de forma natural y forma parte esencial de nuestro organismo. Pero actualmente hay una problemática ambiental con el CO₂.</p>	<p style="text-align: center;">Lineal 180°</p>  <p style="text-align: center;">Fig 1. Representación 3D</p>  <p style="text-align: center;">Fig 2. Representación 2D</p>
<p style="text-align: center;">Agua H₂O</p> 	<p>Es una sustancia líquida que posee 2 átomos de Hidrógeno y uno de oxígeno, que se unen mediante enlace covalente. Además las moléculas de agua tienen la capacidad de formar puentes de Hidrógeno.</p>	<p style="text-align: center;">Angular en forma de V 105°</p>  <p style="text-align: center;">Gráf 3. Representación 3D</p>  <p style="text-align: center;">Gráf 4. Representación 2D</p>

(Continúa)

Continuación Figura 4-22


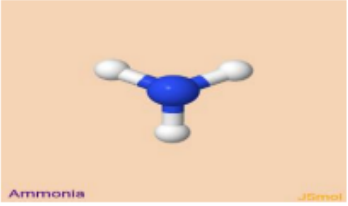
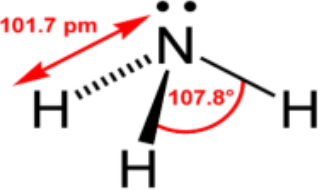

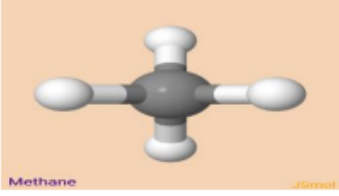
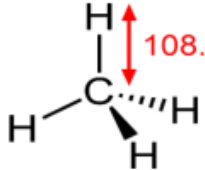
Nombre	Descripción	Geometría molecular
<p data-bbox="358 663 506 726">Amoniaco NH₃</p> 	<p data-bbox="680 596 938 968">Es una molécula que está formada por un átomo de Nitrógeno y 3 de Hidrógeno. Tiene un olor bastante fuerte y se encuentra presente en productos como detergentes, pintura, solventes, explosivos y tintes de cabello.</p>	<p data-bbox="1013 562 1274 625">Piramidal trigonal 109°</p>  <p data-bbox="987 873 1295 905">Fig 5. Representación 3D</p>  <p data-bbox="992 1146 1295 1178">Fig 6. Representación 2D</p>
<p data-bbox="378 1360 487 1423">Metano CH₄</p> 	<p data-bbox="680 1325 938 1734">Es un hidrocarburo inflamable y no tóxico que se produce de manera natural por descomposición de la materia orgánica y es el principal componente del gas natural. Se utiliza con fines industriales.</p>	<p data-bbox="1052 1255 1235 1318">Tetraédrica 109°</p>  <p data-bbox="987 1566 1305 1598">Gráf 7. Representación 3D</p>  <p data-bbox="987 1808 1305 1839">Gráf 8. Representación 2D</p>

Tabla 4-2

Análisis de los principios de aprendizaje multimedia empleados por la estudiante en la Figura 4-21.

Principios de Aprendizaje Multimedia	Acción metacognitiva	Ejemplos Figura 4-21
1. Multimedia	Emplea las palabras y las imágenes en conjunto para comunicar un concepto.	Las dos representaciones modélicas (2D y 3D) en la tercera columna para acompañar la descripción de la Geometría molecular.
2. Contigüidad	Emplea imágenes que se muestran de forma entrelazada con las palabras.	Las imágenes se utilizan en la primera y tercera columna con el propósito de comunicar un concepto.
3. Coherencia	Exclusión de palabras extrañas, que no tengan una explicación en el texto.	Se utiliza un lenguaje sencillo y gráficas que explican lo que la estudiante describe.
4. Modalidad	Emplea la narración además del texto y la imagen	Observe la forma en que describe las sustancias en la columna dos.
5. Redundancia	Reduce la cantidad de texto a una sola columna.	Observe que el texto explicativo solo aparece en la columna dos.
6. Interactividad	Usa el simulador <i>Biomodel</i> para representar algunas sustancias en 3D	La estudiante mueve las representaciones modélicas en 3D y decide cómo toma su captura.
7. Señalización	Señala pasos claves en el texto.	Observe las flechas que indican la separación de los ángulos.

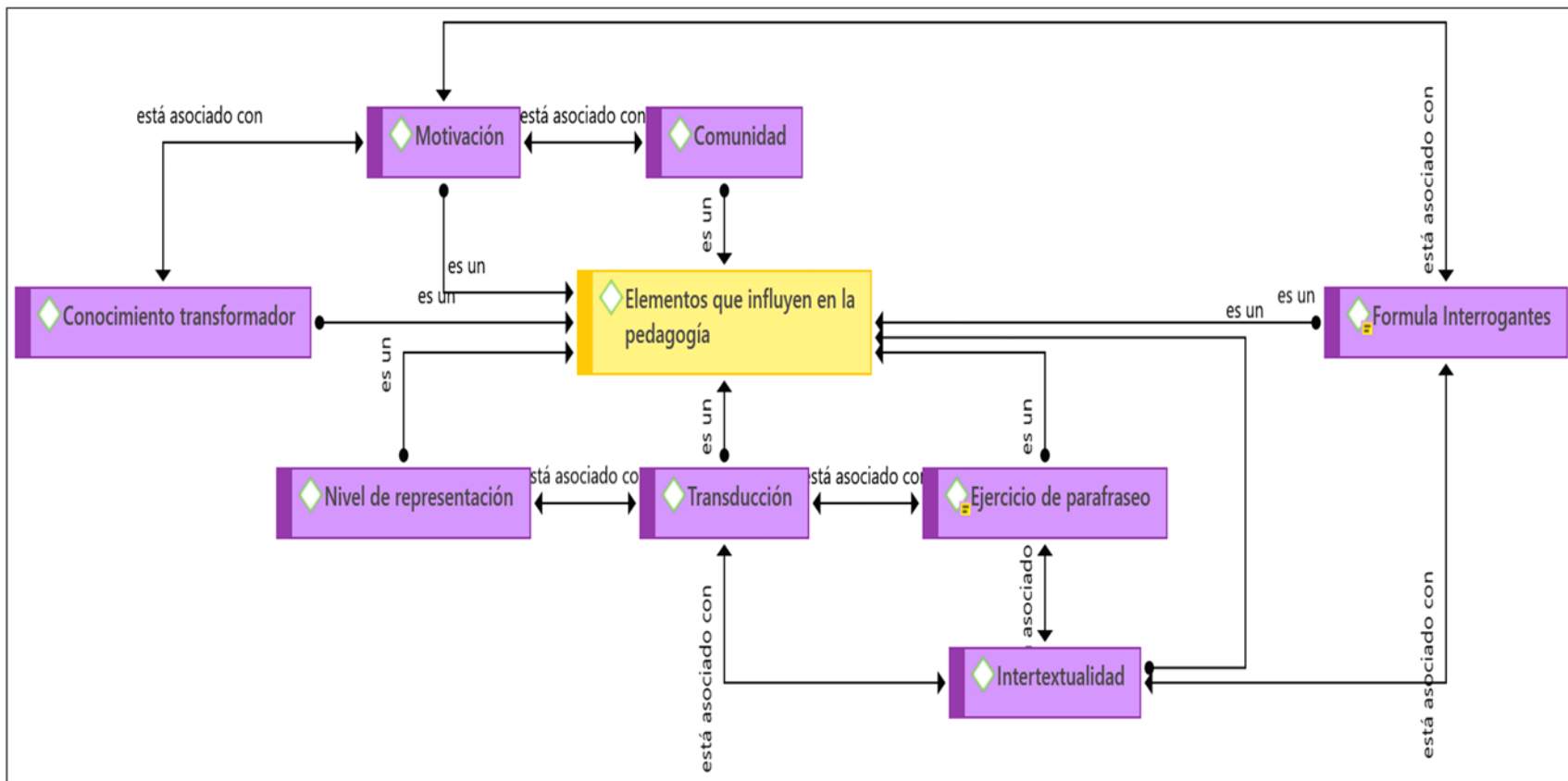
8. Personalización	Presenta un estilo informal y conversacional	Observe el estilo informal de la fórmula química del Dióxido de Carbono, (representación simbólica) representada con humo.
--------------------	--	--

En cuanto a estos resultados, se puede decir que el uso y reconocimiento de los diferentes modos semióticos por parte de los estudiantes, son necesarios para la construcción y diseño de textos multimodales, pues permite su enculturación en el campo de las ciencias y una mejor comprensión del tema que busca representar (Candela, 2023).

4.4 Elementos que influyen en la pedagogía

Figura 4-23

Red semántica de los Elementos que influyen en la pedagogía, elaborada durante el análisis de resultados por medio del programa ATLAS.ti



Una de las categorías consideradas en los resultados del presente trabajo incluye el análisis de los elementos que influyen en la pedagogía empleada en esta investigación. Según el análisis realizado en el programa ATLAS.ti estos elementos son: comunidad, formulación de preguntas, intertextualidad, ejercicios de parafraseo, niveles de representación, transducción, conocimiento transformador y motivación (véase **Figura 4-23**).

La construcción de una *comunidad* de aprendizaje es esencial para crear un entorno en el que los estudiantes se sientan seguros, *motivados* y apoyados, tal como se ve en una de las respuestas a una pregunta de la encuesta de valoración del contenido (Véase *Viñeta 67:3*).

P: ¿Qué aspectos del contenido de Enlace Químico te resultaron más útiles?

E1: La metodología de trabajo en equipo ayudó a que nos sintiéramos más seguros de lo que hacíamos y en caso de tener dudas consultábamos con el grupo o directamente con la docente. (Viñeta 67:3)

Estos resultados evidencian la importancia de la existencia de una comunidad en la enseñanza, pues se reconoce la comunicación como parte importante en el aprendizaje, así como, la estrecha relación entre el lenguaje y el pensamiento. De esta manera, se deja de lado la definición tradicional del aprendizaje como adquisición de conocimientos “verdaderos” y elaborados, donde no hay lugar para la expresión de las propias ideas o dudas. Se fomenta el aprendizaje como un proceso continuo donde es necesaria la participación, colaboración y comunicación de todas las ideas acerca de la explicación de un fenómeno en particular, para finalmente comparar los diferentes puntos de vista coherentes para cada uno desde su perspectiva y acercar estas opiniones a partir de la construcción de su propia explicación (Sanmartí, 1996).

La formulación de preguntas es otro de los elementos que influyen en la pedagogía de este trabajo investigativo. Se trata de una habilidad clave que les permite a los estudiantes indagar, explorar y profundizar su comprensión del tema, fomentando así el pensamiento reflexivo y la búsqueda activa de conocimiento. De hecho, como parte de la pedagogía empleada en esta investigación, los estudiantes deben formular tres preguntas a partir del texto multimedial llamado “*Practica No. 4 Enlaces Químicos*” (Video1, <https://acortar.link/qSqNOO>) en la “*Guía 2-Tipos de Enlace Químico*”. En la *Viñeta 30:8* se

muestran cuatro condiciones con las que deben cumplir dichas preguntas, así como la realización del ejercicio por parte de tres estudiantes.

P: Formula tres preguntas acerca del video 1 que cumplan con las siguientes condiciones:

- 1. No se responden con un sí o con un no*
- 2. No se responden con una afirmación del video*
- 3. Estén relacionadas con los tipos de Enlace Químico*
- 4. Estén relacionadas con los experimentos presentados en el video 1*

E1: ¿Por qué el ácido sulfúrico es considerado peligroso?

E2: ¿ Para qué sirve el agua destilada?

E3: ¿Por qué algunas sustancias no se comportan como electrolitos? (Viñeta 30:8)

En la *Viñeta* anterior se observa cómo las preguntas de dos estudiantes (E1 y E2), aunque cumplen con tres de las cuatro condiciones solicitadas, no se ven relacionadas con los tipos de Enlace Químico (tercera condición). Sin embargo, a partir de estas preguntas se puede cuestionar al estudiante sobre cómo se podría relacionar el tipo de Enlace Químico con el Ácido Sulfúrico o con el Agua destilada (función cognitiva) y cómo reformular su propuesta para que cumpla esa condición (función metacognitiva). Este ejercicio requiere un esfuerzo de atención de los aprendices, pues deben examinar con detalle el texto multimedia para proponer una pregunta adecuada y un uso reflexivo de la semántica para que la formulación implique el cumplimiento de todas las condiciones establecidas.

En la siguiente *Viñeta* se muestran las preguntas formuladas en el desarrollo de este mismo ejercicio por parte de una sola estudiante, que quiso trabajar de manera individual desde el inicio de la investigación. Cabe resaltar que dicha estudiante tuvo que trasladarse en esta época para otra ciudad en el sur de Colombia por un cambio de empleo de su papá, donde la conectividad es limitada. Sin embargo, siempre se destacó por la presentación de sus trabajos, responsabilidad y participación en las socializaciones hechas a través de la herramienta Google Meet.

E4: Preguntas:

- *En el video nos nombran tres tipos enlaces químicos, los cuales son: iónico, covalentes y metales...pero para poder entender bien el tema sobre los tipos de enlaces químicos, debemos saber ¿Qué es un enlace químico?*
- *Mediante la práctica del experimento debíamos diferenciar las sustancias que tienen enlace iónico y las que tiene enlace covalente, esto lo debíamos hacer mediante el análisis de una propiedad, que es el carácter electrolítico que tienen algunas sustancias cuando están en estado líquido o cuando forman soluciones acuosas... ¿Cuándo hablamos de electrolítico a que nos referimos?*
- *En las pruebas de conductividad eléctrica, que se podía observar en los diferentes tipos de enlaces químicos, antes de iniciar, es importante saber y comentar que dentro de su protocolo de práctica se presenta un rombo de seguridad; en este rombo de seguridad podemos observar que, tanto el ácido sulfúrico como el ácido clorhídrico, están considerados como reactivos muy peligrosos...pero, ¿Por qué estos dos ácidos son considerados reactivos peligrosos? (Viñeta 12:1).*

Observe que a pesar de que la última pregunta no cumple con la tercera condición pedida por la docente, la estudiante formula todas sus preguntas contextualizando al lector de la situación. Esto le da argumento de partida a sus inquietudes lo que hace que pueda encontrar más fácilmente los interrogantes que cumplen con las condiciones requeridas. Además, formula sus preguntas teniendo en cuenta una estructura de orden de importancia, iniciando por el concepto de Enlace Químico que es el eje central del contenido y derivando a cuestiones específicas como el significado de “electrolito”. De esta manera, en los resultados prácticos de este ejercicio se promueve el desarrollo de la competencia representacional, pues los aprendices deben hacer uso semántico de las representaciones formales al redactar la pregunta, así como uso reflexivo y retórico de las mismas, al decidir si sus interrogantes son apropiados o no, de acuerdo a las condiciones dadas (Kozma & Russell, 2005).

Los estudiantes también emplean continuamente la *intertextualidad* y el *ejercicio de parafraseo* como estrategias de comprensión lectora en esta investigación. Mediante la *intertextualidad*, se da lugar a la conexión entre diferentes textos y conocimientos por

medio del lenguaje en las comunidades. Por lo tanto, los estudiantes deben familiarizarse con las prácticas discursivas de la comunidad científica, aprender a reconocer y seleccionar los sistemas de textos relacionados y construir sus propios significados (Lemke, 1992). Es así como el ejercicio de la formulación de preguntas, es seguido por la solicitud explícita de la docente, de consultar y seleccionar textos en los que el estudiante encuentre lo que considera una respuesta a sus inquietudes (véase *Viñeta 30:10* y **Figura 4-23**). Posteriormente debe construir su propia respuesta a través del parafraseo a partir de lo que encontró y seleccionó en su investigación.

P: Investiga para responder cada una de las preguntas que formulaste en el punto anterior: Copia y pega el texto que encuentres, enciérralo entre comillas y coloca la dirección de la página o referencia.

*E1: La información se presenta en la **Figura 4-23** por cuestión de derechos de autor*

En el análisis de resultados se observa que los estudiantes que se caracterizan por tener más de dos fuentes para dar solución a sus preguntas, demostrando dominio del uso de la intertextualidad en su búsqueda y selección de textos, generalmente tienen una mayor facilidad en el ejercicio de parafraseo, pues cuentan con más vocabulario e ideas acerca del mismo tema (Lemke, 1992). Además, debido a que los estudiantes realizan el ejercicio de parafraseo a partir de sus propias preguntas, se promueve la comprensión del contenido, el pensamiento crítico respecto a cuán apropiado es un texto para resolver sus preguntas, así como su producción escrita sobre lo que comprende (véase *Viñeta 30:5*).

P: Procede a parafrasear cada una de las respuestas que investigaste en el punto anterior.

*E1: El ácido sulfúrico se obtiene por el ácido de azufre, es peligroso porque su disociación de acidez mide la fuerza en la que el ácido puede actuar, ya que es su capacidad para ceder protones, causando varias irritaciones en la piel, quemaduras y si el ácido sulfúrico llega a tener algún contacto en tu interior puede producir un agujero en tu estómago, porque mientras más capacidad de ceder protones tiene el ácido, más energía tendrá, ocasionando la quemadura. (*Viñeta 30:5*)*

Figura 4-24

Búsqueda y selección de textos en internet por parte de una estudiante, relacionados con la pregunta de su interés (Viñeta 30:10)

R// “El ácido sulfúrico generalmente se obtiene a partir de dióxido de azufre, por oxidación con óxidos de nitrógeno en disolución acuosa. Normalmente después se llevan a cabo procesos para conseguir una mayor concentración del ácido. Antiguamente se lo denominaba *aceite* o *espíritu de vitriolo*, porque se producía a partir de este mineral.”

“Es peligroso porque el ácido sulfúrico concentrado puede encenderse o explotar cuando entra en contacto con muchas sustancias químicas, como por ejemplo acetona, alcoholes y algunos metales finamente divididos. Cuando se calienta emite vapores sumamente tóxicos, entre los que se incluye el anhídrido sulfúrico. El ácido sulfúrico y otros ácidos son muy corrosivos e irritantes y afectan directamente el área de la piel, los ojos, y de las vías respiratorias y el tubo digestivo con la que entran en contacto si ocurre exposición a concentraciones suficientes. Respirar vapores de ácido sulfúrico puede producir erosión de los dientes e irritación de las vías respiratorias. Beber ácido sulfúrico concentrado puede quemar la boca y la garganta y puede producir un agujero en el estómago y producir la muerte. Si usted toca ácido sulfúrico, le quemará la piel.”

“Lo que determina la capacidad de cada ácido para producir esas consecuencias es la constante de disociación o constante de acidez. Esta constante de disociación es la medida de la fuerza de un ácido en disolución, o lo que es lo mismo su capacidad de donar protones a la solución con la que entra en contacto. Todos sabemos que el ácido sulfúrico puede hacer agujeros y eso es porque tiene una constante de disociación muy alta, sin embargo, si te cae en la piel ácido acético solo te provoca una irritación y eso es porque su constante de disociación, su capacidad de ceder protones al medio con el que entra en contacto, es mucho más baja que la del sulfúrico. Cuantos más protones cede un compuesto, mayor es la reacción química que se produce y mayor su producción de energía y, por lo tanto, más capacidad de producir corrosión.”

Fuentes: https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulf%C3%BArico
https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs117.html
https://elpais.com/elpais/2019/04/15/ciencia/1555320127_207351.html

La *transducción* es uno de los medios para la enculturación científica de los estudiantes de la escuela primaria y secundaria. Ésta se caracteriza por un cambio en la representación de un modo(s) a otro(s), por ejemplo, un texto a una representación gráfica (Candela, 2023). Este elemento también hace parte de la pedagogía empleada en esta investigación y se puede observar trabajando en conjunto con la *intertextualidad*, en el desarrollo de la

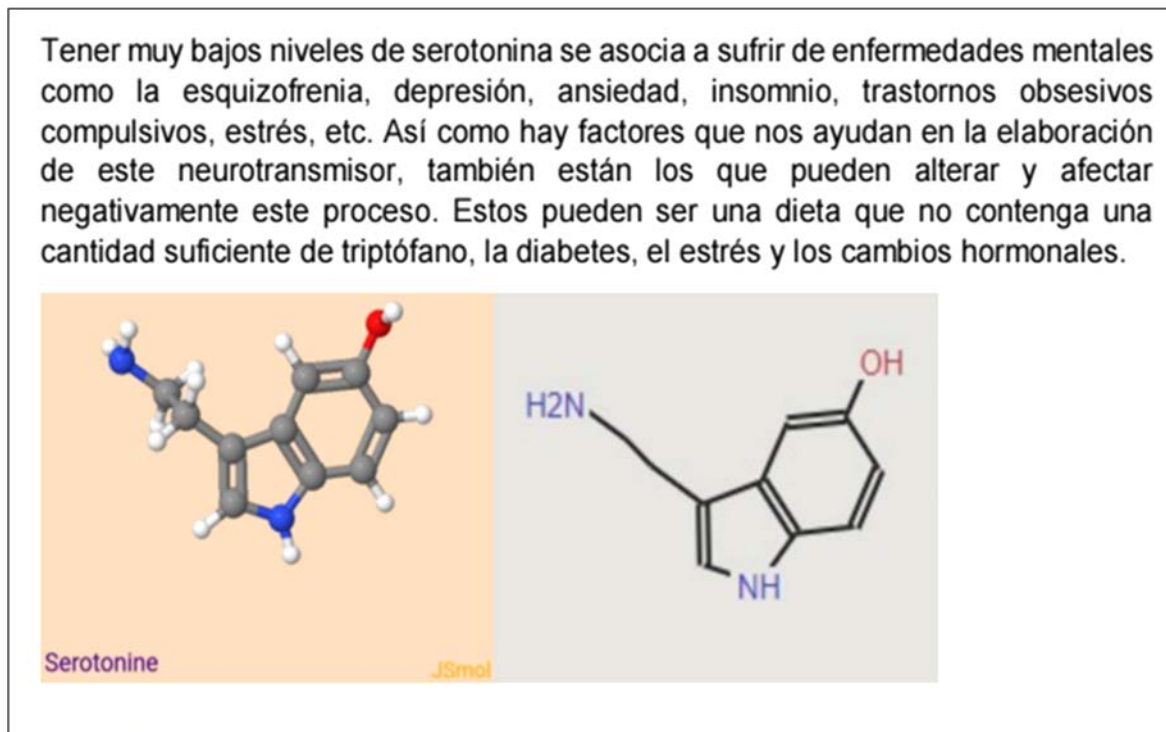
“*Guía 4 - Geometría Molecular*”. En esta actividad, los estudiantes emplean el simulador de *Biomodel* para obtener representaciones de sustancias bioquímicas que cumplen una función específica en el organismo humano. Para llevar a cabo el ejercicio reciben inicialmente tres enlaces de internet que pertenecen a lecturas relacionadas con las siguientes hormonas: Oxitocina, Dopamina y Serotonina, respectivamente. La instrucción dada por parte de la docente consiste en escoger uno de estos recursos, para construir un texto multimodal de naturaleza científica. Dicho texto debe contener las siguientes características:

- Un título diferente al texto escogido originalmente.
- Mínimo tres párrafos donde parafrasee la información leída (esto debe hacerlo teniendo en cuenta que los párrafos deductivos se componen de una idea principal al inicio y mínimo dos secundarias).
- Las imágenes modélicas generadas en el simulador *Biomodel* (2D y 3D) de la hormona asociada al texto seleccionado.
- La descripción de la estructura molecular de la sustancia usando diferentes registros semióticos para explicar los enlaces presentes en ella.

En la **Figura 4-24**, se observa como el estudiante relaciona las sustancias químicas en 2D y 3D en el contexto de la biología humana a través de los *diferentes niveles de representación de la química y el parafraseo*. Esto le permite observar el Enlace Químico en una situación vivencial, como el desarrollo de una enfermedad mental. Así mismo, las **Figuras 4-25** a la **4-27** son textos multimodales diseñados por estudiantes en este ejercicio. Observe como en la **Figura 4-25** la estudiante hace uso de los principios multimodales para dar a conocer la Dopamina como una “gran biomolécula” al final de su diseño; en la **Figura 4-26** la estudiante integra visualmente las representaciones modélicas y submicroscópicas (2D y 3D) en el contexto de las relaciones afectivas y la maternidad; y en la **Figura 4-27** el estudiante presenta otra reinterpretación del texto original de la Dopamina dando mayor protagonismo a la descripción química de la molécula.

Figura 4-25

Conexión de las representaciones químicas en el contexto de biología humana, en un ejercicio de parafraseo por parte de un estudiante (Viñeta 61:3)



Los aprendices logran desarrollar un cambio potencial en el significado del texto original, a través de *la transducción* y el diseño multimodal. Así, al emplear las representaciones en 2D y 3D generadas por el simulador *Biomodel* de la hormona en consideración, se accede tanto a las ventajas como limitaciones que posibilite el modo semiótico utilizado, por lo tanto, se puede reinterpretar el significado del texto original en el nivel submicroscópico de la química (Candela, 2023). Al asistir a los estudiantes en *la transducción* multimodal de lo que leen, se da lugar a la apropiación de un contenido en particular, en este caso el Enlace químico (Tytler & Prain, 2022; Volkwyn et al., 2019)

Figura 4-26

Texto multimodal diseñado por una estudiante, en su transducción se destaca un abundante uso de los principios multimedia (Viñeta 60:3)

Dopamina

Conozcamos mejor este neurotransmisor

Es una biomolécula funcional del sistema nervioso que contiene 5 clases de receptores (**D1, D2, D3, D4 y D5**) y su medio de comunicación son las neuronas. Sin embargo, debido a los avances en la ciencia, también puede ser fabricada en laboratorios.

La dopamina produce las emociones como el placer y la relajación que desempeñan una función diferente de acuerdo a la localización que ésta tenga en nuestro cerebro.

Analicemos ahora sus funciones

Este neurotransmisor es el de los impulsos, la seducción, el placer, la motivación para nuestros proyectos y la defensa ante situaciones peligrosas.

Ahora bien, según la cantidad de Dopamina influye en factores importantes, estudiémoslo más a fondo...

Mayores niveles de Dopamina

Al tenerlos, influye en la satisfacción con nosotros mismos, debido al receptor D2.

Menores niveles de Dopamina

El sobrepeso se asocia con menores porcentajes, entonces se busca en la comida llegar a es punto de satisfacción. Algo parecido pasa con la droga, debido a la sensación intensa, el cerebro la capta como un medio para sentir bienestar.

Otros factores que se relacionan con este neurotransmisor son la motivación para nuestros proyectos, la personalidad al ser más o menos activos que otros, memoria para guardar recuerdos que nos gusten y desechar los que no, y la creatividad al tener menos receptores D2.

Como acabamos de estudiar, la Dopamina controla casi todo en nuestro cerebro, las emociones, lo que nos gusta, la seguridad con la que interactuamos, nuestras capacidades y hasta factores alimenticios y de adicción. **Qué gran biomolécula no?**

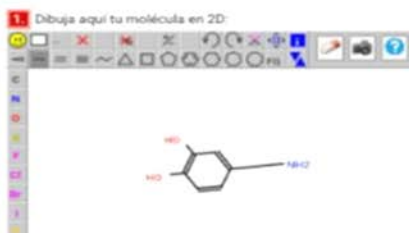


Fig 1. Dopamina 2D

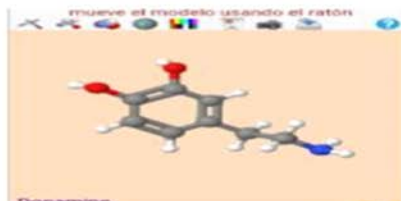
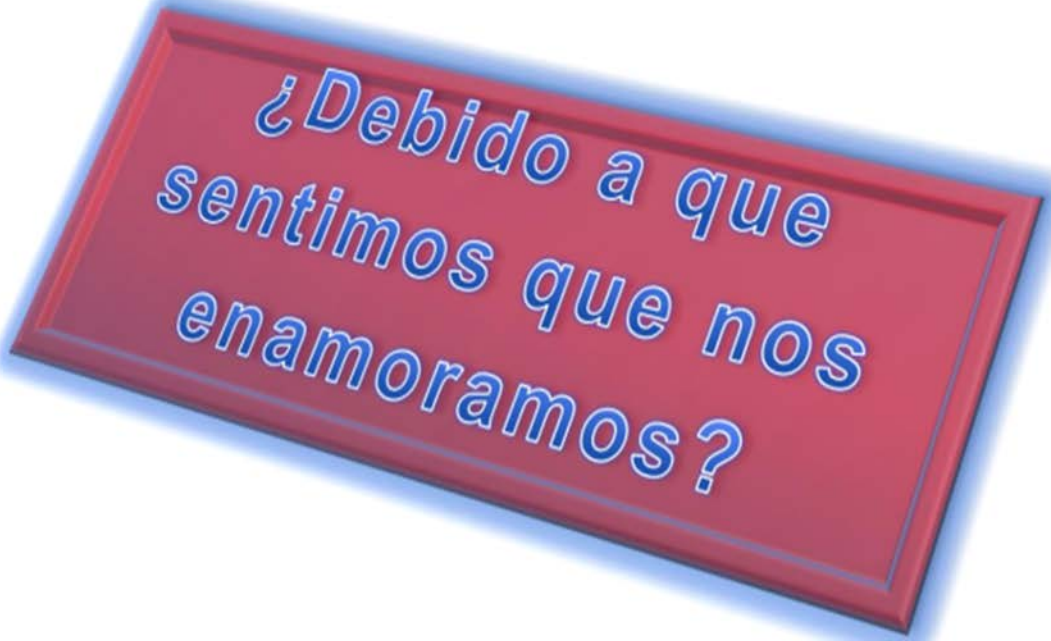


Fig 2. Dopamina 3D

Figura 4-27

Texto multimodal diseñado por una estudiante, en su transducción se destaca el desarrollo de las competencias representacionales (Viñeta 56:1)



¿Debido a que sentimos que nos enamoramos?

Esta es una pregunta muy curiosa... sabemos que el sentimiento de afecto fuerte o constante que tenemos hacia una persona, lo describimos como amor, pero no sabíamos o estábamos conscientes de que este también es un proceso físico que es generado por nuestro cerebro, por una hormona llamada Oxitocina, la cual también es conocida como "la hormona del amor". Pero esto no significa que debido a esta hormona nos enamoremos de todo el mundo... de acuerdo con los expertos, existe una interacción, que es muy compleja, entre las hormonas y el comportamiento. Un ejemplo de ello nos lo da el doctor Cagri Gulumser: "Cuando alguien te sonríe de manera sincera, tu cerebro inmediatamente siente la sinceridad y le ordena a tu Neurohipófisis (el lóbulo posterior de la glándula pituitaria) que libere oxitocina, una hormona vital para la interacción social y los lazos entre humanos". Con esto nos damos cuenta de que, lo que hace que nosotros sintamos buenas vibras o atracción por alguien, en realidad es un

(Continúa)

Continuación **Figura 4-26**

intercambio que tenemos de Oxitocina, debido a esta, es que sentimos emociones por alguien, tales como amor, dolor y felicidad.

También debemos saber que esta hormona tiene un papel importante con el apego entre madre e hijo (con el amor entre estos). Ozlen Gulumser (esposa de Cagri Gulumser) se refirió a que esta hormona tiene un papel importante para iniciar la labor de parto en las mujeres embarazadas. "Es una de las hormonas principales durante el nacimiento, ayuda al útero a contraer y empujar al bebé cuando la madre está en trabajo de parto" comentó. La doctora Gulumser también destacó la importancia de la Oxitocina en el proceso de lactancia, asegurando que esta actúa como una hormona que une a las madres con sus bebés. "Cuando un bebé chupa el busto de su madre, se estimula el pezón, lo que causa la liberación de Oxitocina y después la leche para que el bebé pueda alimentarse", explicó.

Así como son importantes los lazos que existen entre una madre y un hijo, el papel de la Oxitocina es de suma importancia en nuestras vidas, ya que esta afecta todo tipo de relaciones sociales. Esto nos lo puede demostrar Larry Young, con su experimento llamado "tropillos de pradera", el cual fue realizado con roedores. Durante este experimento, pudieron observar que a los roedores los cuales recibieron Oxitocina formaron una especie de adicción a su pareja. Con base a ello muchos nos preguntaremos, ¿Qué pasaría si le diéramos Oxitocina a una persona? Pues, según lo explicó el profesor Larry, "los estudios iniciales descubrieron que hacía que las personas miraran más a los ojos, a los rostros de otros. Les llamó la atención las señales sociales. También les ayudó a leer las emociones de los demás". "Incluso hay datos que sugieren que la oxitocina actúa en las mismas áreas del cerebro que nuestros pequeños topillos para hacer que nuestros compañeros luzcan más atractivos para nosotros. No solo se trata de la vinculación, sino que también está en sintonía con el mundo social que nos rodea" comentó el profesor. Además de todo esto, la oxitocina impulsa la confianza entre los humanos, según un estudio realizado en 2005 por Michael Kosfeld, Urs Fischbacher, Ernst Fehr y Markus Heinrichs, de la Universidad de Zurich, junto con Paul J. Zak, de la Claremont Graduate University de California... "La oxitocina podría hacer que los sujetos sean más optimistas sobre la probabilidad de un buen resultado", escribieron los autores del estudio.

En conclusión, nosotros sentimos amor y emociones, como felicidad, dolor, entre otras, debido a que liberamos una hormona llamada Oxitocina. A continuación vamos a ver esta hormona.

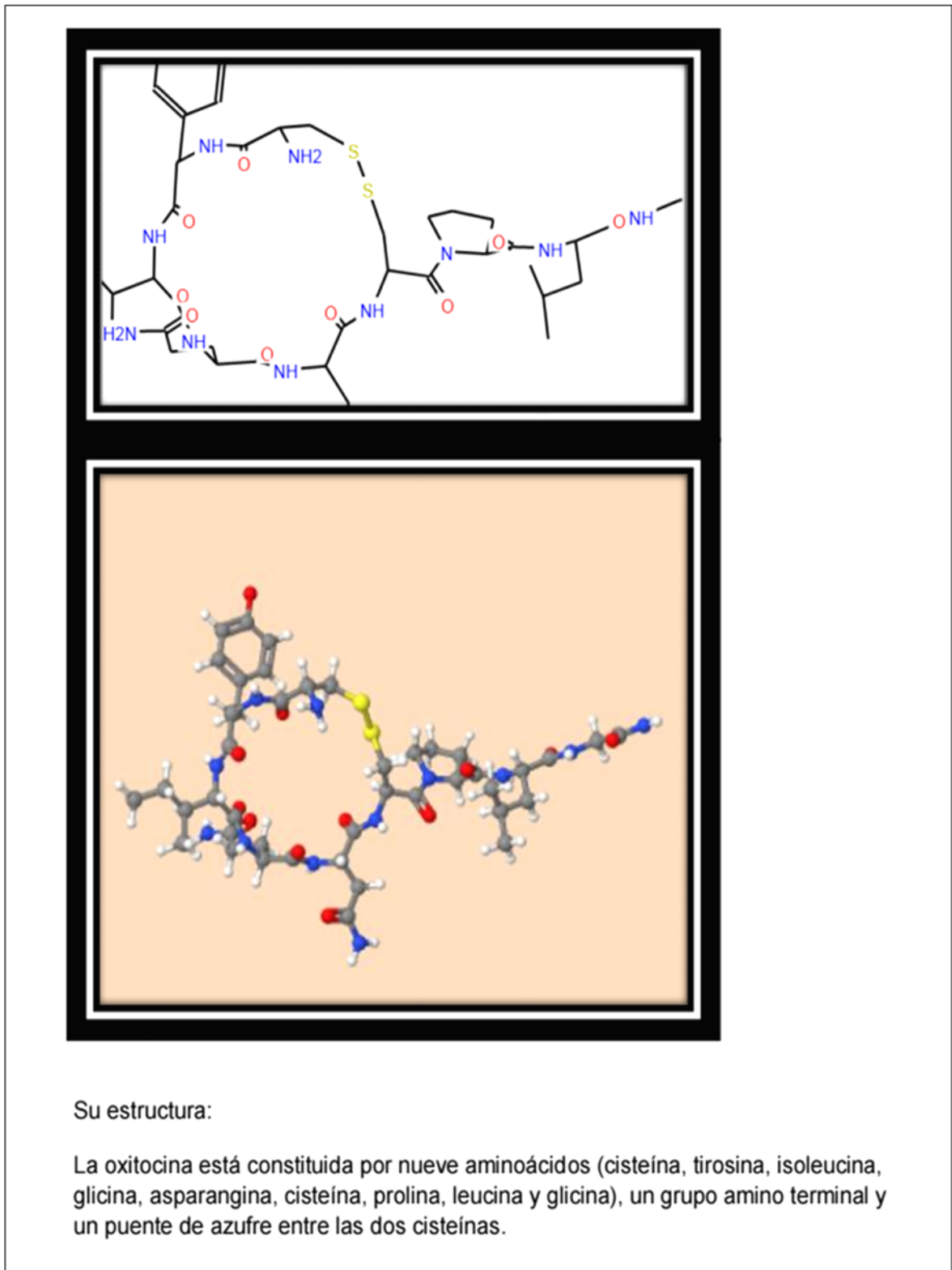
Continuación **Figura 4-26**

Figura 4-28

Texto multimodal diseñado por un grupo de estudiantes, en su transducción del texto de la Dopamina (Viñeta 58:4)

El poder de la Dopamina

La dopamina es un mensajero químico (neurotransmisor) del sistema nervioso central (nuestro cerebro). Activa 5 tipos de receptores celulares de dopamina, del D1 al D5; La dopamina es muchas veces considerada como la culpable de sensaciones placenteras y la sensación de relajación.

Es uno de los muchos neurotransmisores que utilizan las neuronas para comunicarse entre sí. No solo es una sustancia producida por los seres humanos, sino que también puede producirse en un laboratorio. Generalmente se considera que la dopamina es la causa del placer y la relajación. Esta sustancia se distribuye en diferentes áreas de nuestro cerebro y juega un papel diferente en cada área.


Esta sustancia está distribuida en diferentes zonas de nuestro cerebro y en cada región lleva a cabo un papel distinto. Todos requerimos un grado conveniente de este neurotransmisor, sin embargo no solo esto, requerimos además que se reparta de forma idónea en nuestro cerebro para lograr realizar una infinidad de funcionalidades.

Los niveles bajos de dopamina se asocian con inconvenientes de socialización. Además hay trastornos involucrados a la mala repartición de la dopamina, como la patología de Parkinson, caracterizada por temblores, rigidez y lentitud en los movimientos.

Existen otras funciones esenciales en donde la dopamina es el factor principal, como por ejemplo:

- Satisfacción personal.
- Emociones fuertes.
- Sobrepeso y obesidad.
- Consumo de drogas.
- Creatividad.
- Regula nuestra memoria.
- La personalidad del individuo.
- Niveles de motivación.
- Al sentirnos enamorados.

(Continúa)

Continuación **Figura 4-27**


1. Dibuja aquí tu molécula en 2D:

2. Ponle un nombre:

3. **Transfiere** al panel derecho (se añadirán los H)

4. **Optimiza** la estructura en 3D. (Puede ser preciso varias veces: [ayuda](#))

5. Observa la molécula en 3D a la derecha.

6. También puedes obtener estructuras 3D escribiendo su nombre en inglés: y después puedes **pasarla a 2D**, por ejemplo para añadirle modificaciones.

mueve el modelo usando el ratón

DOPAMINE

Modalidad JSmol: HTML5 Java WebGL

La dopamina está compuesta por una estructura molecular de fórmula $C_8H_{11}NO_2$, la dopamina es una sustancia química orgánica de la catecolamina y del phenethylamine neurotransmisor - sustancia química lanzada por las neuronas para enviar señales a otras células nerviosas. Fórmula química y modelo estructurales de la molécula de la dopamina, es un neurotransmisor producido en una amplia variedad de animales, incluidos tanto vertebrados como invertebrados. Según su estructura química, la dopamina es una feniletilamina, una catecolamina que cumple funciones de neurotransmisor en el sistema nervioso central, activando los cinco tipos de receptores celulares de dopamina: D1 (relacionado con un efecto activador), D₂ (relacionado con un efecto inhibitor), D₃, D₄ y D₅, y sus variantes. La dopamina se produce en muchas partes del sistema nervioso, especialmente en la sustancia negra. La dopamina es también una neurohormona liberada por el hipotálamo, donde su función principal es inhibir la liberación de prolactina del lóbulo anterior de la hipófisis.

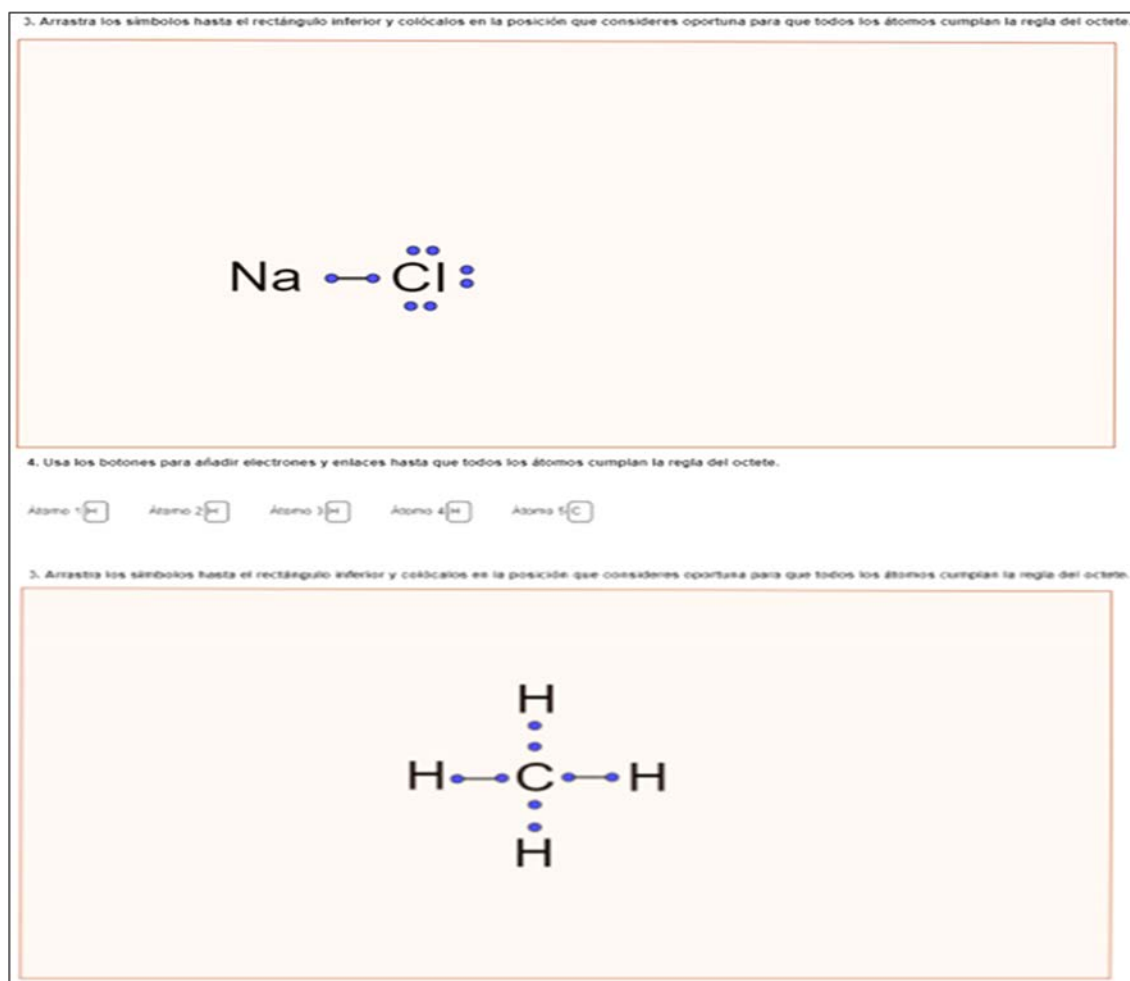
*El reconocimiento de los tres niveles de representación: simbólico, submicroscópico (modélico) y macroscópico (fenomenológico), es otro de los elementos que influencia en la pedagogía en esta investigación. Durante el desarrollo de la "Guía 4 - Geometría Molecular" los estudiantes construyeron representaciones de la estructura de Lewis por medio del recurso digital Geogebra. En la **Figura 4-28** se observan dos de estas representaciones. Las **Figuras 4-29** y **4-30** muestran fotografías donde se evidencia la construcción en grupos, de representaciones submicroscópicas con elementos como*

plastilina y palillos, empleando el esquema de colores CPK⁶ para identificar los elementos del compuesto. La **Figura 4-31** es una actividad de aprendizaje de identificación de los diferentes niveles de representación, cruciales para una comprensión sólida de los conceptos químicos y su aplicación en situaciones reales.

Figura 4-29

Construcción de Representación Simbólica del Cloruro de Sodio (NaCl) y Metano CH₄, por parte de una estudiante en GeoGebra (Viñeta 62:1).

3. Arrastra los símbolos hasta el rectángulo inferior y colócalos en la posición que consideres oportuna para que todos los átomos cumplan la regla del octeto.



4. Usa los botones para añadir electrones y enlaces hasta que todos los átomos cumplan la regla del octeto.

Átomo 1 Átomo 2 Átomo 3 Átomo 4 Átomo 5

3. Arrastra los símbolos hasta el rectángulo inferior y colócalos en la posición que consideres oportuna para que todos los átomos cumplan la regla del octeto.

⁶ Convención de colores para distinguir átomos de diferentes elementos químicos en modelos moleculares diseñado por Robert Corey y Linus Pauling, y mejorado por Walter Koltun.

Figura 4-30

Evidencia del trabajo en grupo para la realización de Representaciones Modélicas en 3D con plastilina y palillos.



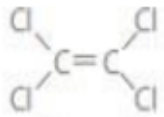
Estos ejercicios de construcción de diagramas y modelos moleculares son importantes para mejorar la comprensión de los estudiantes, pues mediante la representación y visualización de los fenómenos químicos se ha desarrollado la química desde el siglo pasado. Tal como lo describe Kozma y Russell (2005) este tipo de representaciones permiten identificar tanto la composición como el patrón de enlace de los átomos en las moléculas, lo que facilita en los aprendices el análisis de los sitios dentro de un compuesto que reaccionarán para formar nuevas moléculas.

Figura 4-31

Representaciones Modélicas en 3D elaboradas por los estudiantes, empleando plastilina y palillos.

**Figura 4-32**

Ejercicio de Identificación de los tres niveles de representación, realizado por dos estudiantes (Viñeta 64:1).

IMAGEN	TIPO DE REPRESENTACIÓN (Justifique)
 <p>Tetracloroetileno o Percloroetileno</p>	<p>Representación simbólica y modélica</p> <p>Por qué en la imagen se ve como se unen en dos dimensiones, es simbólica porque me esta asignación unos símbolos para los mismos átomos y modélicas por que el átomo es el modelo</p>

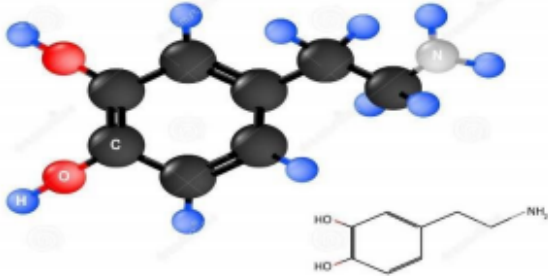
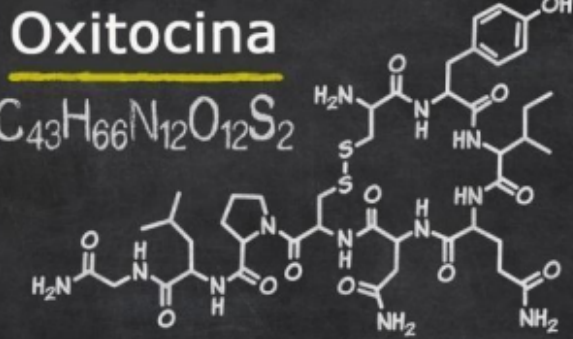

(Continúa)

Continuación **Figura 4-31**

	<p>Representación simbólica y modélica</p> <p>Es una representación modélica y simbólica por el ejemplo o modelo que nos dan de la imagen para así poder explicar los mismos símbolos que se encuentran en ella</p>
	<p>Representación Fenomenológica</p> <p>Porque con el jabón se pueden hacer diversos experimentos y prácticamente es perceptible al tacto</p>
 <p>Tetraédrica</p>	<p>Representación modélica</p> <p>Porque nos están mostrando un diagrama de átomos por lo que sería el modelo</p>
<p>Prueba 2:</p> 	<p>Representación fenomenológica</p> <p>Porque la profesora está realizando un experimento con jabón por lo que sería fenomenológica porque es algo que se puede visualizar y tocar y porque está haciendo un experimento con diferentes propiedades y a partir de eso tener información o su propia perspectiva</p>
<p>Enlaces covalentes polares</p>  <p>H₂O</p>	<p>Representación modélica y simbólica</p> <p>Es una representación modélica porque nos enseña un modelo que son los átomos para así explicar lo que serían los símbolos y es simbólica por que la imagen podemos visualizar diferentes símbolos que representan cada átomo por lo que con el H₂O representa una molécula de agua</p>


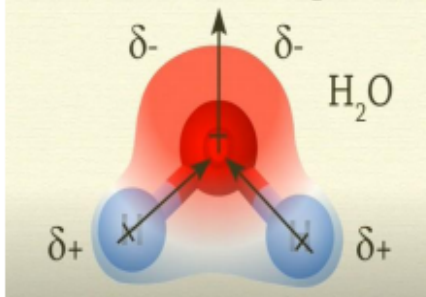

(Continúa)

Continuación Figura 4-31

<p style="text-align: center;">Dopamine</p> <p>$C_8H_{11}NO_2$</p>  <p style="font-size: small;">Download from Dreamstime.com</p>	<p>Representación modélica y simbólica</p> <p>Es una representación modélica por que nos muestran la unión de los átomos y simbólica porque nos dan diferentes símbolos que representan cada átomo</p>
<p style="text-align: center;">Oxitocina</p> <p>$C_{43}H_{66}N_{12}O_{12}S_2$</p> 	<p>Representación modélica y simbólica</p> <p>Es una representación modélica porque me muestra cómo se une cada diagrama o cómo se llega a distribuir y es una representación simbólica por que en cada diagrama hay unos símbolos por lo que esos símbolos serían la representación de la fórmula de oxitocina</p>
	<p>Representación fenomenológica</p> <p>Es una representación fenomenológica por que en aquel video enseñaban la reacción de la electricidad al estar en contacto con el agua, pero con diferentes sustancias como el bicarbonato, azúcar y jugo de limón por lo que sería un experimento.</p>

(Continúa)

Continuación **Figura 4-31**

	<p>Representación fenomenológica</p> <p>Es una representación fenomenológica porque con el agua se pueden hacer o realizar muchos experimentos e incluso hay diversos donde el agua es la principal sustancia de todo un experimento que se quiera realizar</p>
<p>Enlaces covalentes polares</p> 	<p>Representación modélica y simbólica</p> <p>Es una representación modélica por que los átomos son el principal modelo y simbólica porque en la imagen se encuentran símbolos como algunos representan la carga negativa, la carga parcial, la carga positiva parcial y en otros símbolos muestran la unión de diferentes átomos</p>
<p>C₁₂H₂₂O</p> 	<p>Representación fenomenológica y simbólica</p> <p>Es simbólica porque nos muestran unos símbolos que formarían una fórmula y es fenomenológica porque con aquel material de la imagen se pueden realizar diferentes y diversos experimentos, es decir, que en la imagen se ve la fórmula de la sacarosa</p>

Por último, *el conocimiento transformador y la motivación*, están estrechamente relacionados y son elementos influyentes en la pedagogía empleada en esta investigación. Este tipo de conocimiento, implica la capacidad de los estudiantes para asimilar, modificar y aplicar su conocimiento de manera significativa, permitiendo una comprensión profunda y una transferencia efectiva de habilidades. Dicho conocimiento, se encuentra asociado a la motivación que represente para los estudiantes las actividades asignadas y los recursos empleados durante la enseñanza. Así mismo, las siguientes *viñetas* provenientes de la encuesta de valoración del contenido del Enlace Químico realizada a los estudiantes, permiten reconocer algunos de sus intereses y motivaciones:

P: ¿Qué aspectos del contenido del Enlace Químico te resultaron más útiles?

E1: La metodología de trabajo en equipo ayudó a que nos sintiéramos más seguros de lo que hacíamos y en caso de tener dudas consultábamos con el grupo o directamente con el docente (Viñeta 67:3).

E2: Me parecieron útiles las gráficas, pude entender mucho mejor (Viñeta 67:4).

E3: Lo que me parece más útil es conocer los tipos de enlaces, ya que, aunque es algo que venimos viendo hace años, esta vez me pareció que lo vimos de una manera más interesante y detallada (Viñeta 67:6).

En las *Viñetas* anteriores los estudiantes reconocen que, al trabajar el contenido del Enlace Químico a través del enfoque multimodal se obtienen ventajas sobre el proceso de aprendizaje. También, destacan el trabajo en comunidad para sentirse apoyados y seguros, esto genera bienestar y motivación para aprender. Así mismo, en la siguiente *Viñeta* se muestran algunas respuestas obtenidas por parte de los estudiantes, en la encuesta de valoración del contenido, respecto a sus gustos en la realización de las actividades propuestas.

P: ¿Cuál de las guías trabajadas te gustó más y por qué?

E1: La guía #4 ya que se utilizó una nueva herramienta como aprendizaje, aunque fue un poco complicada, pero me gustó demasiado.

E2: Estructura de Lewis y Geometría Molecular, porque el emulador es eficaz y se entiende muy bien a lo que se tiene que expresar.

E3: "Guía 3 Electronegatividad" me gusto por la libertad que te dan para poder realizar tu propia guía.

E4: Me gusto la guía 4, porque se me hizo fácil entender todo lo de los simuladores y era como creativa hacer esta guía.

E5: Guía 4 - Estructura de Lewis y Geometría Molecular porque me gusta mucho interactuar con las páginas para crear el átomo y observar en 3d y la guía es entendible.

E6: La guía 3 porque me puso a investigar acerca de un tema que desconocía el cuál fue muy interesante y complejo a la vez (electronegatividad).

E7: Me gusto más la Guía 3 - Electronegatividad y polaridad, ya que me pareció una guía superbuena, muy bien explicada y sobre todo muy dinámica.

E8: La guía 3, porque nos enseña de una manera diferente que es el enlace químico, aparte que me gusta ver videos, así como de investigación entonces me pareció la más interesante.

E9: A mí me gusto más la Guía 4 - Estructura de Lewis y Geometría Molecular ya que podíamos usar las páginas aparte que para responder también para aprender más y era didáctico

E10: Me gusto la guía 4 porque me pareció muy didáctica y se pudo conocer un poco más sobre la representación de los átomos.

E11: Me gustó la guía 3, porque a pesar de que me demoré mucho haciéndola, también lo disfruté porque estaba interactuando con el simulador y me entretenía, y los videos también me parecieron muy entretenidos.

E12: La guía que más me gustó fue la de la electronegatividad, porque me gustó interactuar con el simulador, entonces fue una guía muy divertida.

E13: La guía 4 estructura de Lewis, me gusto más ya que pudimos ver la regla del octeto donde podemos ver como un elemento se une con otro para alcanzar la estabilidad y también vimos un simulador donde pudimos ver las estructuras de unas sustancias muy complejas.

E14: La guía 4 estructura de Lewis, ya que pudimos ver más de cerca los electrones y los átomos y como se enlazan, también la regla del octeto donde pudimos ver como al faltarle un electrón aun elemento se une con otro para alcanzar estabilidad (Viñeta 67: 1-2).

En los resultados se observa que la mayoría de los estudiantes que participaron en la encuesta, disfrutaban el uso herramientas tecnológicas en la enseñanza porque les permiten la interacción (E1, E2, E5, E7, E11, E12), uso de diferentes fuentes de investigación (E6, E9, E8) visualización de las moléculas en 3D (E5, E8) y uso de los recursos digitales para elaborar representaciones simbólicas y modélicas de la química (E13, E14), por eso sus guías favoritas son la tres y la cuatro en la mayoría de los casos. Otro de los aspectos que se destaca en las respuestas es la libertad en el diseño, la creatividad y esfuerzo que este requiere (E3, E4, E9, E11). Tal como menciona Jewitt (2008), el papel del alumno en la alfabetización multimodal es renovado por un rol de diseñador, con elecciones sobre las representaciones, creación de significados e interpretación. De esta manera, los textos

multimodales que construye son ejemplo de sus intereses y percepción de su contexto situacional. De hecho, su motivación se ve reflejada en la presentación de sus trabajos, con el uso de marcadores gramaticales visuales como el color en la presentación de la guía explicativa del simulador de electronegatividad (**Figura 4-32**) o el entusiasmo de la estudiante para comunicarse con el lector al finalizar la actividad en este mismo ejercicio empleando un lenguaje informal (**Figura 4-33**). Esta libertad en el diseño provee una *motivación* y compromiso en el aprendizaje para producir en el estudiante un *conocimiento transformador*.

Figura 4-33

Página de presentación de una guía explicativa construida por una estudiante que demostró alta motivación en el diseño de sus trabajos (Viñeta 49:2)

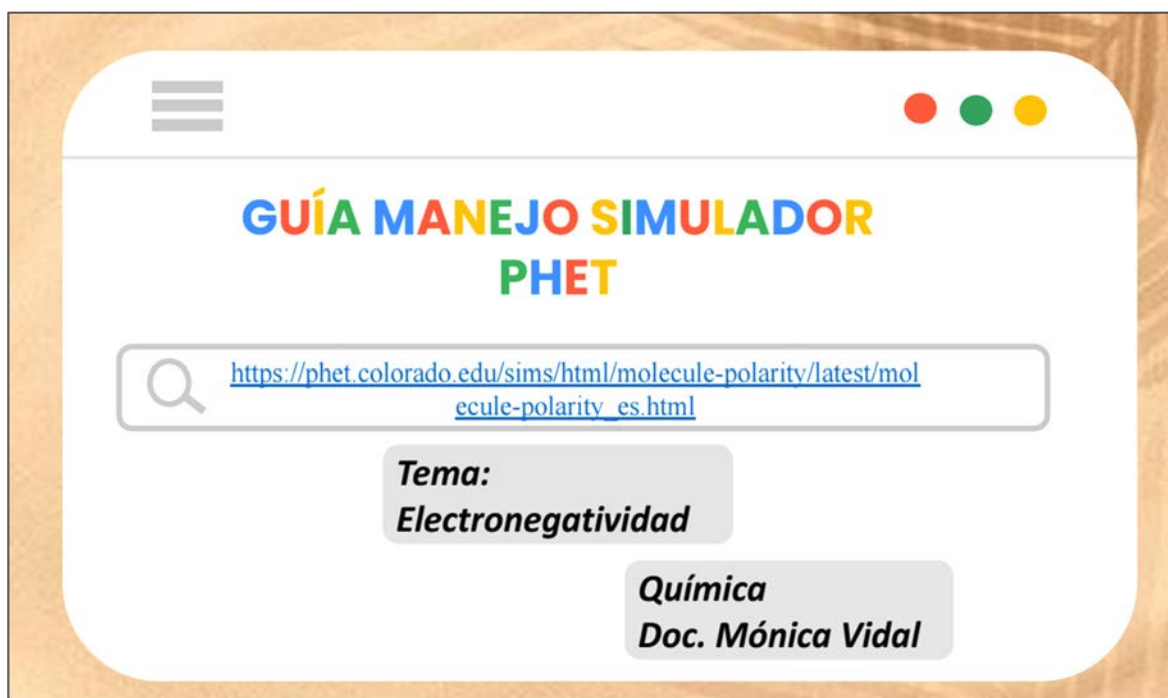


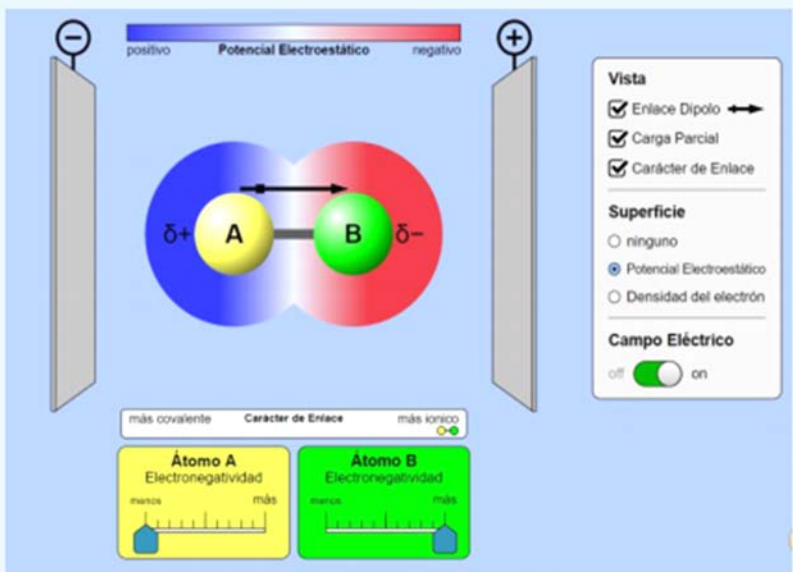
Figura 4-34

Página de finalización de una guía explicativa construida por una estudiante que demostró alta motivación en el diseño de sus trabajos (Viñeta 55:14).

¡¡HEMOS TERMINADO!!

Finalmente terminamos de explorar este simulador, espero que con bases a las explicaciones presentadas se haya podido tener un aprendizaje didáctico sobre la electronegatividad y los tipos de enlace, también, se haya aprendido sobre, el por qué ocurren cada uno de los fenómenos presentados en este simulador. ...espero que les guste mucho y que lo hayan entendido.

Ahora ustedes mismos pueden explorar este navegador y darles una explicación a todos los fenómenos ocurridos con sus propias palabras.

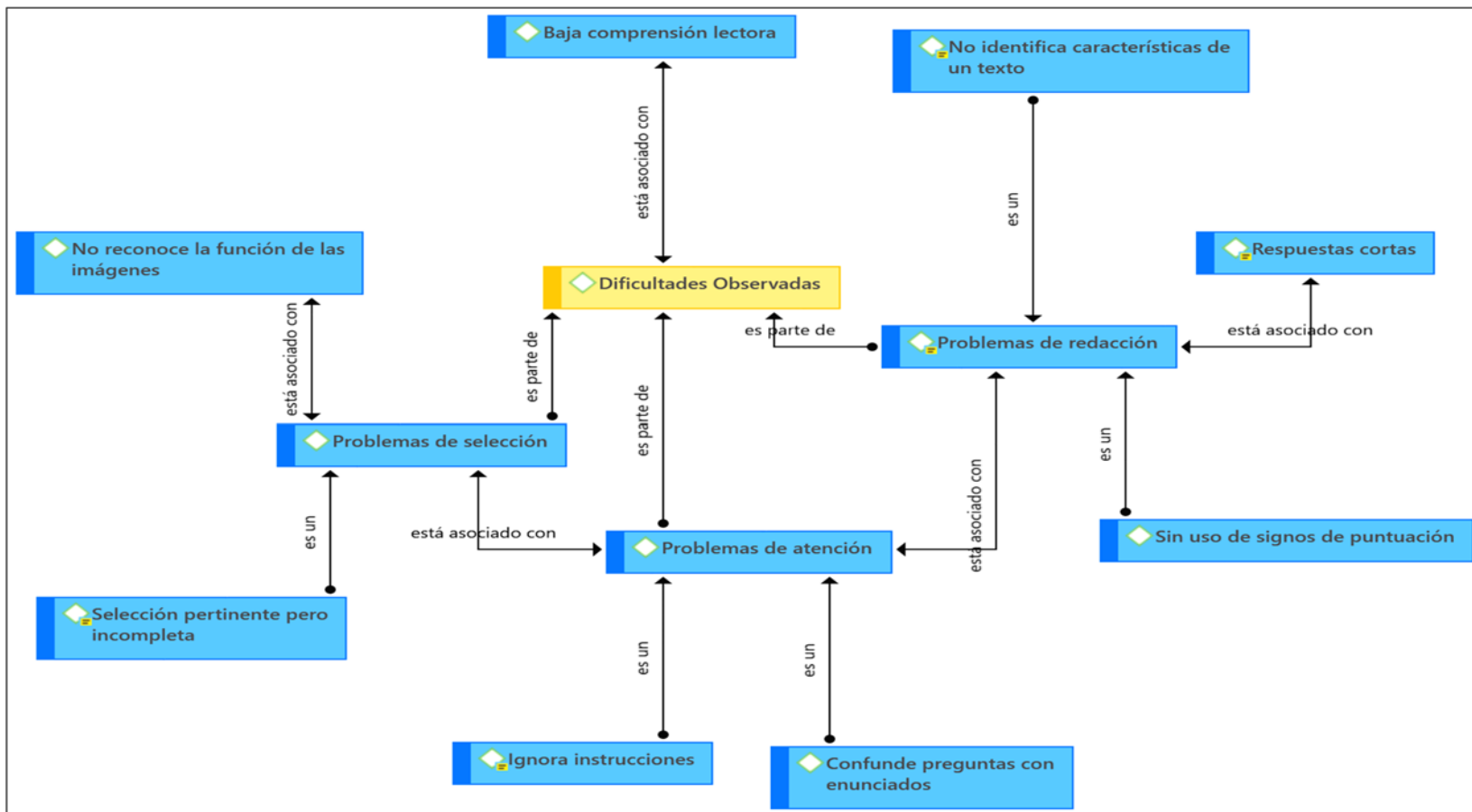


The image shows a screenshot of a chemistry simulator interface. At the top, it says "¡¡HEMOS TERMINADO!!". Below this, there is a paragraph of text in Spanish, followed by another paragraph. The main part of the image is a screenshot of the simulator itself. It features a central diagram of a dipole molecule with two atoms, A and B, connected by a double-headed arrow. Atom A is yellow and labeled with a partial positive charge (δ^+), while Atom B is green and labeled with a partial negative charge (δ^-). Above the atoms is a color gradient bar for "Potencial Electroestático" ranging from "positivo" (blue) to "negativo" (red). To the right of the diagram is a control panel with three sections: "Vista" (View) with checkboxes for "Enlace Dipolo", "Carga Parcial", and "Carácter de Enlace"; "Superficie" (Surface) with radio buttons for "ninguno", "Potencial Electroestático", and "Densidad del electrón"; and "Campo Eléctrico" (Electric Field) with a toggle switch set to "on". Below the diagram is a "Carácter de Enlace" (Bond Character) slider ranging from "más covalente" to "más iónico". At the bottom, there are two electronegativity scales for "Átomo A" and "Átomo B", each with a slider and a scale from "menos" to "más".

4.5 Dificultades observadas

Figura 4-35

Red semántica de las dificultades observadas, elaborada durante el análisis de resultados por medio del programa ATLAS.ti



Durante el transcurso de esta investigación se reconocen las dificultades de comprensión de lectura que enfrentan los estudiantes. Dichas dificultades se relacionan con tres problemas principales en los aprendices: poca atención, selección de textos incompleta o inadecuada y capacidad limitada en la redacción de sus escritos (véase **Figura 4-34**). Al identificar estos obstáculos a través de la lectura multimodal, se pueden promover en los estudiantes habilidades concernientes al desarrollo de la competencia representacional, principios multimedia y marcadores de la gramática visual, con el objetivo de mejorar la comprensión del contenido estudiado.

Los problemas de atención representan una dificultad importante en la lectura comprensiva. Los estudiantes tienen dificultad para mantener la concentración durante la lectura en textos de naturaleza científica debido principalmente a las características complejas del LSS (Fang, 2006), tal como el uso de sustantivos abstractos, elipsis, vocabulario técnico, entre otros, lo que resulta en una lectura superficial o incompleta. En los resultados obtenidos se puede observar que los estudiantes que presentan estas dificultades suelen ignorar las instrucciones dadas por escrito en la guía⁷. Además, no diferencian visualmente a través de los signos de interrogación las preguntas de los enunciados y omiten los signos de puntuación, lo que deriva en problemas de redacción.

En una de las actividades de la “*Guía 2-Tipos de Enlace Químico*” empleada en esta investigación, los estudiantes deben formular tres preguntas a partir del texto multimedial llamado “*Practica No. 4 Enlaces Químicos*” (Video1, <https://acortar.link/qSqNOO>). En la *Viñeta 32:3* se muestran cuatro condiciones con las que deben cumplir dichas preguntas, así como la realización del ejercicio por parte de un estudiante.

P: Formula tres preguntas acerca del video 1 que cumplan con las siguientes condiciones

- 1.No se respondan con un sí o con un no*
- 2. No se respondan con una afirmación del video*
- 3.Esten relacionadas con los tipos de enlace químico*
- 4. Esten relacionadas con los experimentos presentados en el video 1*

⁷ Cabe resaltar que en todos los ejercicios planteados la docente leyó con ellos las instrucciones.

E: Pregunta 1: *¿Qué clase de enlaces químicos hay?*

Pregunta 2: *¿Cuáles son los reactivos peligrosos en una prueba de conductividad eléctrica?*

Pregunta 3: *¿Al colocar el dispositivo con los electrones con las sustancias químicas cuales produjeron electricidad?*

P: *Investiga para responder cada una de las preguntas que formulaste en el punto anterior: Copia y pega el texto que encontraste, enciérralo entre comillas y coloca la dirección de la página o referencia*

E: 1R/. *Metálicos, Iónicos, Covalente.*

2R/. *Ácido sulfúrico, Ácido clorhídrico.*

3R/. *Cloruro de sodio, Nitrato de Potasio, Ácido clorhídrico, Ácido Sulfúrico. (Viñeta 32:3)*

Observe que en la anterior *Viñeta* todas las preguntas que realiza el estudiante no cumplen con la segunda condición dada por la docente, pues se responden con una afirmación del video mencionado. De esta manera, ignora una de las condiciones escritas del ejercicio, donde se le orienta a construir una pregunta elaborada a partir de la reflexión sobre el texto multimedial empleado y no tan solo de la visualización del mismo. Se puede notar también, que a pesar de que sus preguntas cumplen la primera condición (*no se responden con un sí o con un no*), las respuestas se limitan a mencionar nombres, es decir, no dan lugar a la comprensión, sino sólo a la memorización.

También, en dicha *viñeta* se puede notar que el estudiante no lee completamente la segunda instrucción dada por la docente sobre cómo debe presentar su investigación: *“Copia y pega el texto que encontraste, enciérralo entre comillas y coloca la dirección de la página o referencia”*; parece que ha hecho una lectura incompleta y se ha detenido en la primera parte de la oración que dice: *“Investiga para responder cada una de las preguntas que formulaste en el punto anterior”* y es por eso que procede a dar una respuesta según su investigación.

En el desarrollo de los ejercicios planteados, también se evidencia que algunos estudiantes tienen dificultades en la selección y la redacción de textos. En la **Figura 4-35**, se presenta un fragmento del ejercicio de formulación de preguntas, selección de textos y parafraseo realizado por dos estudiantes trabajando en grupo. En este caso, la pregunta que formulan es: “¿Cómo se identifica el tipo de Enlace Químico?”, es decir, tienen dudas respecto a qué características permiten reconocer los diferentes tipos de Enlace Químico. Sin embargo, la investigación y selección de textos que presentan es escasa: sólo referencian un texto y seleccionan tres líneas para responder su propia inquietud. Además, al parecer las palabras “Enlace Covalente Polar” han sido omitidas al inicio de la selección, por eso al leer el texto referenciado se nota incompleto y se logra hacer la inferencia de que le falta una parte, porque después finalizar la primera oración, se encuentran las palabras “No Polar”, seguidas de la definición de este. Por otra parte, el parafraseo que proponen lo hacen sustituyendo la palabra “dos” por el número “2” y la palabra “formar” por “conformar”.

Figura 4-36

Fragmento de ejercicio de formulación de preguntas, selección de textos y parafraseo, por parte de dos estudiantes (Viñeta 22:2)

Pregunta: como se identifica el tipo de enlace quimico?

Texto seleccionado: “Dos partículas (átomos, por ejemplo) que están a la misma distancia (distancia de enlace). No polar: Es el enlace con el que se unen dos átomos de un mismo elemento no metálico, para formar una molécula”.

Fuente: <https://www.tusclases.co/questions/quimica/como-identificar-los-tipos-de-enlaces-quimicos#:~:text=ENLACE%20QU%C3%8DMICO%3A%20Dos%20part%C3%ADculas%20>

Parafraseo: 2 partículas (átomos, por ejemplo) que permanecen a la misma distancia (distancia de enlace). No polar: Es el enlace con el que se incorporan 2 átomos de un mismo componente no metálico, para conformar una molécula

De acuerdo al análisis de la **Figura 4-35**, estos estudiantes no han desarrollado el principio de la intertextualidad para ampliar su comprensión del fenómeno del Enlace Químico y resolver sus propias inquietudes. Por lo tanto, su selección de textos es limitada y no es acertada para el fin que busca, porque no presenta la descripción de las características de cada tipo de Enlace. Además, este hecho también dificulta la construcción escrita de su propia respuesta, debido a que, al no haber seleccionado más fuentes de investigación, su

parafraseo se limita al cambio de dos palabras que pertenecen a su lenguaje cotidiano en el texto seleccionado, lo demás permanece igual, no se atreve a modificarlo, porque pertenece al Lenguaje Característico de la Ciencia Escolar, es un sustantivo abstracto (Fang, 2006) .

Durante la realización de la “*Guía 2-Tipos de Enlace*”, los estudiantes ven dos videos provenientes de la plataforma YouTube, en los cuales se representa de manera observable el fenómeno químico de dos tipos de Enlace (Iónico y Covalente) mediante la experimentación con distintas disoluciones. Después de la visualización de estos recursos, los aprendices responden algunas preguntas que implican el uso de la descripción, comparación y explicación de las intenciones comunicativas de cada texto multimedial (video).

Los estudiantes que presentan dificultades en la redacción, generalmente construyen repuestas cortas, esto se debe a que no han desarrollado las capacidades de la competencia representacional, que les permite la apropiación del discurso característico de la cultura química. Es decir, no usan diferentes representaciones para describir los fenómenos químicos observables; ni identifican porqué una representación puede ser más apropiada que otra para una función específica. Observe las siguientes *Viñetas*:

P: En cuanto a la forma de presentación ¿qué diferencias encuentras entre los videos 1 y 2?

E1: La diferencia es que en el primer video son experimentos con sustancias químicas y en el segundo es de agua con sales (Viñeta 32:5).

E2: La diferencia que encuentro en el primer video es de que en la presentación nos muestran varias sustancias mediante la conductividad eléctrica, y en el segundo video veo cómo actúa cada sustancia (Viñeta 34:5).

Observe que las respuestas de los estudiantes del ejemplo anterior, se refieren al nivel macroscópico de la situación, no describen a través del nivel submicroscópico lo que

sucede. Ellos no usan la descripción para identificar cómo las diferentes representaciones podrían comunicar la misma idea, ni explican por qué una es más adecuada que otra dependiendo el caso. Por lo tanto, se les dificulta identificar y analizar las diferentes representaciones usadas en los dos videos (el cómo), así como, usar palabras para explicar lo que estas significan (el qué).

En los resultados también se observa que algunos estudiantes presentan una gran dificultad al expresar sus ideas de manera clara y coherente. Es decir, tienen dificultades para organizar sus pensamientos y estructurar sus respuestas de forma lógica. Esto afecta su capacidad para comunicar sus conocimientos apropiadamente. En la siguiente *Viñeta* se puede observar como a pesar de que se le explica en clase y se le indica de manera escrita en la guía qué características debe tener un párrafo, el estudiante ignora las instrucciones (dificultad atencional) y da una respuesta corta y superficial.

P: Responde la siguiente pregunta

Recuerda: Las respuestas a las preguntas deben ser presentadas en textos de naturaleza lingüística, es decir composiciones textuales constituidas por párrafos, (los párrafos deductivos deben tener una idea principal y dos secundarias).

¿Qué relación existe entre los dos videos? Argumenta tu respuesta.

E: R/. La relación es que en los dos videos enseñan cómo se conduce la electricidad con diferentes sustancias” (Viñeta 32:7).

Estos resultados pueden deberse a que la escritura científica involucra un conjunto único de registros semióticos que son internamente conscientes y significativos para el que los crea. Por esta razón, el proceso de redacción, implica en los estudiantes el desarrollo de un pensamiento de orden superior, que deja al descubierto lo que se sabe o no y por esta razón puede resultar agobiante (Holliday et al., 1994). Así, los estudiantes necesitan aprender las ciencias como una práctica lingüística que impacta la sociedad, caracterizada por un lenguaje nominal, lleno de sustantivos abstractos, e intencionalmente distinto al lenguaje cotidiano. Por lo tanto, deben ser instruidos explícitamente en la técnica, formas, gramática y vocabulario propios del discurso científico (Prain & Hand, 1996). En este sentido, es el maestro quien debe generar un escenario donde los estudiantes puedan aprender las prácticas del lenguaje de la Química, a través de diferentes estrategias de

enseñanza como el análisis detallado de las demandas lingüísticas de los textos de naturaleza científica, lectura y escritura de diversos géneros literarios orientada por el profesor, es decir, ser enseñados no sólo en los conceptos químicos estudiados, sino en el aspecto semántico y sintácticos del campo del lenguaje (Candela, 2019).

En respuestas más largas obtenidas por parte de los estudiantes a este mismo ejercicio, se pueden identificar diversas dificultades en la redacción y su relación con la comprensión lectora. De hecho, en la siguiente *Viñeta* se puede notar que el estudiante no identifica los “*Tipos de Enlace químico*” como idea principal en ninguno de los dos textos, se le dificulta hacer una progresión temática en sus escritos, omitiendo conectores, signos de puntuación relación entre ideas.

P: “¿Cuál será la intención comunicativa de la persona que produjo cada video (1 y 2)?”

E: video 1: Explicar cuáles sustancias tienen compatibilidad con la electricidad al ser mezcladas con agua, esto probándolas con una bombilla como con el video 2, con diferentes sustancias todas con agua, agua destilada, ácido sulfúrico con agua etc.

Video 2: Explicar por qué el agua conduce la electricidad, ya que es una duda muy grande en la humanidad, el agua es un conductor de electricidad, ya que es una sustancia que tiene conductividad eléctrica con algunas otras sustancias, cosas etc. El propósito del video es explicarnos que conduce el agua y por qué lo hace. Lo hace porque el agua es capaz de hacer que los iones se puedan mover, y así hacer que sean conductoras de electricidad, como la sal dentro del agua, ya que en estado sólido no es conductora de agua. Y cuando no son conductoras en agua son las sustancias que no forman iones en agua que son no electrolitos como el azúcar. Además de que el agua destilada no conduce el agua ya que no contiene iones. En resumen, el video tiene como propósito darnos a entender cuando el agua es conductora de electricidad y cuando no, con diferentes sustancias.” (Viñeta 22:4)

Estos resultados indican la importancia de tener en cuenta la producción escrita del estudiante para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje del contenido estudiado. Por medio de esta, el docente puede dialogar con el estudiante acerca de su interpretación del texto y llegar a acuerdos conceptuales. De ahí que las actividades experimentales deben complementarse con la oralidad, la lectura y la escritura, pues a través de estas competencias se promueve la indagación, formulación de preguntas, generación de hipótesis, construcción de respuestas formales y finalmente, la comprensión del fenómeno químico observado (Candela, 2019). En resumen, los docentes deben implementar estrategias pedagógicas que ayuden a los estudiantes a identificar y seleccionar información relevante mediante la construcción de sus propios escritos y socialización de los mismos, así como ayudarlos a mejorar su atención durante la lectura, enseñando el contenido curricular a través del enfoque multimodal (Candela, 2018a).

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

De acuerdo con los objetivos planteados en esta investigación y las categorías emergentes del análisis de datos cualitativos, a continuación, se presentan las conclusiones formuladas para la investigación sobre el papel mediador de las estrategias de lectura de textos multimodales de naturaleza científica en la comprensión del Enlace Químico en estudiantes de grado noveno:

- La lectura de textos multimodales de naturaleza científica se presenta como una estrategia mediadora efectiva para promover la comprensión del Enlace Químico en estudiantes de grado noveno. Esto es debido a que se tiene en cuenta su contexto situacional, que se caracteriza por una interacción diaria con las pantallas, fascinación por el descubrimiento de diferentes recursos tecnológicos y apropiación de los mismos. La combinación de diferentes modos de representación, como texto escrito, imágenes, gráficos, diagramas, simuladores y videos, facilita la construcción de significado y la conexión de conceptos clave en relación con el concepto estudiado.
- El desarrollo de estrategias de lectura de textos multimodales de naturaleza científica implica la generación de decisiones curriculares e instruccionales fundamentadas en aspectos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos. Estas decisiones deben considerar la selección rigurosa de actividades de aprendizaje que representen el contenido del Enlace Químico, y permitan el desarrollo de las competencias representacionales en los estudiantes, mediante el diseño e integración de diferentes textos multimodales y multimediales en coherencia con los objetivos educativos.

- La documentación del uso de la lectura de textos multimodales como estrategia mediadora en la comprensión del Enlace Químico en estudiantes de grado noveno es esencial para comprender su efectividad y aplicabilidad en el contexto educativo. Durante el análisis de datos cualitativos, se identificaron categorías relevantes, como el desarrollo de las competencias representacionales, los marcadores de la gramática visual, los principios de aprendizaje multimedia, los elementos que influyen en la pedagogía y las dificultades observadas en los estudiantes. Estas categorías proporcionan ideas valiosas para mejorar las prácticas pedagógicas y optimizar la enseñanza del Enlace Químico.
- Mediante el desarrollo de la competencia representacional, se trabaja la habilidad para describir, analizar, y explicar los fenómenos químicos observados. Esto les permite a los estudiantes hacer conexiones entre diferentes redes semánticas y niveles de representación, para construir sus propias ideas. Con este propósito, los educadores deben empoderar a los aprendices a asumir un papel activo en su propio aprendizaje, promoviendo la escritura y el diseño de textos multimodales a partir del uso de la intertextualidad. Al identificar, interpretar y utilizar efectivamente los diferentes elementos representacionales, se potencia la independencia de los estudiantes, así como su rendimiento académico pues encuentra motivación que surge a partir de sus intereses personales.
- Los marcadores de la gramática visual, como el espacio; forma, color; luz; movimiento; dirección y símbolo, fueron claves para permitir el desarrollo de habilidades de la competencia lectora como el uso de la descripción a través de palabras y modelos de las representaciones. En la lectura del texto multimodal constituido por el simulador de electronegatividad del PhET estos elementos visuales se destacaron por brindar facilidad a los estudiantes en la interpretación y organización de la información científica, permitiendo una mayor comprensión de las características submicroscópicas del fenómeno estudiado.
- Al tener en cuenta los principios de aprendizaje multimedia en la enseñanza, se fomenta el uso del principio de la intertextualidad, los recursos tecnológicos y se

aprovecha la creatividad de los estudiantes para el diseño de sus propios materiales educativos. Para esto se debe orientar a los estudiantes a cuestionar los textos que leen y reformularlos en términos de su propia comprensión, desarrollando ejercicios prácticos de presentación de sus ideas escritas, en un diseño entrelazado con el uso de imágenes. Además, a través del uso de simuladores como *Biomodel*, se estimula la atención de los estudiantes al interactuar con moléculas a niveles submicroscópicos y simbólicos, que son los niveles de representación más abstractos para ellos.

- Los elementos que influyen en la pedagogía de la lectura de textos multimodales en relación con el Enlace Químico, se relacionan con la conformación de una comunidad donde los estudiantes sean capaces de formular preguntas y construir sus propias respuestas a partir de la reflexión de diferentes textos. También, se tiene en cuenta como elemento relevante, el reconocimiento de los diferentes niveles de representación de la química, a través del uso de la tecnología para mejorar la interactividad y la experiencia de aprendizaje. Así mismo, se promueve la motivación del estudiante mediante actividades de diseño que fomenten la participación activa, la intertextualidad y el pensamiento crítico, obteniendo como resultado la transducción y el conocimiento transformador a partir del contenido estudiado.
- A pesar de la intervención pedagógica, algunos estudiantes presentaron serias dificultades asociadas a la poca atención, selección de textos incompleta o inadecuada y capacidad limitada en la redacción de sus escritos, durante todo el transcurso de la investigación. Esto evidencia la necesidad en ellos, del desarrollo de las competencias representacionales en los niveles iniciales, empleando la descripción de los fenómenos experimentados a partir de las características físicas observables. Así como, la enseñanza explícita del uso descriptivo de los niveles de representación submicroscópico y simbólico, las características complejas del Lenguaje Escolar de las Ciencias y estrategias de comprensión de lectura que implican la intertextualidad y la multimodalidad. Esto con el fin de la enculturación de los estudiantes con las prácticas lingüísticas del discurso científico y superar cada vez más el lenguaje monoregistro y las concepciones alternativas.

5.2 Recomendaciones

Seleccionar y adaptar recursos educativos apropiados y de calidad que respalden la implementación efectiva de estrategias de lectura multimodales en el contexto de la enseñanza del Enlace Químico, para garantizar que las actividades pedagógicas diseñadas sean relevantes, comprensibles y coherentes con los objetivos del estudio.

Se sugiere explorar investigaciones longitudinales para evaluar la transferencia y la durabilidad de los efectos de la intervención a largo plazo, y también investigar la influencia de factores contextuales, como el entorno educativo y las características individuales de los estudiantes, en la efectividad de las estrategias de lectura multimodales.

A. Anexo: Consentimiento informado para participantes de la investigación

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los acudientes y los participantes menores de edad en esta investigación, una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como el rol de los participantes en esta.

La presente investigación es conducida por Mónica Vidal Catamusca, de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. El objetivo general de este estudio es interpretar el papel mediador de las estrategias de lectura de textos multimodales de naturaleza científica, para la comprensión del Enlace Químico en los estudiantes de grado noveno

Si su hijo accede a participar en este estudio, se le pedirá responder preguntas en una entrevista (o completar una encuesta, o lo que fuera según el caso). Esto tomará aproximadamente 30 minutos de su tiempo. Lo que conversemos durante estas sesiones se grabará, de modo que el investigador pueda transcribir después las ideas que usted haya expresado.

La participación de mi hijo(a) es voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas al cuestionario y a la entrevista serán codificadas usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas. Una vez transcritas las entrevistas, los videos con las grabaciones se guardarán como evidencia para el único uso de la sustentación del trabajo de investigación.

Si tiene alguna duda sobre este trabajo de investigación, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas durante la entrevista le parece incómoda, tiene derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Desde ya le agradecemos la participación de su hijo(a):

Acepto que mi hijo(a) participe voluntariamente en esta investigación, conducida por_____. He sido informado (a) de que la meta de este estudio es

Me han indicado también que mi hijo(a) tendrá que responder cuestionarios y preguntas en una entrevista, lo cual tomará aproximadamente ____ minutos.

Reconozco que la información que mi hijo(a) provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a Mónica Vidal Catamusca al correo: mvidalc@unal.edu.co

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a _____ al correo anteriormente mencionado.

Nombre del Participante
(en letras de imprenta)

Firma del Acudiente

Fecha

B. Anexo: Documentos Metodológicos

Recuerde que los documentos mencionados en la metodología los encuentra disponibles para su consulta en <https://estrategiaslecturamultimodal.blogspot.com/>

Bibliografía

- Bizzio, M. de los Á., Guirado, A. M., Maturano Arrabal, C. I., & Soliveres, M. A. (2021). Análisis lingüístico y didáctico de un texto de ciencias como base para la propuesta de actividades de lectura. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 16(2). <https://doi.org/10.14483/23464712.16743>
- Campanario, J. M., & Moya, A. (1999). *¿Cómo enseñar ciencias? Principales Tendencias y Propuestas* (Vol. 17, Issue 2).
- Candela, B. (2018a). Capítulo 9. Los recursos semióticos y la educación en ciencias. In *El lenguaje y las múltiples representaciones externas como estrategia de pensamiento en el aprendizaje de las ciencias* (pp. 95–105).
- Candela, B. (2018b). Capítulo 11. El lenguaje de la Química y los tres niveles de representación. In *El lenguaje y las múltiples representaciones externas como estrategias de pensamiento en el aprendizaje de las ciencias* (pp. 115–130).
- Candela, B. (2018c). La lectura comprensiva: un instrumento para aprender ciencias. *Revista Práxis, Educación y Pedagogía*, 62–79.
- Candela, B. (2019). Oralidad, lectura y escritura competencias mediadoras del aprendizaje del currículo de Química: el caso del equilibrio químico. *Revista Científica*, 37(1), 18–29.
- Candela, B., & Espinoza, T. (2016). El lenguaje como una estrategia para el aprendizaje de los temas del currículo de las ciencias. *Vol. 9 No. 17, 9(17)*, 73–88.
- Candela, B. F. (2017). Adaptación del instrumento metodológico de la representación del contenido (ReCo) al marco teórico del CTPC. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 12(2), 158. <https://doi.org/10.14483/23464712.11175>
- Candela, B. F. (2019). Oralidad, lectura y escritura competencias mediadoras del aprendizaje del currículo de Química: el caso del equilibrio químico. *Revista Científica Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 37(1), 18–29.

-
- Candela, B. F., & Espinosa, T. (2016). El lenguaje como una estrategia para el aprendizaje de los temas del currículo de ciencias. *Vol 9. No. 17, 9(17)*, 73–88.
- Candela, B. F., & Viáfara, R. (2017). *Aprendiendo a enseñar Química* (Ramirez Potes Francisco, Ed.; 2017th ed.). Universidad del Valle.
- Candela Rodríguez, B. F. (2017). Perspectivas que han direccionado la investigación y consolidación de la Educación en Ciencias como una disciplina científica. *Praxis, 13(2)*, 181–198. <https://doi.org/10.21676/23897856.2365>
- Candela Rodríguez, B. F. (2023). *El lenguaje multimodal: elemento constitutivo de la educación en ciencias desde una perspectiva sociocultural* (Universidad del Valle, Ed.; 1st ed.). Colección Libros de Investigación Educación y Pedagogía.
- De Posada, & María, J. (1999). *Concepciones de los alumnos sobre el Enlace Químico antes, durante y después de la enseñanza. Problemas de aprendizaje. 17(2)*, 227–245.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2012). Introducción. Ingresando al campo de la investigación cualitativa. In M. E. Perrone (Ed.), *Manual de la investigación cualitativa* (pp. 1–29).
- Dos Santos, L., & Fernandes, A. (2014). Enseñanza del Enlace Químico desde una Perspectiva Situación-Problema. *Formacion Universitaria, 7(6)*, 45–52. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062014000600006>
- Duit, R. (2006). La Investigación sobre la Enseñanza de las Ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa, 11(30)*, 741–770. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14003003>
- Fang, Z. (2006). The language demands of science reading in middle school. *International Journal of Science Education, 28(5)*, 491–520. <https://doi.org/10.1080/09500690500339092>
- Fantini, V., Caraballo, D., Cucci, G., Ferrante, C., Graieb, A., Hurovich, V., Merwaiss, F., & Joselevich, M. (2014). *La integración de las TIC en las aulas de Ciencias Naturales. Experiencias de “Escuelas de Innovación.”* Fundación Iberoamericana para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Fernandez, C., & Ribeiro, M. (2006). Concepções sobre ligação química. *Química Nova Na Escola, 24*, 20–24.
- García, B. (2018). *La aplicabilidad de la materia Física y Química en la mejora de la comprensión oral y escrita del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria. Un*

- ejemplo de aplicación en 3° ESO*. Publicaciones Didácticas.
<https://core.ac.uk/reader/235851910>
- Golombek, D. (2008). *Aprender y enseñar ciencias. del laboratorio al aula y viceversa*.
- Hernández, S. A., & Zacconi, F. C. (2010). *Alfabetización científica. Química al alcance de todos* (Universidad Nacional del Sur, Ed.).
<https://www.researchgate.net/publication/266099092>
- Hodson, D. (2013). La educación en ciencias como un llamado a la acción. *Archivos de Ciencia de La Educación*, 7(7), 1–15.
http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.6577/pr.6577.pdf
- Holliday, W. G., Yore, L. D., & Alvermann, D. E. (1994). The reading–science learning–writing connection: Breakthroughs, barriers, and promises. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 877–893. <https://doi.org/10.1002/tea.3660310905>
- Howell, E., Butler, T., & Reinking, D. (2017). Integrating multimodal arguments into high school writing instruction. *Journal of Literacy Research*, 49(2), 181–209.
<https://doi.org/10.1177/1086296X17700456>
- Jewitt, C. (2008). Multimodality and literacy in school classrooms. In *Review of Research in Education* (Vol. 32, pp. 241–267). SAGE Publications Inc.
<https://doi.org/10.3102/0091732X07310586>
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In *Visualization in Science Education* (pp. 121–145). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_8
- Kress, G., & Leeuwen, T. (2017). Reading images -The grammar of visual desing. *VNU Journal of Foreign Studies*, 33(6), 164–168. <https://js.vnu.edu.vn/FS/>
- Kumpha, P., Suwannoi, P., & Treagust, D. F. (2014). Thai Grade 10 Students Conceptual Understanding of Chemical Bonding. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 657–662. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.458>
- Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, Learning, and Values*.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED362379.pdf>
- Lemke, J. L. (1992). Intertextuality and Educational Research. *Linguistic and Education*, 4, 257–267.
- Márquez, C. (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. *Abril-Junio*, 27–38.

- Martínez, P. (2021). *La comprensión lectora como estrategia para la resolución de problemas en química, con estudiantes de grado décimo del colegio La Salle Villavicencio* [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma de Manizales.
- Maturano, C., Soliveres, M., Perinez, C., & Álvarez, I. (2016). *Enseñar ciencias naturales es también ocuparse de la lectura y del uso de nuevas tecnologías*. 27(56), 103–117.
- Mullis, I. V. S., & Jenkins, L. (1988). *The science report card: elements of risk and recovery, trends and achievement based on the 1986 National Assessment*. Educational Testing Service.
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (1994). Interpreting Pragmatic Meaning When Reading Popular Reports of Science. *JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING*, 31(9), 947–967.
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2002). How Literacy in Its Fundamental Sense Is Central to Scientific Literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240.
<https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- Ortíz, L. (2017). *La estrategia de escribir para aprender: el caso del equilibrio químico*. Universidad del Valle.
- Pozo, J. I., & Gómez, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*.
- Prain, V., & Hand, B. (1996). Writing for learning in secondary science: rethinking practices. *Teaching & Teacher Education*, 12(6), 609–626.
- Riboldi, L., Pliego, Ó., & Odetti, H. (2004). *El Enlace Químico: una conceptualización poco comprendida*. 22(2), 195–212.
- Sabariego, J., & Manzanares, M. (2006). *Alfabetización científica*.
- Sanmarti, N. (1996). *Para aprender ciencias hace falta aprender a hablar sobre las experiencias y sobre las ideas*.
- Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de casos* (J. Morata, Ed.; 2nd ed.).
- Stenhouse, L. (2003). *Investigación y desarrollo del curriculum* (Morata S.L., Ed.; Quinta, pp. 194–221). Heinemann Educational Books.
- Strauss, A. L., & Corbin, J. M. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundada*. Editorial Universidad de Antioquía, Facultad de Enfermería de la Universidad de Antioquía.

Tesis doctoral-Stockholm. (n.d.).

Tytler, R., & Prain, V. (2022). Supporting Student Transduction of Meanings Across Modes in Primary School Astronomy. *Frontiers in Communication*, 7. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2022.863591>

Underwood, T., & Pearson, P. D. (2004). Chapter 7: Teaching struggling adolescent readers to comprehend what they read. In *Adolescent Literacy Research and Practice* (pp. 135–161).

Unsworth, L. (2001). Framing perspectives: Changing dimensions of school literacies. In *Teaching multiliteracies across the curriculum : changing contexts of text and image in classroom practice* (pp. 1–21). Open University.

Volkwyn, T. S., Airey, J., Gregorcic, B., & Heijkenskjöld, F. (2019). Transduction and Science Learning: Multimodality in the Physics Laboratory. *Designs for Learning*, 11(1), 16–29. <https://doi.org/10.16993/dfl.118>