



LA REGULACIÓN METACOGNITIVA EN EL APRENDIZAJE DEL ENLACE
QUÍMICO EN ESTUDIANTES DEL GRADO NOVENO DE LA I.E. LA LIBERTAD
DEL VALLE DEL GUAMUEZ (PUTUMAYO)

MELVA JOHANA TUTALCHÁ CHAMORRO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MANIZALES

2021

LA REGULACIÓN METACOGNITIVA EN EL APRENDIZAJE DEL ENLACE
QUÍMICO EN ESTUDIANTES DEL GRADO NOVENO DE LA I.E. LA LIBERTAD
DEL VALLE DEL GUAMUEZ (PUTUMAYO)

MELVA JOHANA TUTALCHÁ CHAMORRO

Proyecto de grado para optar al título de Magister en Enseñanza de las ciencias

Tutora

Mg. VALENTINA CADAVID ALZATE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MANIZALES

2021

DEDICATORIA

A Dios por darme salud, paciencia, perseverancia y dedicación para obtener esta meta.

A mi madre por darme la vida, por tus consejos, por enseñarme hacer mejor persona, por tu apoyo y amor incondicional.

A mi esposo y mi hijo, por la paciencia que tuvieron en este tiempo, son mi fuente de inspiración y quienes me hacen levantar cada día para lograr cada sueño. Los amo.

A mi padres, hermanas y hermano, por su apoyo constante, por sus palabras que me animaron a seguir adelante.

A mis amigos y amigas, por brindarme esa mano de colaboración para conseguir este sueño, por motivarme y por su amistad.

Les agradezco a todos... esta meta está dedicada a ustedes. Muchas gracias

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser parte de mi vida, por darme fuerzas para seguir adelante.

A mi familia, gracias a todos, cada uno de ustedes aportó para que este sueño se hiciera realidad.

A la profesora Valentina, por su dedicación, tiempo y esfuerzo, sus consejos siempre me motivaron para dar lo mejor de mí.

Gracias a mi amigos y profesores del colegio, personas importantes que aportaron al desarrollo de este proyecto y por creer en mí.

Gracias a todos por estar en el momento adecuado, con las palabras correctas, por aportar cada uno su grano de arena y hacer este sueño una realidad. Infinitas gracias.

RESUMEN

El presente trabajo interpreta la relación de la regulación metacognitiva durante el aprendizaje del enlace químico vinculando los niveles de representación (submicroscópico, macroscópico y simbólico), usando un análisis cualitativo descriptivo y de contenido semántico, marcando las oraciones que evidenciaron el desarrollo de los procesos metacognitivos: planear, monitorear y evaluar a medida que resolvían problemas del tema de estudio. Esta investigación se realizó con 10 estudiantes del grado noveno de la Institución educativa La libertad del Valle del Guamuez (Putumayo), tomando una muestra significativa de 5 estudiantes, quienes representan la generalidad de los resultados que se hallaron. Dentro de los resultados se evidencia inicialmente que, los estudiantes presentan procesos de la regulación metacognitiva básicos y modelos explicativos que demuestran que no hay un conocimiento claro de los conceptos previos del tema estudiado. Luego de la intervención de la unidad didáctica mediada por la regulación metacognitiva y por un modelado metacognitivo por parte de la docente, se deduce un avance de los procesos de la regulación metacognitiva que permitieron resolver los problemas planteados. Se concluye que entre la regulación cognitiva y el aprendizaje del enlace químico establecen una relación de desarrollo de los procesos de planeación, monitoreo y evaluación, que permitieron al estudiante pensar y reflexionar sobre su forma de aprender, incrementar la toma de decisiones, la autonomía y la conciencia al realizar una tarea específica; y mejorar la comprensión del tema de enlace químico a través de los niveles de representación de la química.

Palabras Claves: Metacognitiva, regulación, aprendizaje, enlace químico, niveles de representación

ABSTRACT

The present work interprets the relationship of metacognitive regulation during the learning of chemical bond linking the levels of representation (submicroscopic, macroscopic and symbolic), using a descriptive qualitative analysis and semantic content, marking the sentences that evidenced the development of metacognitive processes: plan, monitor and evaluate as they solve problems of the study topic. This research was carried out with 10 students from the ninth grade of the Educational Institution La Libertad del Valle del Guamuez (Putumayo), taking a significant sample of 5 students, who represent the generality of the results found. Within the results it is initially evidenced that the students present basic metacognitive regulation processes and explanatory models that demonstrate that there is no clear knowledge of the previous concepts of the subject studied. After the intervention of the didactic unit mediated by metacognitive regulation and by metacognitive modeling by the teacher, an advance of the processes of metacognitive regulation that allowed solving the problems posed is deduced. It is concluded that between the cognitive regulation and the learning of the chemical bond establish a relationship of development of the planning, monitoring and evaluation processes, which allowed the student to think and reflect on their way of learning, increase decision-making, autonomy and awareness when performing a specific task; and improve understanding of the topic of chemical bonding through the levels of representation of chemistry.

Keywords: Metacognitive, regulation, learning, chemical bonding,

CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN.....	14
2	ANTECEDENTES.....	16
3	ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	20
3.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	20
3.2	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	22
4	JUSTIFICACIÓN.....	23
5	REFERENTE TEÓRICO.....	25
5.1	LA METACOGNICIÓN: DEFINICIÓN Y CONTROL COGNITIVO DE FLAVELL.....	25
5.1.1	Dimensiones De La Metacognición.....	27
5.1.2	Regulación Metacognitiva.....	27
5.1.3	Metacognición Y Su Relación Con El Aprendizaje.....	29
5.1.4	Estrategias Metacognitivas.....	31
5.1.5	Metacognición En El Aprendizaje De La Química.....	32
5.2	ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL ENLACE QUÍMICO.....	33
5.3	NIVELES DE REPRESENTACIÓN EN QUÍMICA.....	35
5.3.1	El Nivel Submicroscópico.....	35
5.3.2	El Nivel Macroscópico.....	36
5.3.3	El Nivel Simbólico.....	36
5.4	REVISIÓN HISTÓRICA EPISTEMOLÓGICA DEL TEMA DE ENLACE QUÍMICO.....	38

5.5	MODELOS CONCEPTUALES DEL ENLACE QUÍMICO.....	41
6	OBJETIVOS	44
6.1	OBJETIVO GENERAL.....	44
6.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	44
7	METODOLOGÍA	45
7.1	ENFOQUE Y ALCANCE.....	45
7.2	POBLACIÓN Y CONTEXTO.....	45
7.3	UNIDAD DE TRABAJO	46
7.4	CONSIDERACIONES ÉTICAS	46
7.5	UNIDAD DE ANÁLISIS	47
7.5.1	Categoría Regulación Metacognitiva	47
7.5.2	Categoría Aprendizaje Del Enlace Químico	48
7.6	TÉCNICAS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	49
7.6.1	Instrumentos A Lápiz Y Papel	49
7.6.2	El Protocolo De Pensamiento En Voz Alta.....	49
7.7	UNIDAD DIDÁCTICA.....	50
7.8	DISEÑO METODOLÓGICO	51
7.9	PLAN DE ANÁLISIS	52
8	RESULTADOS.....	54
8.1	INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO INICIAL – PRETEST	54
8.1.1	Situación Problema No 1 – Sustancias Puras.....	54

8.1.2	Situación Problema No 2 – Estructura Atómica	57
8.2	NIVEL SUBMICROSCÓPICO.....	59
8.3	NIVEL MACROSCÓPICO.....	62
8.4	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN FINAL - POSTEST	65
8.4.1	Situación Problema No 1 – Sustancias Puras.....	65
8.4.2	Situación Problema No 2 – Estructura Atómica	68
9	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	71
9.1	ANÁLISIS INSTRUMENTO INICIAL – PRETEST.....	71
9.2	ANÁLISIS NIVEL SUBMICROSCÓPICO	73
9.3	NIVEL MACROSCÓPICO.....	78
9.4	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN FINAL – POSTEST	80
10	CONCLUSIONES.....	87
11	RECOMENDACIONES	89
12	REFERENCIAS	90
13	ANEXOS.....	94

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los Modelos Conceptuales del Tema de Enlace Químico.	42
Tabla 2. Descripción de los Modelos Explicativos del Tema de Enlace Químico.....	42
Tabla 3. Categoría Regulación Metacognitiva	47
Tabla 4. Categoría Aprendizaje del Enlace Químico	48
Tabla 5. Descripción de la Unidad Didáctica.....	50
Tabla 6. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Inicial, Proceso Planeación.....	54
Tabla 7. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Inicial, Proceso Monitoreo	55
Tabla 8. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Inicial, Proceso Evaluación	56
Tabla 9. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Inicial, Proceso Planeación.....	57
Tabla 10. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Inicial, Proceso Monitoreo	58
Tabla 11. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Inicial, Proceso Evaluación	59
Tabla 12. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento II, Proceso Planeación	60
Tabla 13. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento II, Proceso Monitoreo	61
Tabla 14. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento II, Proceso Evaluación	62
Tabla 15. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento IV, Proceso Planeación	63

Tabla 16. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento IV, Proceso Monitoreo	64
Tabla 17. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento IV, Proceso Evaluación	65
Tabla 18. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Final, Proceso Planeación.....	66
Tabla 19. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Final, Proceso Monitoreo	67
Tabla 20. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Final, Proceso Evaluación	68
Tabla 21. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Final, Proceso Planeación.....	68
Tabla 22. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Final, Proceso Monitoreo	70
Tabla 23. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Final, Proceso Evaluación	70
Tabla 24. Procesos de Regulación Metacognitivos Iniciales y Finales.....	84
Tabla 25. Modelos Explicativos Iniciales y Finales.....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Descripción del Diseño Metodológico.....	52
Figura 2. Ubicación de Elementos Electropositivos y Electronegativos con Colores.....	58
Figura 3. Estructuras de Lewis Elaboradas por los Estudiantes.....	76
Figura 4. Resultados de la Situación Problema No 2 del Instrumento Final.....	82

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Unidad Didáctica	94
Anexo B. Entrevista Inicial	125
Anexo C. Entrevista Intermedia	126
Anexo D. Entrevista Final	127

1 PRESENTACIÓN

El tema de enlace químico es un tema abstracto que requiere vincular los tres niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico para su comprensión (Gilbert y Treagust, 2009), además es difícil relacionarlo con la realidad (Furió y Furió, 2000). Además, las principales dificultades para comprender el tema de enlace químico se encuentran: la naturaleza abstracta que requiere para su comprensión la correcta utilización de los tres niveles de representación: macroscópico, submicroscópico y simbólico; tener conocimiento de varios conceptos previos como átomo, molécula, estructuras cristalinas, naturaleza corpuscular y eléctrica de la materia, etc.; y su escasa relación con la vida cotidiana (Alvarado, 2005; Raviolo y Lerzo, 2016). Esto se evidencia en el aula de clases, cuando el estudiante se le dificulta comprender la naturaleza química de la materia, los términos no son entendibles, no vinculan los niveles de representación y su aprendizaje es más memorístico. Por su parte, el estudiante depende del docente, es poco participativo, no es consciente de sus decisiones y de su forma de aprender.

Por las razones mencionadas, este proyecto investigó la relación entre la regulación metacognitiva durante el aprendizaje del enlace químico. Cabe resaltar que la regulación metacognitiva dentro de los procesos de aprendizaje ha causado un impacto positivo de acuerdo a lo investigado por Cadavid (2013), quién afirma que la regulación metacognitiva permite generar espacios que favorecen la toma de conciencia de los estudiantes, el conocimiento de sí mismos como aprendices y la regulación de sus propios procesos de aprendizaje, así mismo, estos espacios pueden contribuir a la comprensión tridimensional de las moléculas, mejoraron la competencia representacional de los estudiantes. Por su parte, Hurtado (2019) destaca la importancia del papel de la metacognición en la comprensión oral y escrita, en la atención y memoria en el desarrollo de problemas, los estudiantes mejoraron en proponer diversas soluciones para una tarea, identificaron sus obstáculos de aprendizaje y como superarlos.

Esta investigación se realizó con 10 estudiantes del grado noveno de la Institución Educativa La Libertad del Valle del Guamuez (Putumayo), aplicando una unidad didáctica

conformada por seis instrumentos a lápiz y papel, mediante los cuales se evidencia el desarrollo de los procesos de la regulación metacognitiva a medida que resuelven problemas de enlace químico mediado por la regulación metacognitiva y por un modelado metacognitivo realizado por la docente. Este estudio tiene un enfoque cualitativo descriptivo y se recolectó la información mediante los instrumentos a lápiz y papel, entrevistas y protocolos de pensamiento en voz alta.

El análisis de los resultados se hizo mediante un análisis de contenido semántico, utilizando marcadores textuales para rastrear el desarrollo de procesos de la regulación metacognitiva y triangulación de la información para relacionar las categorías de estudio: regulación metacognitiva y enlace químico con los autores de referencia. Cabe destacar que la regulación metacognitiva durante el aprendizaje de enlace químico, establecen una relación de desarrollo de los procesos de planeación, monitoreo y evaluación, que permiten al estudiante pensar en su forma de aprender, ser más consciente y autónomo, controlando y regulando su aprendizaje. Además, de mejorar la comprensión del tema vinculando los niveles de representación, incrementar su nivel de retención y análisis de información, tomar decisiones de acorde a su aprendizaje y posiblemente generar un aprendizaje profundo de los conceptos previos del enlace químico.

2 ANTECEDENTES

Las investigaciones que a continuación se citan, resaltan la importancia de los niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico en el aprendizaje del enlace químico como el impacto de la regulación metacognitiva en la realización de una tarea o aprendizaje específico.

En las investigaciones realizadas por Alvarado (2005) y Raviolo y Lerzo (2016), afirman que las principales razones que dificultan la comprensión del tema de enlace químico son: la naturaleza abstracta que requiere para su comprensión la correcta utilización de los tres niveles de representación: macroscópico, submicroscópico y simbólico; tener conocimiento de varios conceptos previos como átomo, molécula, estructuras cristalinas, naturaleza corpuscular y eléctrica de la materia, etc.; y su escasa relación con la vida cotidiana. Destacan que los docentes enseñan los tres niveles de representación simultáneamente, siendo una razón para que los estudiantes se les dificulte aprender este tema. Si un nivel es difícil para un estudiante, esto puede afectar a los otros niveles (Bajar-Sales, Avilla y Camacho, 2015, p.4).

Según Furió y Furió (2000) en su estudio sobre las dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos, resaltan que al estudiante le resulta difícil relacionar los conceptos abstractos con la realidad y no comprenden las interpretaciones submicroscópicas y macroscópicas de los fenómenos químicos, por esta razón es importante el uso de representaciones visuales como una manera para acercarse al mundo submicroscópico y facilitar su aprendizaje. Según Santos-Fernandes y Fernandes-Campos (2014), al relacionar el tema de enlace químico con la vida cotidiana del alumno, y las propiedades macroscópicas y submicroscópicas de las sustancias químicas, mejoraron el aprendizaje de la naturaleza electrostática del enlace iónico y metálico, ya que los estudiantes representaron correctamente las estructuras cristalinas y, la fabricación de estructuras utilizando palillos y bolas de espuma de poliestireno fueron importantes porque hicieron el tema menos abstracto. Estrategia que resulta muy importante en el desarrollo de la habilidad visoespacial para la comprensión de moléculas orgánicas tridimensionales.

Autores como Velásquez y León (2011) afirman que las representaciones visuales facilitan el aprendizaje de temas que se caracterizan por ser muy teóricos y poco prácticos, y permiten el desarrollo de la inteligencia viso-espacial, la cual estimula la creación de imágenes con el fin de explicar una idea; el desarrollo de la memoria visual para ejecutar y recrear percepciones; la práctica del arte visual, entre otras habilidades centrales que caracterizan este tipo de inteligencia.

Furió y Furió (2000), Santos-Fernandes y Fernandes-Campos (2014) y Velásquez y León (2011), destacan la importancia de las representaciones visuales en el proceso de enseñanza y para facilitar el aprendizaje de temas abstractos. Para esta investigación las representaciones visuales serán una herramienta valiosa para comprender el nivel submicroscópico y que no se enfoque solamente en un aprendizaje en representaciones verbales, simbólico y con algoritmos sin sentido, monótono y con poca profundidad en el conocimiento científico. Además, es importante utilizar situaciones problema cotidianas para relacionar el concepto de enlace químico con el entorno estudiantil, de manera que facilite el aprendizaje de este tema (Campanario, 2000). Según los autores mencionados anteriormente, es evidente que el tema del enlace químico al ser abstracto resulta difícil de aprender, por ello se pretende articular la regulación metacognitiva en el aprendizaje de este tema.

Autores como Brown y Sullivan (1987) reconocen que, al aplicar un enfoque metacognitivo, el estudiante aumenta la conciencia cuando realiza una tarea, escoge las estrategias más adecuadas para una determinada tarea y pueden monitorear la efectividad de las estrategias empleadas. Por su parte, Cadavid (2013) afirma que la regulación metacognitiva permite generar espacios que favorecen la toma de conciencia de los estudiantes, el conocimiento de sí mismos como aprendices y la regulación de sus propios procesos de aprendizaje, así mismo, estos espacios pueden contribuir a la comprensión tridimensional de las moléculas, mejoraron la competencia representacional de los estudiantes.

Por su parte, Jaramillo y Simbaña (2014) afirman que la regulación metacognitiva permite que el estudiante tome conciencia del proceso de enseñanza y/o aprendizaje, con la capacidad y autonomía de crear estrategias para resolver problemas, se involucra en su enseñanza, reflexiona sobre su aprendizaje y modifica sus técnicas cognitivas para generar nuevos conocimientos. Igualmente, en la investigación realizada por Salazar (2017) sobre los procesos de regulación metacognitiva para mejorar los resultados académicos de los alumnos mediante el desarrollo y adquisición de habilidades metacognitivas, logró que los estudiantes tomaran conciencia de los obstáculos de aprendizaje y propusieran soluciones para mejorar el desempeño académico. Resalta la importancia de la motivación, el rol del docente, la utilización de una diversidad de estrategias para desarrollar la competencia aprender a aprender y la formación de un estudiante más autónomo y reflexivo. Además, destaca que la regulación metacognitiva permite que los estudiantes planifiquen y monitoreen sus estrategias a través de etapas, creando una conciencia de aprender desde la auto-reflexión.

Por otra parte, Pacheco (2017) afirma que al trabajar con los procesos de la regulación metacognitiva (planear, monitorear y evaluar), el estudiante desarrolla un cierto grado de conciencia en la selección de tareas y en la construcción de planes elaborados, inician con un proceso de identificar sus dificultades en la realización de tareas y encontrar una solución; empiezan a cuestionar la eficacia de sus estrategias, a evaluar su desempeño y los cambios que deberían hacer para mejorar su proceso de aprendizaje. En los docentes, la regulación metacognitiva le aporta para conocer los procesos de aprendizaje de sus estudiantes con relación a la ciencia enseñada y ajustar su proceso de enseñanza. Cabe destacar la investigación realizada por Tamayo, Cadavid y Montoya (2019) con estudiantes de primaria, en la cual reconocen la metacognición como una estrategia para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, este último especialmente en la adquisición de un conocimiento profundo. Además, sugieren trabajar el desarrollo del conocimiento y la conciencia metacognitiva desde edades tempranas.

Finalmente, Hurtado (2019) en su estudio investigó el papel de la regulación metacognitiva para potenciar el aprendizaje de las funciones orgánicas y el mecanismo de

reacción de adición electrofílica en modelos geométricos tridimensionales. Destaca la importancia del papel de la metacognición en la comunicación de la información, persuasión oral, comprensión oral, en la comprensión escrita, en la escritura, en la adquisición del lenguaje, en la atención, memoria, en el desarrollo de problemas, cognición social y en varios tipos de autocontrol y auto instrucción; los estudiantes mejoraron en proponer diversas soluciones para una tarea, identificaron sus obstáculos de aprendizaje y como superarlos, y compararon sus modelos con los planteados por la ciencia.

3 ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El enlace químico es un tema fundamental para comprender cambios físicos y químicos de la estructura atómica y molecular, y muchos otros fenómenos relacionados con las reacciones químicas. Sin embargo, la naturaleza abstracta de este tema ha ocasionado problemas en los estudiantes para vincular el nivel de representación submicroscópico a los niveles macroscópico y simbólico (Gilbert y Treagust, 2009). Se aclara que en química se trabajan con tres niveles de representación que son el nivel submicroscópico, el nivel macroscópico y el nivel simbólico.

El nivel macro está representado por lo “tangible”, por aquello a lo cual accedemos por medio de nuestros sentidos. Al nivel micro lo componen átomos, moléculas, iones y las diferentes estructuras. Al nivel representacional o simbólico lo constituyen los símbolos, fórmulas, ecuaciones, gráficos, formalización, etc. (Cutrera y Stipich, 2016, p.6).

En química el estudiante debe comprender el nivel submicroscópico para poderlo explicar a nivel macroscópico. En ambos niveles utilizan el nivel simbólico como una manera de comunicación. Sin embargo, el estudiante construye representaciones sin comprender que ocurre a nivel submicroscópico. Esto sucede al aprender el tema de enlace químico, que al ser un tema teórico es fundamental comprender la interacción entre átomos o moléculas, cuyo proceso no se puede comprobar de manera experimental y no es visible para el estudiante, en consecuencia, es un tema difícil de aprender.

El aprendizaje de este tema se ve limitado a comprenderlo mediante las estructuras de Lewis y nube electrónica (en el caso del enlace metálico) y por la diferencia de electronegatividad, dejando “vacíos” de lo que realmente ocurre al unirse los átomos o moléculas. Para el estudiante le resulta difícil comprender el nivel submicroscópico a nivel atómico y molecular, y se le facilita aprender lo que es visible como las diversas sustancias

iónicas, covalentes y metálicas, y a partir de las cuales se pueden estudiar sus propiedades y explicarse mediante el nivel simbólico.

Desde mi experiencia como docente de química, he podido evidenciar en el estudiante, que su motivación e interés por el aprendizaje se ve afectado cuando no aprende el tema, en especial cuando son teóricos y que no se puede comprobar mediante la experimentación como es el tema del enlace químico. Al ser teórico, utiliza términos difíciles de comprender con definiciones muy abstractas que son poco reconocidas por el estudiante. Presentan dificultad para comprender la naturaleza del enlace químico y establecer relaciones con los tipos de enlace y con las propiedades características de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas. Las representaciones del enlace químico, es un lenguaje que no lo comprenden y les resulta difícil establecer relaciones entre este tema y la formación de sustancias que usan a diario.

En consecuencia, la mayor parte de los estudiantes aprenden este tema de memoria, no fortalece otros procesos cognitivos como de pensamiento, lenguaje, atención y percepción. Asumen una actitud pasiva, desinteresada, poco participativa, en consecuencia, no desarrollan su creatividad, su capacidad de argumentación, de análisis, de resolución de problemas y su pensamiento crítico. Desarrolla una dependencia al docente, es inseguro de lo que ha aprendido y con poco sentido consciente de su proceso de aprendizaje. Por ello, al incluir la regulación metacognitiva en el proceso de aprendizaje permitirá desarrollar en el educando escenarios donde puede planear, monitorear y evaluar su aprendizaje, de manera que el estudiante controle y regule su aprendizaje, tome conciencia de sus habilidades y dificultades, sea más autónomo, desarrolle sus procesos cognitivos, propicie espacios de reflexión con el docente para mejorar las estrategias de enseñanza y facilitar el aprendizaje.

La metacognición y sus dimensiones (conocimiento metacognitivo, conciencia metacognitiva y la regulación metacognitiva) han tenido gran acogida en el campo de la educación, debido a las relaciones para controlar los procesos cognitivos y mejorar la enseñanza y aprendizaje (Flavell, 1979). En el presente trabajo se investigará la regulación metacognitiva en el aprendizaje del tema de enlace químico, dimensión de gran impacto en

la educación porque desarrolla procesos como planear, monitorear y evaluar que le permiten al estudiante regular y tomar conciencia de su aprendizaje, además de fortalecer habilidades de orden superior.

Por lo anterior, la regulación metacognitiva en el proceso de aprendizaje potencia en el estudiante su capacidad para planear, monitorear y evaluar las estrategias al desarrollar una actividad escolar, mejorando la atención que le permitirán controlar y hacer seguimiento a su aprendizaje y fortalecer los procesos cognitivos. Además, podrá fijarse metas y en función de cumplirlas seleccionará las estrategias y recursos necesarios, incrementando su nivel de compromiso, desarrollando su autonomía, la capacidad de autoevaluarse, y en especial tomando conciencia y reflexionando en la forma en que aprende, contribuyendo a regular y mejorar su aprendizaje. Por ello, en la presente investigación se incorporará la regulación metacognitiva en el aprendizaje del enlace químico en los estudiantes del grado noveno en la Institución educativa La Libertad del Valle del Guamuez (Putumayo), desarrollando en el estudiante los procesos de regulación metacognitiva, que tienen muchas ventajas para mejorar su aprendizaje, según las investigaciones mencionadas anteriormente.

3.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta lo antes planteado surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la relación entre la regulación metacognitiva durante el aprendizaje del enlace químico?

4 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación estudia la relación de la regulación metacognitiva en el aprendizaje de un tema abstracto como es el enlace químico. Este es muy importante en el aprendizaje de la química para comprender la estructura molecular de la materia, las relaciones físicas y químicas de las sustancias, conocer las fuerzas de atracción que se ejercen entre los átomos y establecer diferencias de un mundo macroscópico a uno submicroscópico; sin embargo, por ser teórico y poco práctico, se hace un tema de difícil comprensión para el estudiante. Cabe resaltar que hasta el momento no se han encontrado trabajos relacionados a la regulación metacognitiva en el aprendizaje del enlace químico.

La regulación metacognitiva potencia en el estudiante su capacidad para planear, monitorear y evaluar, las cuales se fortalecerán a medida que se desarrollen las actividades o tareas propuestas en la unidad didáctica. Al desarrollar estos procesos de regulación metacognitiva, el estudiante incrementará su capacidad de pensar en estrategias, seleccionar las mejores, identificar sus dificultades y solucionarlas y evaluar la eficacia de las estrategias en virtud de cumplir con el objetivo de la tarea asignada. La regulación metacognitiva en temas específicos de la ciencia mejora su comprensión relacionando el conocimiento científico con la realidad y en consecuencia se genera un aprendizaje profundo en el estudiante. Además, para facilitar la comprensión del nivel submicroscópico y la relación con lo macroscópico y simbólico se emplearán las representaciones visuales, las cuales potencian la inteligencia espacial al desarrollar la habilidad viso-espacial que le permite al estudiante visualizar, formar y representar imágenes desde tres dimensiones, contribuyendo a su sentido de orientación para comprender las imágenes desde la percepción espacial del observador.

Se destaca que la incorporación de la regulación metacognitiva en el proceso de aprendizaje del enlace químico permitirá una transformación en el aula en los roles del docente y del estudiante, y en la didáctica. El estudiante será un participante activo, con la capacidad de tomar conciencia de su rol que lo lleve a reflexionar sobre su proceso de aprendizaje, adquiriendo los procesos para planear, monitorear y evaluar las estrategias útiles para desarrollar tareas, y para controlar y regular su aprendizaje. De manera que el

estudiante se involucra en su proceso de aprendizaje, dándole la oportunidad de fijarse metas y de cumplirlas mediante la selección de estrategias y recursos necesarios, incrementando su nivel de compromiso, desarrollando su autonomía, la capacidad de autoevaluarse, aportando en su formación integral y en el desarrollo de su pensamiento crítico, con habilidades para resolver dificultades, con sentido lógico y crítico ante las eventualidades de su entorno y con gran capacidad de proponer soluciones.

Por su parte, el docente obtendrá información útil de sus estudiantes para mejorar sus estrategias de enseñanza, escuchará propuestas de los estudiantes y fortalecerá los lazos afectivos. En la didáctica, contribuirá a la comprensión del tema de enlace químico, como resultado de las reflexiones de estudiante sobre su proceso de aprendizaje y del docente sobre su proceso de enseñanza que aportaran a mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje y acercarlo a comprender y construir el conocimiento científico. Por las anteriores razones, la regulación metacognitiva será de gran ayuda para mejorar el aprendizaje del tema de enlace químico y la actitud de los estudiantes de grado noveno de la institución educativa la Libertad del Valle del Guamuez (Putumayo).

5 REFERENTE TEÓRICO

Se presenta el referente teórico sobre el concepto de la metacognición, sus categorías, la relación de la metacognición en el aprendizaje en general y en química, y se dan a conocer diversas estrategias metacognitivas. Además, se describe el tema de aprendizaje de enlace químico, los niveles de representación en química y la reseña histórico epistemológico de este tema.

5.1 LA METACOGNICIÓN: DEFINICIÓN Y CONTROL COGNITIVO DE FLAVELL

Etimológicamente la palabra metacognición, se compone del prefijo meta y el sufijo cognición, *meta* proviene del griego que significa “más allá” y *cognición* del latín *cognoscere* que significa “conocer”. Por ello, la metacognición se refiere más allá del conocimiento (Burón, 1999) o donde ocurre el pensamiento sobre el pensamiento (Nelson y Narens, 1990). Uno de los primeros autores en utilizar la palabra metacognición fue Jhon Flavell y a quién se le atribuye la paternidad del término. Según Flavell (1979), la metacognición hace referencia al control cognitivo que tiene el sujeto, es decir, al conocimiento o conciencia que tiene acerca de sus propios procesos y productos cognitivos para alcanzar una meta, con el fin de reflexionar sobre las operaciones cognoscitivas, influenciados por la conciencia, el monitoreo (supervisión, control y regulación) y evaluación de los procesos cognitivos.

Flavell en 1979 estudió el control cognitivo como resultado de la interacción de cuatro componentes que son: el conocimiento metacognitivo, las experiencias metacognitivas, las metas (tareas) y las acciones (o estrategias). El conocimiento metacognitivo resulta del conocimiento de las creencias personales, tareas (o metas) y estrategias que influyen en la estructura cognitiva, resultando experiencias metacognitivas y que han generado un proceso cognitivo de pensamiento y conciencia (Flavell, 1979). Las creencias personales se pueden dar de dos formas, una sobre el sujeto mismo (intra-individuales) y la otra es sobre otros la creencia que se tiene de otros sujetos (interindividual). En las creencias sobre las tareas, se relacionan las características de una

tarea como su comprensión, su extensión, grado de familiaridad y de motivación. Finalmente, las creencias sobre las estrategias se relacionan con la efectividad de esta para alcanzar una meta u objetivo.

El conocimiento metacognitivo puede tener un número concreto de efectos importantes sobre la empresa cognitiva (estructura) de niños y adultos. Puede llevar a seleccionar, evaluar, revisar y abandonar una tarea cognitiva, a la luz de los objetivos y de las estrategias y de sus relaciones con los demás y con propias habilidades e intereses respecto a la empresa. Del mismo modo, puede dar lugar a una amplia variedad de experiencias metacognitivas sobre sí mismo, sobre las tareas, metas y estrategias y también puede ayudarle a interpretar el significado y las implicaciones del comportamiento en esas experiencias metacognitivas. (Flavell, 1979, p.907).

En los estudios realizados por Flavell, se hace evidente la influencia del conocimiento metacognitivo en el proceso de enseñanza y/o aprendizaje, y como las experiencias metacognitivas pueden determinar el comportamiento del estudiante y las estrategias a utilizar para cumplir con una determinada tarea y alcanzar un objetivo trazado. Resalta la importancia de que los aprendices tengan experiencias metacognitivas que estimulen pensamiento consciente y seguridad en el estudiante; por ello Flavell considera que toda actividad escolar requiere una planificación y una evaluación, creando espacios de pensamiento y sentimientos acerca de su propio pensamiento, para surgir en muchos casos un tipo de control calidad que las experiencias metacognitivas pueden ayudar. (Flavell, 1979, p.908). En consecuencia, los estudiantes con más experiencias metacognitivas desarrollaran sus procesos cognitivos, mejorando su desempeño escolar.

Flavell realizó aportes significativos al concepto de metacognición, en como el conocimiento metacognitivo está sujeto a las experiencias metacognitivas y como estas pueden llevar a un proceso de crear conciencia en los estudiantes, haciendo que reflexionen sobre el logro del objetivo en una tarea o si deben modificar o cambiar las estrategias en virtud de alcanzar la meta, convirtiendo el fracaso en una oportunidad para mejorar a nivel

cognitivo, que se reflejara en un mejor rendimiento académico y a la vez poder evaluar el proceso de enseñanza. La metacognición se estudia desde tres dimensiones que son: conocimiento metacognitivo, conciencia metacognitiva y regulación metacognitiva.

5.1.1 Dimensiones De La Metacognición

Se presenta la conceptualización de las dimensiones de la metacognición, teniendo en cuenta su naturaleza y énfasis, según lo propuesto por Brown (1987) y Tamayo (2006).

- **Conocimiento Metacognitivo:** Conocimiento que tienen las personas sobre sus propios procesos cognitivos. Para Flavell (1979), el conocimiento metacognitivo es el conocimiento de las creencias de las personas, las tareas o las estrategias. Existen tres tipos de conocimiento: declarativo (saber del aprendiz), conocimiento procedimental (saber hacer, es el proceso) y conocimiento condicional (es cognitivo y conceptual, saber la estrategia que se debe utilizar).
- **Conciencia Metacognitiva:** Es un saber de naturaleza intra-individual. Es el conocimiento que tiene el estudiante sobre los propósitos para realizar las actividades escolares y la conciencia sobre su propio progreso (Tamayo, 2006). Esto le permite al estudiante tener control sobre los procesos y productos del aprendizaje (Flavell, 1979).
- **Regulación (o control) Metacognitivo:** Se refiere al conjunto de actividades que ayudan al estudiante a controlar su aprendizaje, se relaciona con las decisiones del aprendiz antes, durante y después de realizar cierta tarea de aprendizaje (Tamayo, 2006). La dimensión de la regulación metacognitiva, es el objeto de estudio en el presente trabajo.

5.1.2 Regulación Metacognitiva

Describe cómo monitorean y controlan los estudiantes sus procesos cognitivos al momento de seleccionar estrategias para alcanzar el objetivo planteado (monitoreo) o realiza acciones que modifican los procesos cognitivos o comportamientos (control) para lograr los objetivos (Nelson y Narens, 1990). La regulación metacognitiva se clasifica en tres procesos, según lo planteado por Brown (1987) y Tamayo (2006):

- **Proceso de la Planeación:** Es la selección de estrategias apropiadas y la localización de factores que afectan el rendimiento; la predicción, las estrategias de secuenciación y la distribución del tiempo o de la atención selectiva antes de realizar la tarea; consiste en anticipar las actividades, prever resultados, enumerar pasos.
- **Proceso del Monitoreo:** Se refiere a la posibilidad que se tiene, en el momento de realizar la tarea, de comprender y modificar su ejecución, por ejemplo, realizar autoevaluaciones durante el aprendizaje, para verificar, rectificar y revisar las estrategias seguidas.
- **Proceso de la Evaluación:** Realizada al final de la tarea, se refiere a la naturaleza de las acciones y decisiones tomadas por el aprendiz; evalúa los resultados de las estrategias seguidas en términos de eficacia.

Entre las ventajas de promover la regulación metacognitiva en los procesos de enseñanza y sobre todo de aprendizaje, Brown y Sullivan (1987) y Tamayo (2006) destacan lo siguiente:

- El estudiante aumentará su grado de conciencia, mejorando en la selección y monitoreo de estrategias, según la demanda de la tarea. También le permitirá reconocer sus fortalezas y debilidades.
- Se fortalece la autonomía en el estudiante, mejora la atención y su forma de aprender, mediante la auto-regulación de nuevos aprendizajes.
- El desarrollo de la metacognición incidirá a nivel social, en su toma de decisiones y en su forma de actuar.
- Se extiende por muchos dominios, no se encierra en un área específica (Tamayo, 2006).
- Se genera un aprendizaje en profundidad y desarrollo del pensamiento crítico (Tamayo, 2006).
- Se facilita el aprendizaje y el docente puede mejorar su proceso de enseñanza.

En el campo educativo, la metacognición y lo propuesto por Flavell, tuvo lugar a finales del siglo XX, con los inicios del enfoque constructivista.

5.1.3 Metacognición Y Su Relación Con El Aprendizaje

Las investigaciones de Flavell tuvieron una repercusión inmediata en el campo de la investigación educativa con la entrada de los enfoques constructivistas en la enseñanza y el aprendizaje en 1980, centrados cada vez más en los aprendientes y por tanto en sus procesos de aprendizaje: cómo aprenden y qué estrategias utilizan para transformar la información en conocimiento (Torres, 2015, p.79).

La investigación metacognitiva en el ámbito escolar se enfoca en los procesos de enseñanza y aprendizaje y no sólo en los productos finales o resultados. Además, la metacognición pretende fortalecer en el estudiante la toma de conciencia y la consigue cuando sabe que se quiere conseguir (objetivos) y saber cómo (autorregulación y estrategias) (Burón, 1999). La metacognición se desarrolla en el estudiante en todo el proceso de aprendizaje, regulando la forma en que aprende, mejora su conducta, toma decisiones conscientes cuando realiza una actividad escolar, tiene claro los objetivos, usando los medios adecuados para cumplirlos, es capaz de autorregularse y de evaluar los resultados. Por el contrario, cuando el estudiante no tiene claro los objetivos, carece de la capacidad de autorregularse, es distraído y se le dificulta evaluar los resultados (Burón, 1999).

Tamayo (2006) afirma que al articular la metacognición en la enseñanza de las ciencias se generan procesos de enseñanza y aprendizajes profundos, los estudiantes autorregularan sus propios aprendizajes, se desarrolla la actividad mental que favorece el aprendizaje de las ciencias donde el conocimiento se construirá de manera consciente y a partir del reconocimiento de los conocimientos previos para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En el caso de las ciencias, al incorporar la metacognición se desarrollan habilidades metacognitivas específicas de este dominio que acercara al estudiante al conocimiento científico.

La metacognición es especialmente importante para la educación y para la didáctica de las ciencias debido a que incide en la adquisición, comprensión, retención y aplicación de lo que se aprende; su influencia se da además sobre la eficacia del aprendizaje, el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Tamayo, 2006, p.301).

Por su parte, el docente debe ofrecer las herramientas y los espacios de reflexión necesarios para desarrollar en el estudiante las habilidades metacognitivas mediante actividades que lleven al estudiante a tomar conciencia de su propio pensamiento y aprendan a regular los procesos cognitivos involucrados en el desarrollo y comprensión de una tarea de aprendizaje específica (Bajar-sales et al., 2015). El estudiante al regular su aprendizaje fortalecerá su autonomía y sus procesos cognitivos que le permitirán desarrollar su pensamiento crítico y relacionar el conocimiento con su realidad.

Para Monereo (1995), la metacognición es importante para la didáctica y plantea tres principios generales:

- Enseñar a los estudiantes a conocerse mejor como aprendientes, es decir, a identificar sus dificultades, habilidades y preferencias cuando aprenden para conseguir un mejor ajuste entre sus expectativas de éxito y los resultados obtenidos, y, por otra parte, para facilitar la posibilidad de que adapten las tareas de aprendizaje a sus necesidades personales y a construir su propia identidad como aprendientes.
- Enseñar a los alumnos a reflexionar sobre su propio aprendizaje: analizar las decisiones regulativas que toman durante la planificación, la monitorización y la valoración de sus actuaciones al realizar una tarea.
- Enseñar a los estudiantes a establecer con ellos mismos un diálogo consciente cuando aprenden, ayudándoles a ser prepositivos, a entrar en las intenciones de los demás para ajustarse mejor a sus expectativas y demandas, a activar sus conocimientos previos sobre los contenidos tratados.

La didáctica enfocada en metacognición requiere de estrategias metacognitivas, las cuales potencian el desarrollo de procesos de la regulación metacognitiva.

5.1.4 Estrategias Metacognitivas

La intención de las estrategias metacognitivas es desarrollar un aprendizaje profundo en el estudiante, desde el conocimiento que ya tiene, mediante estrategias metacognitivas que involucran apuntes, notas, cuadros, esquemas, grabaciones, entre otras.

Las estrategias metacognitivas expresan la función ejecutiva, estrategias que requieren planificación para el aprendizaje, como pensar en el proceso de aprendizaje que está teniendo lugar; en el control de producción o la comprensión; y en la evaluación de aprendizaje después de completar una actividad (Torres, 2015, p.86).

Las estrategias metacognitivas potencia el desarrollo de las habilidades metacognitivas, por ello se hace necesario que el docente implemente este tipo de estrategias, que le permitan al estudiante regular su aprendizaje, reflexionar sobre sus propios procesos mentales y sobre las estrategias que pueden resultar más eficaces (Burón, 1999). Se ha comprobado que la implementación de estrategias metacognitivas potencia las habilidades cognitivas de orden superior, atencionales y control de la memoria, autoconfianza y conduce a un aprendizaje independiente y significativo (Mitsea y Drigas, 2019, p.4). Además, mejoro la capacidad de los estudiantes para construir explicaciones científicas y aprendieron de manera crítica (Mitsea y Drigas, 2019). Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se deduce que las estrategias metacognitivas permitirán el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas, mejorando en el estudiante la memoria de trabajo y la capacidad para sintetizar, analizar, argumentar y regular su aprendizaje. Además, contribuirán al aprendizaje del conocimiento científico y aplicar este conocimiento para comprender varios fenómenos que ocurren en el entorno.

Campanario (2000), propone diversas actividades con orientación metacognitiva para la enseñanza de las ciencias. Estas estrategias están divididas en dos bloques. En el primer bloque están dirigidas al profesor en clase como programas explícitos, dar a conocer los objetivos del proceso de enseñanza aprendizaje, insistir en el componente problemático del conocimiento, aplicación de los conocimientos científicos a la realidad cotidiana, el

recurso a la historia de la ciencia, desarrollo de enfoques multidisciplinares y uso de la evaluación como instrumento metacognitivo.

En el segundo bloque se encuentran las estrategias orientadas al alumno como las actividades: predecir-observar-explicar, mapa conceptual, diagrama en V de Gowin, uso adecuado de la bibliografía, resolución de problemas como pequeñas investigaciones, resolución de problemas con soluciones contraintuitivas, realización de actividades de materialización, elaboración de un diario, empleo de autocuestionarios, preguntas cortas para contestar por escrito y formulación de preguntas por parte de los propios alumnos.

Existen una gran diversidad de estrategias metacognitivas, fáciles de implementarse en el aula y desarrollar en el estudiante sus procesos metacognitivos y de orden superior, que le facilitaran su proceso de aprendizaje, especialmente en temas teóricos como el de enlace químico.

5.1.5 Metacognición En El Aprendizaje De La Química

La metacognición en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química han logrado obtener aprendizajes profundos y promover el aprendizaje autónomo en el estudiante, que debería ser uno de los objetivos de la educación (Sandi-Urena y Cooper, 2010). El desarrollo de las habilidades metacognitivas se ha favorecido en los ambientes de aprendizaje adecuados como los laboratorios de química, en los cuales se llevan a cabo las experiencias prácticas, donde el estudiante planifica procedimientos, se da la toma de decisiones y adquiere habilidades para desarrollar problemas. Además, el estudiante razona permitiendo reflexionar y ser consciente de sus habilidades.

También, al aplicar las estrategias metacognitivas a la comprensión de textos científicos, ha permitido deducir la importancia de que el estudiante relacione lo que lee con alguna experiencia que tenga en su mente. De esta manera, el estudiante le da sentido a lo que está leyendo y lo comprende. La comprensión a la que el lector llega durante la lectura se deriva de sus experiencias acumuladas, experiencias que entran en juego a medida que decodifica las palabras, frases, párrafos e ideas del autor (cognición) y una vez

hecho ese proceso regulador de conocimientos pone en uso la evaluación de ese conocimiento (metacognición) (López, Márquez y Vera, 2008, p.62)

Las estrategias metacognitivas pueden ser de gran ayuda al momento de comprender diversos textos científicos, consiguiendo la comprensión del texto, reconociendo el vocabulario propio de la química y lo relacione con sus propias experiencias, donde el estudiante pueda concernir la química con la cotidianidad y asociar el aprendizaje con la realidad. El desarrollo de habilidades metacognitivas en la enseñanza de la química exige instrucción y práctica para regular y controlar su proceso cognitivo (López et al., 2008), de esta manera se logra un proceso reflexivo constante, creando consciencia en el estudiante para reconocer sus destrezas, sus dificultades y como superarlas.

5.2 ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL ENLACE QUÍMICO

El tema del enlace químico es un tema abstracto que por su complejidad ha limitado a una enseñanza de nivel simbólico y macroscópico, dejando a un lado el nivel submicroscópico. Esto ha causado que este tema sea complicado de aprender para los estudiantes, debido a las concepciones alternativas que tienen de este y a su capacidad cognitiva ya que requieren el conocimiento de varios conceptos (García y Garritz, 2006 y De Posada, 1999).

Para los estudiantes solo existen dos tipos de enlace verdaderos que son el iónico y covalente, dado que el marco de trabajo del octeto sólo proporciona un modelo coherente para el enlace iónico y covalente, los estudiantes clasifican los enlaces metálicos, polares y los puentes de hidrógeno como alguna otra cosa distinta de verdaderos enlaces químicos (García y Garritz, 2006, p.114).

La falta de comprensión de la interacción entre átomos o moléculas que ocurre a nivel submicroscópico y que no es observable para el estudiante, es una de las principales dificultades en el aprendizaje del enlace químico. En consecuencia, algunos aplican nociones claramente macroscópicas al mundo atómico. Esas ideas procedentes del mundo macroscópico guían sus predicciones llevándolos a resultados incorrectos (De Posada,

1999, p.239), por ello presentan dificultad en comprender la naturaleza de la unión entre átomos e iones, no concibiendo la existencia de fuerzas atractivas electrostáticas que permiten la unión.

La introducción de las estructuras de Lewis presenta una indudable importancia didáctica; sin embargo, éstas se suelen presentar haciendo uso de la idea de compartición de electrones como factor justificador de la atracción de los átomos. Cuando se presenta la fuerza electrostática como explicación en la unión de los iones en el enlace iónico y la compartición de electrones en el enlace covalente, probablemente hacemos pensar a los alumnos que esta última se trata de una nueva fuerza, diferente a las cuatro que todos conocemos (electromagnética, gravitatoria, débil y fuerte) (De Posada, 1999, p.240).

Esta falta de claridad de la naturaleza del enlace químico influye al momento de relacionar el nivel submicroscópico con el nivel macroscópico y simbólico. El estudiante se limita a explicar lo que comprende, sin explicaciones profundas de lo que ocurre a nivel atómico y molecular. Además, la falta de concepciones alternativas de los estudiantes en algunos conceptos científicos son una dificultad al momento de comprenderlos, debido a que no los pueden conectar con lo que conocen y por ello no pueden producir aprendizajes significativos (De Posada, 1999).

García y Garritz (2006) destacan que las concepciones alternativas del enlace covalente se resumen en seis conjuntos: polaridad del enlace, forma molecular, fuerzas intermoleculares, polaridad de las moléculas, regla del octeto y estructuras continuas covalentes. Mientras que para el enlace iónico se agrupan en tres conjeturas: La conjetura de la valencia, la conjetura histórica y la conjetura de solamente de fuerzas. Evidenciándose en los estudiantes la falta de claridad al representar un enlace químico (nivel de representación submicroscópico) y en la relación con las propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas.

Para mejorar la comprensión del tema de enlace químico, De Posada (1999) sugiere:

Utilizar dibujos de sustancias químicas puras o mezclas, en los cuales aparezcan un gran número de partículas, mostrando la existencia de moléculas y cómo se encuentran distribuidos en el espacio los diferentes átomos o iones de las sustancias implicadas. Seleccionar cuidadosamente tramos de la historia de las ciencias o experiencias muy próximas a lo cotidiano del alumno, que conectadas con los esquemas conceptuales de éstos pongan de manifiesto: la discontinuidad de la materia; la existencia de iones; la formación de redes atómicas, moleculares, cristalinas y metálicas; etc. Utilizar la notación gráfica de iones de diferente tamaño y color al de los átomos de procedencia para reforzar la idea de que tienen distintas propiedades (p.241).

A partir de lo propuesto por De Posada (1999), se pretende un acercamiento del estudiante al nivel submicroscópico mediante la realización de actividades que le permitan observar y comprender la existencia de átomos, iones y moléculas, y como interaccionan para formar nuevas sustancias. Además, cabe destacar la importancia de las representaciones visuales, para comprender el nivel submicroscópico.

5.3 NIVELES DE REPRESENTACIÓN EN QUÍMICA

Los niveles de representación en química son: el submicroscópico, el macroscópico y el simbólico, estos niveles son imprescindibles en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química.

5.3.1 El Nivel Submicroscópico

Es la explicación de por qué los materiales y las sustancias se comportan como lo hacen (Bajar-Sales et al., 2015). Se relaciona con las moléculas, iones, interacciones eléctricas y todo lo que no se observa a simple vista, solo es accesible con la imaginación, como lo afirma Gilbert y Treagust (2009):

La imaginación es un componente clave de los avances en química en el nivel de investigación, así como de la rica comprensión de los estudiantes de que su importancia no puede ser subestimado, y haríamos bien en aumentar la conciencia

de nuestros estudiantes al respecto para que puedan intentar desarrollar sus habilidades de visualización (p.12).

La imaginación resulta siendo una herramienta que permitirá crear una realidad de los átomos, iones y moléculas para los estudiantes y acercarlo a lo submicroscópico. Para Gilbert y Treagust (2009), es indispensable la modelización de los fenómenos químicos para representar lo submicroscópico. En consecuencia, las representaciones visuales potenciarán la imaginación y las habilidades de visualización en el estudiante, acercándolo a conocer y comprender el nivel submicroscópico.

5.3.2 El Nivel Macroscópico

Representa lo real para el estudiante y se percibe con los sentidos como las sustancias, las propiedades de las sustancias, las reacciones químicas, una balanza etc. Se enfoca en el trabajo de laboratorio y práctico que permite el estudio perceptible de la química, además el estudiante podrá manipular e interactuar con diversas sustancias químicas.

La práctica puede motivar a los estudiantes estimulando el interés y el disfrute; enseñar habilidades de laboratorio; mejorar el aprendizaje del conocimiento científico; dar una idea del método científico y desarrollar experiencia en su uso; desarrollar "actitudes científicas", como mentalidad abierta y objetividad (Gilbert y Treagust, 2009, p.111).

El nivel macroscópico representa lo que es tangible para el estudiante, para ello requiere una comprensión clara del nivel submicroscópico, para que las explicaciones de los diversos fenómenos tengan el carácter científico y los relacione con su entorno, evitando discursos repetitivos sin sentido y sin conocimiento de lo que ocurre a nivel atómico y molecular.

5.3.3 El Nivel Simbólico

Es la representación de sustancias químicas y reacciones químicas que representa tanto descripciones macroscópicas y explicaciones submicroscópicas (Bajar-Sales et al., 2015). Entre los símbolos más utilizados se encuentran los números, letras, símbolos alfanuméricos utilizados en la representación de aspectos específicos de las estructuras

atómica y molecular (por ejemplo, líneas para representar enlaces covalentes simples y múltiples; representación de configuraciones electrónicas) (Cutrera y Stipcich, 2016, p.12) y también es la combinación de símbolos y modelos (Gilbert y Treagust, 2009).

Para una mayor comprensión de la química, es necesario vincular el nivel submicroscópico al nivel macroscópico mediante el uso del nivel simbólico, facilitando la relación de lo teórico y lo que no es visible para los estudiantes con su entorno y lo práctico, de esta manera el aprendizaje de la química no se limite a representaciones y símbolos con dificultades para relacionarlo con la realidad y con el nivel submicroscópico, y aprender química sería más agradable y comprensible.

Gilbert y Treagust (2009), proponen vincular los tres niveles de representación, haciendo distinción de cada uno de ellos a los estudiantes y desarrollar el pensamiento micro-macro, que se refiere a la comprensión del sistema corpuscular "Bloques de construcción" de la química, los átomos y moléculas, para comprender claramente los fenómenos de la vida real. Además, de fortalecer las representaciones visuales, que podría ser más que una herramienta de aprendizaje para explicar los algoritmos y las representaciones verbales.

En el caso del aprendizaje de temas abstractos como es el enlace químico, al vincular el nivel submicroscópico al nivel macroscópico se facilitará la comprensión de lo que ocurre a nivel atómico y molecular, de manera que el estudiante que lo relacione con los diversos tipos de enlace, con su formación, con las propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas, y con su entorno. Por lo tanto, el docente debe promover la enseñanza de la química desde los tres niveles de representación, fortaleciendo la relación del conocimiento científico con la realidad, brindando las herramientas y los ambientes de aprendizaje adecuados para este fin, haciendo el aprendizaje de la química con más sentido y como una ciencia práctica que está presente en la cotidianidad.

5.4 REVISIÓN HISTÓRICA EPISTEMOLÓGICA DEL TEMA DE ENLACE QUÍMICO

La revisión histórica del tema del enlace químico permitirá realizar una deducción de los modelos explicativos que poseen los estudiantes. Además, brindará información sobre las diversas conceptualizaciones del enlace químico que han surgido a través del tiempo para comprender los procesos de aprendizaje permitiendo identificar los cambios conceptuales y sus obstáculos epistemológicos, definir los conceptos estructurales que favorecen la superación de obstáculos y construir el conocimiento desde el ámbito social e individual (González, 2017).

El concepto de enlace químico inicia con las primeras nociones sobre la composición de la materia, siendo el átomo la partícula fundamental que la materia. Leucipo y Demócrito cerca del año 450 a. de C, propusieron que la materia estaba constituida por pequeñas partículas llamadas átomos y postularon lo siguiente: los átomos son partículas sólidas, indivisibles, con distinciones entre átomos diferentes, que están en continuo movimiento y las diferentes sustancias con sus cualidades distintas están hechas de átomos con diferentes formas, arreglos y posiciones (González, 2017). Este último postulado, es un primer acercamiento al concepto de enlace químico, donde las sustancias resultan de las colisiones entre los átomos cuando están en continuo movimiento en el vacío infinito.

En la edad media prevalecía la fe sobre la razón y los científicos eran considerados brujos, sin embargo, la experimentación tomo su lugar. Cabe destacar al filósofo, matemático y físico Descartes (1596-1650) quién propuso el modelo mecanicismo centrando sus trabajos en la materia y el movimiento. Isaac Newton (1643-1727) en “Query 31” de su Opticks concibe que los átomos se unen mediante algún tipo de fuerzas, posiblemente por una afinidad entre ellas. La noción de afinidad se usó para distinguir entre uniones físicas y químicas (González, 2017). La conceptualización de enlace químico empieza a tomarse desde una afinidad que presentan los átomos y se mantienen unidas por algún tipo de fuerza.

En el siglo XVIII, la Química se establece como una ciencia experimental gracias a los aportes de Antoine Lavoisier, quién propuso el concepto de elemento, la Ley de Conservación de la Materia, y es considerado el padre de la química moderna. Hamphry Davy (1778-1829), introdujo las primeras ideas sobre la naturaleza eléctrica del enlace químico que surgieron gracias al conocimiento de la naturaleza eléctrica de la materia y pudo comprobar que las sustancias se descomponían al pasar la corriente eléctrica (Espinoza, 2004). El concepto de enlace químico adquiere otro sentido desde la naturaleza eléctrica, donde los elementos se unen mediante fuerzas eléctricas para formar compuestos.

A mediados del siglo XIX, los científicos se preocuparon por el estudio de la estructura de la materia. Destacándose varios científicos como John Dalton (1766-1844), Jacob Berzelius (1779-1846), Crookes (1832-1919), Thomson (1856-1940), Chadwick (1891-1974), Rutherford (1871-1937), Goldstein (1850-1930), Bohr (1885-1962) y Sommerfeld (1868-1951), quienes aportaron para definir la estructura del átomo y las partículas que lo conforman, conceptos de gran importancia en el estudio del tema de enlace químico.

En 1900, el físico alemán Paul Drude (1863-1906) propuso la teoría del electrón libre o del mar de electrones, que consiste en un modelo que proporciona una base de la mecánica clásica para la conductividad de los metales y se basa en la aplicación de la teoría cinética a los electrones en un sólido. Esta teoría fue de gran utilidad para predecir la existencia de un tipo de enlace químico con metales, lo que actualmente se conoce como enlace metálico.

En 1916, el fisicoquímico estadounidense Gilbert Lewis (1875-1946) propuso que un enlace químico se forma por la interacción conjunta de dos electrones compartidos y creó el término molécula impar cuando un electrón no es compartido. En este mismo año, junto a Max Trautz, desarrollaron la teoría de las colisiones, en la que dan explicación a la energía que se requiere para que ocurra una reacción química, propuso las representaciones por estructuras de Lewis y enunció la regla del octeto. En este mismo año, el fisiólogo y químico alemán Albrecht Kossel (1853-1921) introdujo el concepto de la electrovalencia

por transferencia de electrones de un átomo a otro para formar iones con estructura de gas noble.

En 1919, el físico y químico estadounidense Irving Langmuir (1881-1957), revisa los trabajos de Lewis y Kossel, deduciendo la existencia de dos tipos de enlace: covalente y electrovalente. En el covalente se comparte electrones, mientras que en el electrovalente se da por transferencia de electrones. En ambos tipos de enlaces se debe conseguir la estructura de un gas noble, es decir tener ocho electrones. Posteriormente el inglés Nevil Vincent Sidgwick (1873-1952) amplió el concepto de covalencia a los compuestos inorgánicos, introduciendo la noción de enlace covalente coordinado y sus aplicaciones en compuestos complejos o de coordinación. En 1924, el físico francés Louis de Broglie planteo que si la energía podía ser particulada, la materia también podía entenderse como energía en forma de ondas. Se reconocen dos tipos de enlace químico, el tipo de enlace que es por compartición de electrones y otro tipo de enlace que ocurre por transferencia de electrones.

En 1926, el físico alemán Heisenberg (1901-1976), formulo el principio de incertidumbre, en este mismo año, el físico austríaco Schrödinger (1887-1961) planteo las ecuaciones de Schrödinger, las cuales delimitan regiones en el espacio (orbitales) donde es probable de hallar un electrón. Como la ecuación de Schrödinger no resuelve exactamente para sistemas de más de un electrón, surgieron dos métodos aproximados generales para tratar el enlace químico. El primero de ellos, el de los *electrones de valencia*, introducido por W. Heitler y F. Londón en 1927. Posteriormente Linus Pauling y J.C. Slater extendieron sus ideas hasta elaborar la teoría general del enlace químico conocida como teoría del *enlace de valencia* o teoría *HLSP*.

En 1927, Walter Heitler (1904-1981) y Fritz London (1900-1954) desarrollaron la Teoría del Enlace de Valencia (TEV), la cual consiste en que los orbitales atómicos se solapan en una zona donde se localizan los electrones del enlace, para ello es necesario que los átomos tengan electrones desapareados (Sánchez, s.f.). En 1932, el químico, bioquímico y activista estadounidense Linus Carl Pauling (1901-1994) concibió la noción

de electronegatividad y estableció la *escala de Pauling*, útil para la predicción de la naturaleza de los enlaces químicos. Al inicio de la década de 1967, Pauling comenzó a publicar sus investigaciones sobre la naturaleza del enlace químico y creó el concepto de hibridación de los orbitales atómicos.

Años posteriores, el físico Friedrich Hund (1896-1997) y el físico y químico Robert Mulliken (1896-1986), propusieron la teoría de los orbitales moleculares (TOM). Los orbitales moleculares se suelen describir como combinaciones lineales de orbitales atómicos (CLOA). El orbital molecular de menor energía se forma cuando se solapan dos orbitales atómicos, manteniendo unidos a los dos electrones de cada orbital, por lo que se denomina orbital molecular enlazante. Sin embargo, se forma otro orbital molecular, que posee una energía mayor que la suma de las energías de los dos orbitales atómicos separados. Este orbital molecular se denomina antienlazante y es destructivo, es decir, si los electrones se encontraran en este orbital, los dos átomos se repelerían.

5.5 MODELOS CONCEPTUALES DEL ENLACE QUÍMICO

La revisión histórico epistemológica del tema de enlace químico permitió identificar 6 modelos conceptuales (ver tabla 1), brindando información valiosa para la investigación en relación a: la forma de aprender del estudiante, el estado inicial sobre este tema, prever posibles dificultades de aprendizaje y cómo los conceptos han evolucionado para comprender el enlace químico de forma más detallada. Además, al incluir la regulación metacognitiva, se estudió la relación que existe de esta categoría en el proceso de aprendizaje del tema de enlace químico, deduciéndose los modelos explicativos descritos en la tabla 2.

Tabla 1. Descripción de los Modelos Conceptuales del Tema de Enlace Químico.

Modelo Conceptual	Ideas o Características del Modelo
<i>Modelo de las colisiones Siglo V</i>	Los átomos están chocando continuamente, como resultados de enganchan a otros átomos.
<i>Modelo Clásico – Fuerzas Siglo XVII</i>	Los átomos se unen por algún tipo de fuerzas, debido a una afinidad entre átomos.
<i>Modelo clásico – electrostático Siglo XVIII</i>	Los elementos se unen mediante fuerzas electrostáticas.
<i>Modelo compartición – transferencia Inicios Siglo XX</i>	Los átomos comparten electrones y los transfieren para adquirir la estructura de un gas noble.
<i>Modelo cuántico Mediados del Siglo XX</i>	El enlace químico ocurre por solapamiento de orbitales atómicos y hibridación de los orbitales moleculares.
<i>Modelo cuántico actual Finales del Siglo XX</i>	El enlace químico ocurre por la presencia de orbitales moleculares enlazantes. Cuando no hay enlace químico, participan los orbitales moleculares no enlazantes.

En la tabla 1, se describen los modelos conceptuales encontrados al realizar la revisión histórica del tema de enlace químico. Autoría propia

Tabla 2. Descripción de los Modelos Explicativos del Tema de Enlace Químico

Modelo Explicativo	Ideas de los Estudiantes que dan Cuenta de las Características de un Modelo Conceptual
<i>Modelo de las colisiones</i>	Los estudiantes expresan que los átomos están chocando continuamente, como resultados de la unión con otros átomos.
<i>Modelo clásico - fuerzas</i>	Ideas que pueden dar cuenta de que los átomos se unen por algún tipo de fuerzas, debido a una afinidad entre átomos.
<i>Modelo clásico - electrostático</i>	Los estudiantes pueden indicar que los elementos se unen mediante fuerzas electrostáticas.
<i>Modelo de transferencia y compartición</i>	Los estudiantes explican que los átomos comparten electrones y los transfieren para adquirir la estructura de un gas noble.

Modelo cuántico

Comprensión del enlace químico a causa del solapamiento de orbitales atómicos y hibridación de los orbitales moleculares.

Modelo cuántico actual

Interpretación del enlace químico ocurre por la presencia de orbitales moleculares enlazantes. Cuando no hay enlace químico, participan los orbitales moleculares no enlazantes.

En la tabla 2, se describen los modelos explicativos deducidos a partir de los modelos conceptuales y forma de aprender del estudiante. Autoría propia

6 OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Interpretar la relación entre la regulación metacognitiva durante el aprendizaje del concepto enlace químico, en estudiantes del grado noveno de la Institución Educativa La Libertad del Valle del Guamuez.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los modelos explicativos iniciales sobre enlace químico y el estado metacognitivo inicial de los estudiantes.
- Evaluar los posibles aportes de la regulación metacognitiva en el aprendizaje del concepto de enlace químico.

7 METODOLOGÍA

En la metodología se presenta el enfoque y alcance, la población y el contexto, unidad de trabajo, consideraciones éticas, unidad de análisis, técnicas y fuentes de recolección de información, unidad didáctica, diseño metodológico y plan de análisis que hacen parte de la metodología que se seguirá en la presente investigación.

7.1 ENFOQUE Y ALCANCE

La presente investigación tiene un enfoque cualitativo descriptivo que permitió la descripción detallada del desarrollo de los procesos de regulación metacognitiva de planeación, monitoreo y evaluación en los estudiantes durante la resolución de los problemas sobre el tema de enlace químico, referentes valiosos para analizar los aportes de los procesos metacognitivos en el aprendizaje de este tema.

7.2 POBLACIÓN Y CONTEXTO

La investigación se realizó en la Institución Educativa la Libertad, ubicada en el Municipio del Valle del Guamuez. Este municipio se encuentra al sur occidente del departamento del Putumayo, frontera con la república del Ecuador y parte de la región Amazónica. Tiene una temperatura promedio de 28°C, tiene una alta biodiversidad de flora y fauna, su vegetación es abundante y exuberante, al igual que su fauna. El mayor porcentaje de habitantes son colonos del departamento de Nariño y en un menor porcentaje de otros departamentos. Su actividad económica de mayores ingresos la constituye la explotación de hidrocarburos, especialmente el petróleo. Sus cultivos predominantes son el cacao, la caña, el maíz, la yuca, el plátano y frutales amazónicos. La población se dedica a la piscicultura y al sector pecuario siendo la ganadería bovina la más explotada. Por ser frontera, es un municipio que comercializa diversos productos.

Fue un municipio en el cual predominó los cultivos ilícitos y la violencia, gracias a los acuerdos de Paz y a los diversos programas para promover otro tipo de cultivos, actualmente el Municipio del Valle del Guamuez ha logrado salir adelante y disminuir sus

índices de narcotráfico y violencia. La población poco a poco ha cambiado sus prioridades e incrementando su interés por prepararse y continuar con sus estudios superiores.

7.3 UNIDAD DE TRABAJO

La investigación se hizo con diez estudiantes seleccionados del grado 9-1 de la Institución Educativa La Libertad, bajo el modelo de Alternancia propuesto por el MEN debido a la emergencia sanitaria del COVID-19. Este grupo se destaca por ser un grupo homogéneo y con buen desempeño académico, quienes quisieron participar voluntariamente en esta investigación. Es una población entre edades de 12 a 15 años, la mayoría pertenecen a estratos bajos, su núcleo familiar la conforman ambos padres de familia y en otros casos viven solo con un padre de familia. Los estudiantes con padres de familia estrictos son los que más sobresalen en cada salón. La motivación en los estudiantes requiere de metodologías dinámicas y buenas relaciones afectivas, logrando participación activa y aprendizajes profundos en los educandos.

Se ha evidenciado que el aprendizaje de la química desde el grado noveno ha presentado dificultades para ser comprendida, debido a que la aprenden como una asignatura aparte de ciencias naturales, presentando el mayor número de reprobados. Por esta razón, se escogió este grado con el fin de mejorar el aprendizaje de la química y promover en el estudiante la autonomía, la toma de conciencia y la reflexión, fortaleciendo sus procesos cognitivos y desarrollando los procesos de regulación metacognitivas y de orden superior.

7.4 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Los estudiantes que fueron parte de la investigación por ser menores de edad y teniendo en cuenta la resolución No 8430 de 1993, se hizo autorizar por los acudientes el consentimiento informado para la participación en investigaciones a inicios del mes de abril. De la misma manera, el rector autorizó el permiso para realizar la investigación en la I.E. La Libertad del Valle del Guamuez. Se aclara que estos fueron requisitos solicitados por la Universidad Autónoma de Manizales.

7.5 UNIDAD DE ANÁLISIS

Las dos categorías principales son la regulación metacognitiva y el enlace químico. A continuación, se detalla cada una.

7.5.1 Categoría Regulación Metacognitiva

Se analizaron los tres procesos de la regulación metacognitiva que son: planeación, monitoreo y evaluación, mediante preguntas metacognitivas que midieron en el estudiante su capacidad para desarrollar las tareas en tres o más pasos, identificar obstáculos y promover modificaciones en el desarrollo de una actividad escolar y evaluar las estrategias en términos de cumplimientos de objetivos.

Tabla 3. Categoría Regulación Metacognitiva

Categoría	Subcategoría	Indicador
Regulación Metacognitiva <i>Conjunto de actividades ayudan al estudiante a controlar su aprendizaje, antes, durante y después de realizar cierta tarea de aprendizaje.</i> Tamayo (2006) Brown (1987)	Planeación <i>Atención selectiva para desarrollar una tarea. Se realiza antes de la tarea.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Analizar la atención selectiva del estudiante, la anticipación de resultados y los planes realizados antes de desarrollar la tarea en tres o más pasos (planes elaboradas) o menos de tres pasos (planes simples).
	Monitoreo <i>Autoevaluaciones para verificar, rectificar y revisar las estrategias seleccionadas. Se hacen durante la realización de una tarea.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Analizar las autoevaluaciones on line del estudiante respecto a la identificación de obstáculos o modificaciones hechas durante el desarrollo de la actividad y como estas influyeron para alcanzar el objetivo trazado.
	Evaluación <i>Evaluación de los resultados de las estrategias seguidas en términos de eficacia. Se realiza después de culminar la tarea.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Analizar las evaluaciones hechas por el estudiante a los resultados y eficacia de las estrategias seleccionadas en el cumplimiento del objetivo.

La tabla 3 describe los indicadores para cada proceso de la categoría de regulación metacognitiva. Autoría propia

7.5.2 Categoría Aprendizaje Del Enlace Químico

El aprendizaje del enlace químico se analizó desde la diferenciación de los tres tipos de enlace químico: iónico, covalente y metálico, la relación de la electronegatividad y tipo de enlace para determinar las propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas; y la elaboración de una molécula tridimensional para determinar la polaridad, vinculados a los tres niveles de representación en química (submicroscópico, macroscópico y simbólico), se vincularon en el aprendizaje del enlace químico.

Tabla 4. Categoría Aprendizaje del Enlace Químico

Categoría	Subcategoría	Indicador
Aprendizaje del enlace químico <i>Concepto abstracto, que requiere de varios saberes previos y razonamiento para comprenderlo.</i> García y Garritz (2006) Furió y Furió (2000)	Tipos de enlace químico <ul style="list-style-type: none"> - Enlace iónico - Enlace covalente - Enlace metálico 	<ul style="list-style-type: none"> • Diferenciar la base teórica de cada tipo de enlace químico: transferencia de electrones (enlace iónico), la compartición de electrones (enlace covalente) y la formación de la nube electrónica con iones positivos (enlace metálico), enfatizando en las fuerzas electrostáticas que permiten enlazarse.
	Propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar la relación del tipo de enlace y electronegatividad con las propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas.
	Estructuras de Lewis y geometría tridimensional Cadavid (2013)	<ul style="list-style-type: none"> • Predecir la geometría tridimensional de moléculas orgánicas a partir de las estructuras de Lewis, identificando la polaridad y tipos de enlace de la molécula.
	Modelos explicativos	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con las características descritas para cada modelo explicativo (ver tabla 2).
<hr/> Nivel submicroscópico <hr/>		

<p>Constituido por las partículas que forman las sustancias u objetos, por sus propiedades submicroscópicas y por las interacciones que estas partículas sufren.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer diferencias entre los tipos de enlace químico a nivel submicroscópico, mediante la utilización de representaciones visuales.
<p>Nivel macroscópico Realidad química, lo que se percibe con los sentidos. Por ejemplo una sustancia, una propiedad macroscópica medible, un instrumento de laboratorio o una reacción química.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diferenciar las propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas a partir del tipo de enlace y de la interacción entre átomos.
<p>Nivel simbólico Lenguaje utilizado para comprender como son los símbolos químicos, las ecuaciones químicas, fórmulas químicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar la simbología adecuada en las representaciones de enlaces químicos, estructuras de Lewis, nube electrónica y geometría tridimensional.

La tabla 4 describe los indicadores para cada subcategoría de la categoría de aprendizaje del enlace químico.

Autoría propia

7.6 TÉCNICAS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La recolección de la información se consiguió mediante los instrumentos a lápiz y papel, entrevistas y los pensamientos en voz alta.

7.6.1 Instrumentos A Lápiz Y Papel

Permitieron obtener información sobre la comprensión del tema de enlace químico y el desarrollo de los procesos de regulación metacognitiva, donde el estudiante expresó de manera escrita sus aprendizajes más significativos de este tema y como reguló su aprendizaje mediante la planeación, monitoreo y evaluación de una tarea escolar, al reflexionar y tomar conciencia de sus decisiones.

7.6.2 El Protocolo De Pensamiento En Voz Alta

Es un instrumento metodológico utilizado para recopilar datos cualitativos. El estudiante a medida que resuelve las situaciones problema planteadas de la unidad

didáctica, dice en voz alta las ideas que le vienen a la mente, dice lo que piensa, lo que recuerda, distingue, dice que siente, o percibe (Minnota, 2015, p.101). Mediante esta técnica se obtuvo información del sentir del estudiante, donde se analizó como toma conciencia de su aprendizaje y reflexiona sobre sus dificultades y como las puede superar. Para recopilar la información obtenida con el protocolo de pensamiento en voz alta, se grabaron audios y se realizaron entrevistas a los estudiantes participantes.

7.7 UNIDAD DIDÁCTICA

La unidad didáctica está conformada por seis instrumentos a lápiz y papel, diseñados por la docente investigadora Melva Tatalchá y validados por el Magister Jorge Argoty, docente de la I.E. La Libertad del Valle del Guamuez. Cada instrumento consta de situaciones problema y preguntas regulación metacognitiva y conceptuales, vinculados a los niveles de representación (submicroscópico, macroscópico y simbólico) en el aprendizaje del tema de enlace químico. En la tabla 4 se describen cada instrumento que hacen parte de la unidad didáctica.

Tabla 5. Descripción de la Unidad Didáctica

Momento	Instrumento	Descripción
Ubicación	<i>Instrumento I – Diagnóstico Inicial</i>	Los estudiantes resolvieron el instrumento de diagnóstico para identificar los procesos de regulación metacognitiva iniciales que poseen los estudiantes de grado noveno, al resolver situaciones problema relacionados a los saberes previos necesarios del enlace químico.
Desubicación	<i>Instrumento II – Tipos de Enlace Químico</i>	Los estudiantes identificaron los tres tipos de enlace químico a nivel submicroscópico mediante el análisis de videos e interpretación de representaciones visuales. A partir del conocimiento adquirido, los estudiantes iniciaron a desarrollar sus procesos de regulación metacognitiva para planear, monitorear y evaluar al solucionar una situación problema relacionada a los tipos de enlace.

	<i>Instrumento III</i>	–	Los estudiantes elaboraron varias moléculas orgánicas mediante las estructuras de Lewis y la fórmula estructural, comprendiendo las fuerzas electrostáticas presentes y la estabilidad del enlace. Luego, solucionaron una situación problema sobre estructuras de Lewis para desarrollar los procesos de regulación metacognitiva.
	<i>Representaciones de los tipos de enlace</i>		
	<i>Instrumento IV</i>	–	Los estudiantes analizaron un experimento sobre conductividad eléctrica para medir la capacidad de conducir la electricidad de diversas sustancias iónicas, covalentes y metálicas. A partir de este análisis reconocieron otras propiedades importantes de estas sustancias y resolvieron una situación problema incorporando la regulación metacognitiva.
	<i>Propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas</i>		
	<i>Instrumento V</i>	–	En grupos elaboraron con bolas y palillos una molécula tridimensional y dedujeron a partir de esta molécula los tipos de enlace y la polaridad. Para realizar esta actividad se utilizaron los procesos para planear, monitorear y evaluar, con el fin de evidenciar los procesos metacognitivos desarrolladas en el estudiante.
	<i>Representaciones en tres dimensiones</i>		
Reenfoque	<i>Instrumento VI</i>	–	El estudiante diligenció el cuestionario de lápiz y papel de verificación final, con el fin de analizar los procesos de regulación metacognitiva adquiridas durante el aprendizaje del enlace químico.
	<i>Verificación Final</i>		

En la tabla 5 se describen los instrumentos que hacen parte de la unidad didáctica, en relación a los momentos de ubicación, desubicación y reenfoque. Autoría propia

7.8 DISEÑO METODOLÓGICO

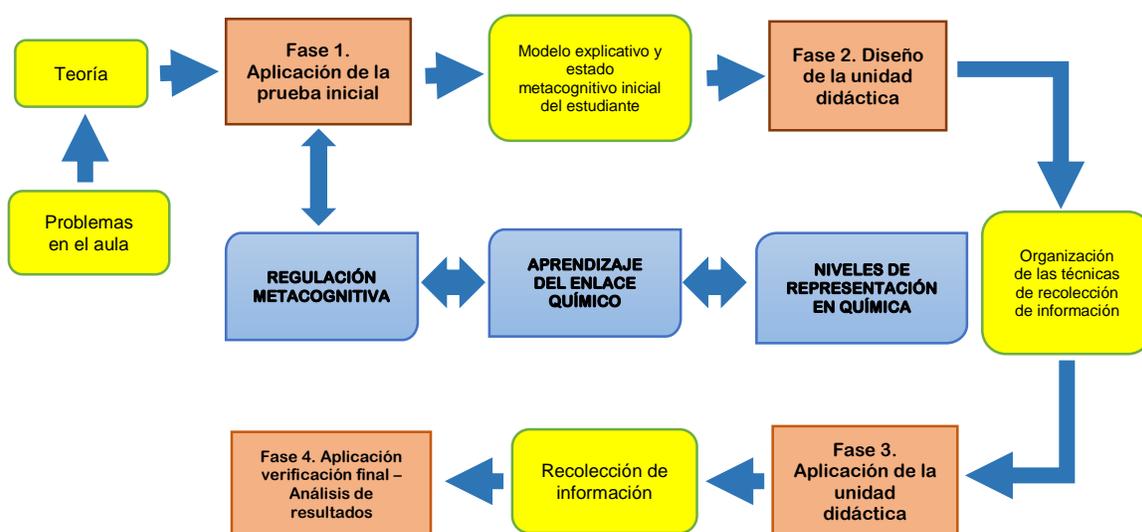
La metodología para desarrollar esta investigación constará de cuatro fases:

- **Fase I:** Inicialmente se identificó el problema de aula y se hizo la revisión de los referentes teóricos. Se determinó como categorías de investigación la regulación metacognitiva y el aprendizaje del enlace químico vinculando los tres niveles de representación (submicroscópico, macroscópico y simbólico). Se construyó el

instrumento inicial de recolección de información para identificar el modelo explicativo y estados metacognitivo inicial de los estudiantes.

- **Fase 2:** Se determinaron los temas y los instrumentos que harán parte de la unidad didáctica. Se organizaron las técnicas de recolección de información y se validaron.
- **Fase 3:** Se aplicaron los instrumentos de la unidad didáctica (ver anexo A). Cada instrumento consta de una situación problema y preguntas de regulación metacognitiva y conceptuales. La información se recolectó mediante la solución de los instrumentos de lápiz y papel, los protocolos en voz alta y entrevistas.
- **Fase 4:** Después de seis semanas, se aplicó el instrumento de verificación final de recolección de información y se analizaron los resultados.

Figura 1. Descripción del Diseño Metodológico



La figura 1 describe las fases del diseño metodológico propuesto para esta investigación. Autoría propia

7.9 PLAN DE ANÁLISIS

El análisis de los resultados se realizó en virtud de la relación de la regulación metacognitiva en el aprendizaje del enlace químico, contrastando la información obtenida a partir de: 1) los instrumentos a lápiz y papel, los cuales hacen referencia a las diferentes actividades que conforman la unidad didáctica, 2) el protocolo en voz alta, 3) las entrevistas

que se efectuaron a los estudiantes. Estas tres estrategias de recolección de datos permitieron la triangulación de la información, la cual se pondrá en diálogo con los diferentes autores estudiados y revisados.

Con relación a los aspectos conceptuales, se analizaron los principales aprendizajes del enlace químico, teniendo en cuenta los subtemas que se estudiaron y las actividades de aprendizaje diseñadas para tal propósito. Así mismo, el análisis de las explicaciones o declaraciones escritas de los estudiantes en el desarrollo de las actividades de aprendizaje, permitió rastrear, por ejemplo, a) el uso de términos propios del tema, b) transferencia de los conceptos estudiados en la resolución de los problemas resueltos, c) la vinculación de los tres niveles de representación (submicroscópico, macroscópico y simbólico) que serán también un indicador importante de los procesos de aprendizaje. No está demás mencionar que, los procesos de la regulación metacognitiva promovieron la toma de conciencia de los estudiantes, lo que desencadenó una reflexión sobre sus dificultades al momento de aprender y como las puede superar, con el fin de facilitar el aprendizaje.

8 RESULTADOS

Se presenta los resultados de 5 estudiantes denominados: E1, E2, E3, E4 y E5, quienes representaran las generalidades encontrados durante la investigación. Se aclara que los colores que se emplearan en la marcación textual que evidencian el desarrollo de los procesos de la regulación metacognitiva, se designan de la siguiente manera:

Color azul: Planeación

Color rojo: Monitoreo

Color verde: Evaluación

8.1 INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO INICIAL – PRETEST

Este instrumento se aplicó con el fin de obtener información sobre el estado del estudiante en relación a los procesos de la regulación metacognitiva iniciales al resolver dos situaciones problema sobre los conceptos previos del tema de enlace químico. En la primera situación problema (SPInst1-1) se enfatizó en las sustancias puras (compuestos químicos y elementos químicos) y en la segunda situación problema (SPInst1-2) sobre la estructura atómica (electronegatividad y carácter metálico).

8.1.1 Situación Problema No 1 – Sustancias Puras

La situación problema No 1 consistió en clasificar las siguientes sustancias: cloruro de sodio, cobre, agua, oro y aluminio en elemento o compuestos químicos. Los resultados obtenidos son los siguientes.

- **Proceso Planeación:** Los estudiantes proponen planes simples, planes elaborados y un estudiante no propuso nada.

Tabla 6. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Inicial, Proceso Planeación

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst1-1		E1	<i>Paso #1: Analizamos las sustancias (no justifica respuesta). Paso #2: Ponemos el elemento químico (no justifica respuesta). Paso #3: Y explicamos por qué (no justifica respuesta).</i>

P#1: Describe los pasos que crees son necesarios para completar la tabla y clasificar en elementos o compuestos químicos. Explica cada paso.	E2	<i>No sé cómo hacerlo.</i> <i>Paso #1: Buscar los elementos en la tabla periódica, porque es necesario saber que son.</i> <i>Paso #2: Verificar si es elementos o compuesto, porque lo necesitamos para continuar con el proceso.</i>
	E3	<i>Paso #3: Resolverlos tratar de solucionar, porque necesitamos plantear las operaciones.</i> <i>Paso #4: Justificar tus respuestas, porque es necesario para que el profesor entienda.</i>
	E4	<i>Paso #1: Creo que hay que observar las sustancias, así se podrá entender lo que uno busca.</i> <i>Paso #2: Analizar todo lo que se pueda ver, así se podría hacer un mejor desarrollo.</i>
	E5	<i>Paso #1: Observar cuantos elementos químicos hay, si hay uno entonces será un elemento pero si hay más de dos sería un compuesto.</i>

En la tabla 6 están marcadas en color azul las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para planear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

El marcador de discurso en color azul, un solo estudiante propuso un plan elaborado y los demás elaboraron planes simples para clasificar las sustancias puras en elementos o compuestos químicos.

- Proceso Monitoreo:** La mayoría de los estudiantes presentaron dificultades relacionadas a la situación problema y/o al proceso de planeación.

Tabla 7. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Inicial, Proceso Monitoreo

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPIInst1-1	P#3: ¿Tuviste alguna dificultad en algún paso, al momento de desarrollar esta actividad? SI ___ NO ___ Menciona la dificultad que presentaste y justifica tu respuesta.	E1	<i>Dificultad #1: Si tuve dificultad porque no entendía o no me acordaba bien del tema.</i>
		E2	<i>Dificultad #1: No entendí y no sabía cómo hacerlo ya que este es el primer año que veo química.</i>
		E3	<i>Dificultad #1: Si, al diferenciar si son elementos o compuestos, hacer la explicación del paso 4, al explicar porque era compuesto químico o un elemento químico.</i>
		E4	<i>(no respondió)</i>

		E5	<i>Dificultad #1: Si, realizar los cuatro pasos del punto dos. No pude resolverla porque se me presento dificultad.</i>
SPInst1-1	P#4: ¿Cómo lograste superar las dificultades encontradas? Describe la solución para cada dificultad	E1	<i>No pude solucionarlas.</i>
		E2	<i>No pude superarlas.</i>
		E3	<i>No pude resolver las dificultades.</i>
		E4	<i>(no respondió)</i>
		E5	<i>No pude solucionarla.</i>

En la tabla 7 están marcadas en color rojo las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para monitorear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

El marcador de discurso de color rojo indica que cuatro estudiantes reconocen que tuvieron dificultades en diferenciar entre elementos y compuestos, mientras un solo estudiante no respondió la pregunta. Esto evidencia que existe un grado conciencia en la mayor parte de los estudiantes, especialmente al asumir que no recuerdan el tema o que no lo aprendieron bien, por esta razón no pudieron dar solución a las dificultades encontradas.

- **Proceso Evaluación:** Dos estudiantes manifestaron haber cumplido con la actividad.

Tabla 8. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Inicial, Proceso Evaluación

Situación problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst1-1	P#5: ¿Crees que desarrollaste de manera adecuada la actividad planteada en la situación problema?	E1	<i>No, porque no entendí muy bien, no sé cómo hacerlo.</i>
		E2	<i>No, porque no la hice, no entendí.</i>
		E3	<i>Si, porque seguí las indicaciones para poder desarrollar la actividad.</i>
		E4	<i>(no respondió)</i>
		E5	<i>Si, a mi punto de vista si pude desarrollar el cuadro más no los pasos.</i>

En la tabla 8 están marcadas en color verde las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para evaluar de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

El marcador de discurso de color verde muestra que los estudiantes E3 y E5 culminaron la actividad clasificando adecuadamente en elementos y compuestos químicos; y tres estudiantes no solucionaron la situación problema, que se corroboró cuando la docente revisó la actividad.

8.1.2 Situación Problema No 2 – Estructura Atómica

En la situación problema No 2, los estudiantes identificaron en un croquis de la tabla periódica y con diferentes colores los elementos electronegativos y electropositivos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- **Proceso Planeación:** Dos estudiantes propusieron planes, uno elaborado y otro simple.

Tabla 9. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Inicial, Proceso Planeación

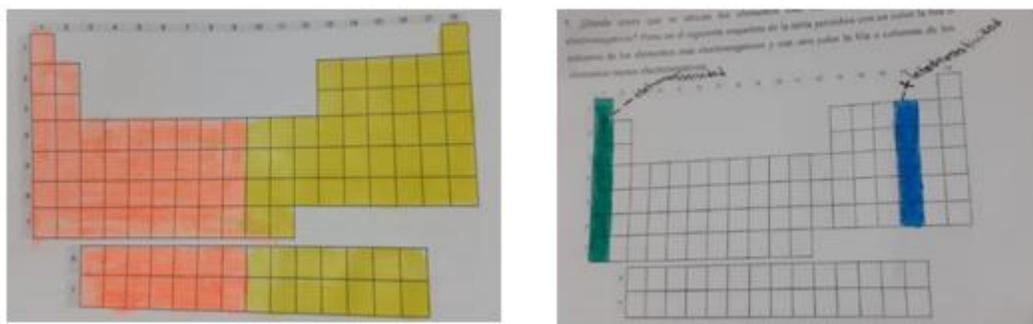
Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst1-2	P#1. Describe los pasos que crees son necesarios para diferenciar con colores los elementos químicos más electronegativos de los electropositivos. Explica cada paso.	E1	<i>Paso #1: Para diferenciar hay que mirar desde abajo hacia arriba (no justifica respuesta). Paso #2: Después de izquierda a derecha, porque para así poderlos determinar mejor. Paso #3: Otra forma de diferenciarlos es en la tabla periódica (no justifica respuesta). Paso #4: Lo que hacemos es ver quien tiene menor electronegatividad y quién tiene más (no justifica respuesta)</i>
		E2	<i>(no respondió)</i>
		E3	<i>Paso #1: Fijarse cuales son los de menor, porque para poder diferenciar. Paso #2: Buscar los de mayor electronegatividad (no explico el paso).</i>
		E4	<i>(no respondió)</i>
		E5	<i>No entendí.</i>

En la tabla 9 están marcadas en color azul las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para planear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

En las oraciones marcadas en color azul, se deduce que solo dos estudiantes plantearon su estrategia de usar la tabla periódica para deducir la variación de electronegatividad. El estudiante E1 planteó un plan elaborado, clasificando adecuadamente la mayoría de los elementos químicos según su electronegatividad (ver figura 2). En el caso del estudiante E3, elaboró un plan simple, clasificando solo dos grupos de elementos químicos en electronegativos y electropositivos (ver figura 2). Es evidente que el E1 se aproximó a una respuesta certera de la ubicación de elementos electropositivos y electronegativos, por su parte E3 hizo una ubicación con solo algunos grupos. En el caso de

los estudiantes E2, E4 y E5 no plantearon los pasos, manifestaron no acordarse de la ubicación adecuada de los elementos químicos según la electronegatividad y por ello, se les dificultaba planear estrategias.

Figura 2. Ubicación de Elementos Electropositivos y Electronegativos con Colores



En la figura 2 se muestran los resultados de los estudiantes E1 y E3 al identificar con colores los elementos electropositivos y electronegativos. Autoría: Estudiantes E1 y E3 respectivamente

- **Proceso Monitoreo:** Una estudiante manifestó haber realizado modificaciones al plantear los pasos de manera coherente

Tabla 10. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Inicial, Proceso Monitoreo

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPIInst1-2	P#3. ¿Tuviste que hacer alguna modificación en algún paso propuestos? SI___ NO ___ Explica tu respuesta.	E1	<i>Si, porque me confundí de pasos entonces tuve que borrar.</i>
		E2	<i>No, porque no lo entendí.</i>
		E3	<i>Si, No entendí.</i>
		E4	<i>(no respondió)</i>
		E5	<i>No entendí.</i>

En la tabla 10 están marcadas en color rojo las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para monitorear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

En la marcación de color rojo, solo el estudiante E1 realizó modificaciones porque había confundido la variación de la electronegatividad. En el caso de E3, aunque había

planeado un plan simple, manifestó al igual que los estudiantes E2, E4 y E5, no acordarse del tema y por ello no comprendían la situación problema.

- **Proceso Evaluación:** Solo un estudiante manifiesta haber cumplido con los objetivos.

Tabla 11. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Inicial, Proceso Evaluación

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst1-2	P#4. ¿Consideras que cumpliste con el objetivo de la actividad, la cual consistía en ubicar los elementos más y menos electronegativos? SI _____ NO _____ ¿Por qué?	E1	<i>Si, porque di mi mejor esfuerzo y mi dedicación, además apliqué mis conocimientos.</i>
		E2	No, no sabía cómo hacerlo.
		E3	No, No entendí.
		E4	(no respondió)
		E5	No entendí.

En la tabla 11 están marcadas en color verde las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para evaluar de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Las oraciones de color verde, indican que solo el estudiante E1 cumplió con el objetivo de la actividad. Los demás no respondieron la pregunta.

8.2 NIVEL SUBMICROSCÓPICO

En los instrumentos II y III de la unidad didáctica, se aplicaron dos situaciones problema (SPInst2 y SPInst3) relacionadas con los tipos de enlace químico: iónico, covalente y metálico, y la forma en que ocurre la interacción electrostática en cada tipo de enlace. Para ello se utilizaron representaciones gráficas para comprender el nivel submicroscópico de los tipos de enlace químico y las cuales se solucionaron mediante la regulación metacognitiva.

- **Proceso Planeación:** En la situación problema del instrumento II (SPInst2) “*El concurso*”, los estudiantes analizaron la solución dada por los participantes de un concurso, llamados Susana y Alex, los cuales tenían que emparejar gráficas que representaban las sustancias puras (elementos químicos y compuestos químicos) y los tipos de enlace

químico (iónico, covalente y metálico) con sus respectivas definiciones conceptuales (ver anexo A).

Tabla 12. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento II, Proceso Planeación

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst2	P#1: Si tuvieras que hacer la relación entre la gráfica y la definición ¿Qué pasos propondrías para ello? Explica cada paso.	E1	<p><i>Paso #1: Observaría muy bien las gráficas, porque así podría distinguir los enlaces.</i></p> <p><i>Paso #2: Leería detenidamente las definiciones, porque así podría entender más.</i></p> <p><i>Paso #3: Marcaría las respuestas, porque así daría solución a la situación problema.</i></p> <p><i>Paso #4: Revisaría o releería para saber si estoy bien, porque así puedo corregir los errores si los hay.</i></p>
		E2	<p><i>Paso #1: Analizar las gráficas, para poder definir o reconocer que tipo de unión es.</i></p> <p><i>Paso #2: Leer las definiciones, para poder hacerlas encajar con las gráficas.</i></p> <p><i>Paso #3: Hacer una unión entre definición y gráfica, para resolver la situación.</i></p> <p><i>Paso #4: Revisar detenidamente las uniones que hice, para ver si falle en alguna.</i></p>
		E3	<p><i>Paso #1: Fijarme en las definiciones y las imágenes, así se me hará mucho más fácil resolver el problema.</i></p> <p><i>Paso #2: Concentrarme en una sola imagen, así no me confundo y puedo analizar tranquilamente.</i></p> <p><i>Paso #3: Empezar a resolver, para ir destacando una definición y una imagen.</i></p> <p><i>Paso #4: Revisar mi trabajo, si tengo algún error, lo corrijo a tiempo (antes de entregar).</i></p>
		E4	<p><i>Paso #1: Analizar todo lo que ellos dicen, así se puede ver lo que ellos quieren decir.</i></p> <p><i>Paso #2: Veo si lo que ellos plantean está bien, así podremos dar la solución si está bien o mal.</i></p> <p><i>Paso #3: Se les diría que están equivocados, están confundiendo las clases de sustancias con los conceptos.</i></p> <p><i>Paso #4: Hacer la relación correcta, para ayudarles a los del concurso.</i></p>
		E5	<p><i>Paso #1: Recordar que es un átomo, molécula, enlace iónico, covalente y metálico, me ayuda a hacer la identificación.</i></p> <p><i>Paso #2: Miro las opciones y elijo la correcta, debe estar bien y se debe leer el texto de lo que es cada una.</i></p> <p><i>Paso #3: Clasifico con la que me parece estar bien, las debemos identificar.</i></p> <p><i>Paso #4: Revisar la clasificación si está bien, puede haber errores o nos podemos haber saltado una para clasificar.</i></p>

En la tabla 12 están marcadas en color azul las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para planear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Las oraciones marcadas en color azul corresponden a los pasos propuestos para solucionar la situación problema del instrumento II. Se observa que los estudiantes comprenden las definiciones de los conceptos de sustancias puras y tipos de enlace desde las representaciones gráficas, elaborando una secuencia coherente en los pasos propuestos en la planeación.

- **Proceso Monitoreo:** Durante el monitoreo al desarrollar la situación problema, los estudiantes no presentaron dificultades, según las siguientes declaraciones.

Tabla 13. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento II, Proceso Monitoreo

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst2	P#3: ¿Encontraste alguna dificultad para desarrollar esta actividad? SI ____ NO ____ ¿Cuál fue esa dificultad? Escríbela y explícala.	E1	No, porque <i>se distinguir muy bien entre los conceptos de los enlaces.</i>
		E2	No, porque <i>comprendí el ejercicio.</i>
		E3	No, <i>comprendí el tema.</i>
		E4	No (no justifica respuesta).
		E5	No, <i>entendí que se debía hacer.</i>
SPInst2	P#4: ¿Cómo lograste superar las dificultades encontradas? Describe la solución para cada dificultad.	E1	<i>No hubo dificultades.</i>
		E2	<i>No hubo dificultades.</i>
		E3	<i>No hubo dificultades.</i>
		E4	No (no justifica respuesta).
		E5	<i>No hubo dificultades.</i>

En la tabla 13 están marcadas en color rojo las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para monitorear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Las oraciones marcadas de color rojo indican la capacidad del estudiante de monitorear las estrategias propuestas, quienes no tuvieron dificultades al desarrollar la actividad.

- **Proceso Evaluación:** Los estudiantes culminaron la actividad con éxito, según las siguientes declaraciones.

Tabla 14. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento II, Proceso Evaluación

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones del E1, E2, E3, E4 y E5
SPInst2	P#5: ¿Consideras que cumpliste con el objetivo de la actividad? SI _____ NO _____ ¿Por qué?	E1	<i>Si, porque resolví todas las respuestas y corregí los errores.</i>
		E2	<i>Si, porque pude identificar los tipos de uniones entre átomos.</i>
		E3	<i>Si, pude definir porque Susana y Alex contestaron mal en el concurso y respondí todas las preguntas planteadas.</i>
		E4	<i>Si, creo que así pude ayudarles un poco.</i>
		E5	<i>Si, debía revisar si estaba bien realizada la tarea y al resolverla note que tenía dos respuestas incorrectas, la habían clasificado donde no era.</i>

En la tabla 14 están marcadas en color verde las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para evaluar de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

En las oraciones marcadas en color verde se observa que los estudiantes cumplieron con el objetivo de la actividad, haciendo una relación adecuada de la gráfica con el concepto que pudo deberse a la elaboración de un plan adecuado para resolver la actividad (Brown, 1987; Burón, 1999).

8.3 NIVEL MACROSCÓPICO

El estudio del nivel macroscópico se hizo mediante las situaciones problemas del instrumento IV (SPInst4) y del instrumento V (SPInst5), en las cuales se estudió las propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas, y la determinación de estas propiedades desde la geometría molecular de una molécula, incorporando la regulación metacognitiva en la solución de estas situaciones problema.

- **Proceso Planeación:** En la situación problema planteada en el instrumento IV (SPInst4) “En la Bodega de Kevin” (ver anexo A), el estudiante elaboró una serie de pasos para ayudar a Kevin a empacar tres sustancias de uso cotidiano: azúcar, sal y bronce en diversas cajas de colores. En la caja roja debe empacar la sustancia iónica, en la caja amarilla la sustancia covalente y en la caja verde la sustancia metálica. Para darle solución debe tener en cuenta las propiedades de estas sustancias dadas en una etiqueta.

Tabla 15. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento IV, Proceso Planeación

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst4	P#1: Si fueras Kevin, ¿Qué pasos utilizarías para empacar de manera adecuada estas sustancias? Describe cada paso y explícalo.	E1	<p><i>Paso #1: Leer la información sobre la descripción de cada sustancia, para así poder conocer las propiedades de las sustancias y lo que contiene.</i></p> <p><i>Paso #2: Buscar en la tabla periódica, para así poder clasificar la electronegatividad de las sustancias.</i></p> <p><i>Paso #3: Calcular la diferencia de electronegatividad, lo hacemos por medio de la resta para así saber si la sustancia es un enlace iónico, covalente o metálico.</i></p> <p><i>Paso #4: Empacar las sustancias, para resolver la situación problema.</i></p>
		E2	<p><i>Paso #1: Leer la información de las etiquetas, para identificar que sustancias componen a cada una.</i></p> <p><i>Paso #2: Revisar la tabla periódica, para mirar si son metales o no metales.</i></p> <p><i>Paso #3: Clasificar las sustancias, porque ya sabemos si son iónica, covalente o metálica.</i></p> <p><i>Paso #4: Empacar los elementos en la caja de colores, porque es lo que nos pide la situación problema.</i></p>
		E3	<p><i>Paso #1: Leer las etiquetas, para conocer las propiedades que tienen las sustancias.</i></p> <p><i>Paso #2: Buscar la electronegatividad, para calcular la diferencia.</i></p> <p><i>Paso #3: Calcular la diferencia de electronegatividad, para saber cuáles tipos de enlace tiene ya sea iónico, covalente y metálica.</i></p> <p><i>Paso #4: Empezar a empacar en la caja correspondiente, para empezar a guardar en el laboratorio.</i></p>
		E4	<p><i>Paso #1: Leería toda la información que esta presentada, para lograr reconocer las sustancias.</i></p> <p><i>Paso #2: Buscar cada elemento en la tabla periódica, para así saber si son metálicos, no metálicos, iónicas o covalentes.</i></p> <p><i>Paso #3: Clasificar cada sustancia, para saber que elemento compone cada sustancia.</i></p> <p><i>Paso #4: Empacar cada sustancia en caja correspondiente, para así poderla guardar.</i></p>
		E5	<p><i>Paso #1: Leer la situación problema, debemos mirar que información me brinda.</i></p> <p><i>Paso #2: Revisar la tabla periódica, debemos mirar los elementos que conforma.</i></p> <p><i>Paso #3: Clasificar las sustancias, ya sabemos si son metálicas, iónicas y covalentes.</i></p> <p><i>Paso #4: Guardar en las cajas adecuadas, eso es lo que piden.</i></p>

En la tabla 15 están marcadas en color azul las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para planear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Al analizar las oraciones con marcación de color azul, la principal estrategia que propusieron todos los estudiantes fue usar la tabla periódica, con el fin de determinar la diferencia de electronegatividad o analizar el carácter metálico de los elementos químicos que componen cada sustancia: sal, azúcar y bronce.

- **Proceso Monitoreo:** Los estudiantes E3 y E4 manifestaron sus dificultades, los demás no encontraron ninguna.

Tabla 16. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento IV, Proceso Monitoreo

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst4	P#3: ¿Se te presentaron dificultades para resolver esta situación problema? Mencionalas y explica tu respuesta.	E1	<i>Dificultad #1: No tuve dificultades, porque entendí el tema.</i>
		E2	<i>Dificultad #1: No tuve dificultades, ya que entendí todo y gracias al experimento estuvo todo más fácil.</i>
		E3	<i>Dificultad #1: Diferenciar los elementos metálicos y no metálicos. Dificultad #2: Empezar a empacar en la caja correspondiente.</i>
		E4	<i>Dificultad #1: Si, en clasificar las sustancias.</i>
		E5	<i>Dificultad #1: No tuve dificultades, ya que el experimento que hizo la profe me ayudó mucho.</i>
SPInst4	P#4: ¿Cómo lograste superar las dificultades encontradas? Describe la solución para cada dificultad.	E1	<i>Solución #1: No fue necesario porque no tuve dificultades.</i>
		E2	<i>Solución #1: No hubo dificultades.</i>
		E3	<i>Solución #1: Me guie de las pistas que hay en la tabla periódica. Solución #2: Me ayudo una compañera.</i>
		E4	<i>Solución #1: Le pedí explicación a una compañera.</i>
		E5	<i>Solución #1: No fue necesario porque no tuve dificultades.</i>

En la tabla 16 están marcadas en color rojo las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para monitorear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Al analizar las oraciones marcadas de color rojo, la principal dificultad fue clasificar las sustancias: sal, azúcar y bronce, con la información presentada en las etiquetas. Entre las estrategias para solucionar las dificultades fue el uso de la tabla periódica y la colaboración de los compañeros.

- **Proceso Evaluación:** La eficiencia de las estrategias empleadas se evidenció en la evaluación, en las oraciones marcadas de color verde.

Tabla 17. Declaraciones de la Situación Problema del Instrumento IV, Proceso Evaluación

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst4	P#5: ¿Lograste al final de la actividad, ayudar a Kevin a empacar de manera adecuada el azúcar, el bronce y la sal? SI ___ NO ___ Justifica tu respuesta.	E1	<i>Si, porque ayudamos a resolver el problema empaquetando las sustancias en las cajas.</i>
		E2	<i>Si, ya que supimos que sustancia iba en cada caja porque supe clasificarlas.</i>
		E3	<i>Si, porque ayude a Kevin a empacar las sustancias en sus cajas correspondientes.</i>
		E4	<i>Si, porque logre reconocer las sustancias.</i>
		E5	<i>Si, porque logre hacer correctamente lo que me pedía la solución del problema.</i>

En la tabla 17 están marcadas en color verde las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para evaluar de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Las oraciones en color verde, indican que todos los estudiantes cumplieron con los objetivos y clasificaron de manera adecuada las sustancias: azúcar, sal y bronce. El azúcar en la caja amarilla, la sal en la cada amarilla y el bronce en la caja verde, por clasificarse como sustancias covalente, iónica y metálica, respectivamente.

8.4 INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN FINAL - POSTEST

En el instrumento final, se analizó los avances en el desarrollo de los procesos de la regulación metacognitiva al solucionar dos situaciones problemas relacionadas a sustancias puras y estructura atómica, que se habían aplicado cuando se inició con la investigación.

8.4.1 Situación Problema No 1 – Sustancias Puras

En esta situación problema los estudiantes clasificaron las siguientes sustancias en elementos o compuestos químicos: cloruro de sodio, cobre, oro, agua y aluminio.

- **Proceso Planeación:** Los estudiantes propusieron planes elaborados de cuatro pasos y reconocen con argumentos concretos el porqué de cada paso.

Tabla 18. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Final, Proceso Planeación

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPIInst6-1	P#1: Describe los pasos que crees son necesarios para completar la tabla y clasificar en elementos o compuestos químicos. Explica cada paso.	E1	<p><i>Paso #1: Leer cada sustancia que está en la tabla, para así poder comprender.</i></p> <p><i>Paso #2: Analizar que objetos son más comunes en mi casa, para así poder diferenciar los compuestos de los elementos.</i></p> <p><i>Paso #3: Buscar en la tabla periódica que sustancias están o no están, para poder diferenciar un elemento de un compuesto.</i></p> <p><i>Paso #4: Ya obtenido esto anotamos nuestros resultados, para así concluir y poder clasificar las sustancias.</i></p>
		E2	<p><i>Paso #1: Analizar la situación problema y leerla bien, para así saber lo que tenemos que hacer.</i></p> <p><i>Paso #2: Mirar los elementos o compuestos que tenemos que organizar para saber buscar en la tabla periódica.</i></p> <p><i>Paso #3: Buscar los elementos o compuestos en la tabla periódica, para poder definir si son elementos y compuestos, si se forman por uno o más átomos.</i></p> <p><i>Paso #4: Organizar la tabla de elementos, porque ya sabemos si son compuestos químicos o elementos químicos porque son y no son.</i></p>
		E3	<p><i>Paso #1: Mirar en la tabla periódica, así puedo saber si es compuesto o un elemento químico.</i></p> <p><i>Paso #2: Empezar a buscar las sustancias presentadas en la tabla periódica, para ayudar a diferenciar.</i></p> <p><i>Paso #3: Mirar si es compuesto químico o elementos, para diferenciar entre compuesto o elemento químico.</i></p> <p><i>Paso #4: Empezar a plantear en la tabla, para darle fin a la problemática que estoy haciendo.</i></p>
		E4	<p><i>Paso #1: Primero observaría los elementos o compuestos, para saber lo que tengo que buscar.</i></p> <p><i>Paso #2: Luego buscaría en la tabla periódica, para saber si se encuentra ahí.</i></p> <p><i>Paso #3: Después las clasificaría si son compuestos o elementos, para dar una solución.</i></p> <p><i>Paso #4: Intento hallar si de pronto tengo un error, para corregirlo y hacer una solución.</i></p>
		E5	<p><i>Paso #1: Leer la situación problema, así podemos desarrollar el problema para saber de qué se trata.</i></p> <p><i>Paso #2: Mirar la tabla periódica, así podemos reconocer los elementos.</i></p> <p><i>Paso #3: Clasificar en elementos o sustancias, eso nos pide la situación problema.</i></p> <p><i>Paso #4: Observar si la actividad está bien hecha, es lo que se debe hacer después de hacer un trabajo porque puede faltar algo por resolver.</i></p>

En la tabla 18 están marcadas en color azul las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para planear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Las oraciones en color azul demuestran un desarrollo del proceso para planear en los estudiantes, reconociendo las estrategias adecuadas para cumplir con los objetivos de la actividad.

- **Proceso Monitoreo:** Dos estudiantes manifestaron tener dificultad en diferenciar entre elemento y compuesto químico.

Tabla 19. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Final, Proceso Monitoreo

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst6-1	P#3: ¿Tuviste alguna dificultad en algún paso, al momento de desarrollar esta actividad? SI ___ NO ___ Menciona la dificultad que presentaste y justifica tu respuesta.	E1	No, porque <i>sabía muy bien diferenciar un elemento químico de un compuesto.</i>
		E2	<i>No tuve dificultades.</i>
		E3	<i>Dificultad #1: Si. En identificar si era elemento o compuesto químico.</i>
		E4	<i>Dificultad #1: En reconocer si era un compuesto o un elemento.</i>
		E5	<i>No se presentó ninguna.</i>
SPInst6-1	P#4: Frente a las dificultades que presentaste ¿Cómo crees que lo lograste superar? Describe la solución para cada dificultad.	E1	<i>No fue necesario</i>
		E2	<i>No hubo dificultades.</i>
		E3	<i>Solución #1: Una compañera me explicó.</i>
		E4	<i>Solución #1: Le pedí explicación a una compañera.</i>
		E5	<i>Solución #1: No tuve dificultades.</i>

En la tabla 19 están marcadas en color rojo las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para monitorear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Las oraciones en color rojo indican que comprendieron la situación problema, solamente los estudiantes E3 y E4 presentaron dificultad en diferenciar entre elementos y compuestos químicos, la cual la solucionaron pidiendo ayuda a sus compañeros.

- **Proceso Evaluación:** Al evaluar las estrategias empleadas en la planeación, los estudiantes manifestaron haber cumplido con los objetivos de la actividad.

Tabla 20. Declaraciones de la Situación Problema No 1 del Instrumento Final, Proceso Evaluación

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst6-1	P#5. ¿Crees que desarrollaste de manera adecuada la actividad planteada en la situación problema? SI ____ NO ____ ¿Por qué?	E1	<i>Si, porque me tome un tiempo para analizar las sustancias.</i>
		E2	<i>Si, porque logre determinar si eran compuestos o elementos químicos y los organice.</i>
		E3	<i>Si, porque siempre planteo los pasos y creo que voy a utilizar y luego empiezo a seguir uno por uno.</i>
		E4	<i>Si, porque halle la manera de ordenarlos en compuesto o elemento.</i>
		E5	<i>Si, desarrolle el problema planteado.</i>

En la tabla 20 están marcadas en color verde las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para evaluar de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Al analizar las oraciones marcadas en verde, los estudiantes están seguros de haber cumplido con la actividad.

8.4.2 Situación Problema No 2 – Estructura Atómica

En la situación problema No 2, los estudiantes diferenciaron entre elementos electropositivos y electronegativos, con diferentes colores en un esqueleto de la tabla periódica.

- **Proceso Planeación:** Los estudiantes propusieron planes elaborados de 4 pasos y un estudiante propuso 5 pasos.

Tabla 21. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Final, Proceso Planeación

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst6-2	P#1. Describe los pasos que crees son necesarios	E1	<i>Paso #1: Analice el esqueleto de la tabla periódica, para poder ubicarme. Paso #2: Compare la tabla periódica con el esqueleto de la tabla, para así poder diferenciarlas. Paso #3: Miro en la tabla periódica los elementos más electronegativos (no justifica este paso). Paso #4: Coloreo y defino los elementos más electronegativos, para así poder culminar.</i>
		E2	<i>Paso #1: Revisar la tabla periódica, porque esto no se puede realizar si no la tenemos en cuenta. Paso #2: Mirar que parte es más o menos electronegativo, para así saber cómo vamos a pintar.</i>

para diferenciar con colores los elementos químicos más electronegati vos de los electropositi vos. Explica cada paso.		<i>Paso #3: Empezar a pintar la tabla, porque ya sabemos cuál es más y menos electronegativo.</i>
		<i>Paso #4: Analizar nuestra tabla periódica y la tabla que pintamos, para ver si hicimos bien.</i>
	E3	<i>Paso #1: Mirar en la tabla periódica, para saber la electronegatividad.</i> <i>Paso #2: Diferenciar la electronegatividad, para saber dónde es mayor y menor</i> <i>Paso #3: Colorear, para diferenciar los más electronegativos de los de menos</i> <i>Paso #4: Rectifique, para saber si había hecho bien.</i>
	E4	<i>Paso #1: Buscar en la tabla periódica, para comprender.</i> <i>Paso #2: Mirar muy bien los elementos electronegativos, para diferenciar.</i> <i>Paso #3: Pinte el esquema presentado, para intentar terminar el punto.</i> <i>Paso #4: Rectifique que el pintado del esquema, para saber si estaba en lo correcto.</i>
	E5	<i>Paso #1: Leer la situación problema, debía saber sobre que era el tema.</i> <i>Paso #2: Preguntarle a la profe lo que no entendí, quería que me explique para así poder entender el problema.</i> <i>Paso #3: Reconocer cuales elementos eran más electronegativos y cual eran menos, eso me pedía la situación problema.</i> <i>Paso #4: Colorear el esquema, ya sabía cuál tenía más electronegatividad y cual tenía menos.</i> <i>Paso #5: Revisé la actividad, para estar segura si hice todo lo que me habían pedido.</i>

En la tabla 21 están marcadas en color azul las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para planear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Las oraciones marcadas en azul, demuestran que los estudiantes propusieron planes elaborados, siendo el uso de la tabla periódica una de las estrategias más recurrentes en la planeación. Se resaltan a los estudiantes E2, E3, E4 y E5, quienes proponen como último paso revisar o rectificar la actividad, como una estrategia para predecir dificultades (Brown, 1987).

- **Proceso Monitoreo:** Los estudiantes no realizaron modificaciones a la actividad.

Tabla 22. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Final, Proceso Monitoreo

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst6-2	P#3. ¿Tuviste que hacer alguna modificación en algún paso de los propuestos? SI ___ NO ___ Explica tu respuesta.	E1	<i>No fue necesario.</i>
		E2	<i>No, porque tenía claros los pasos.</i>
		E3	<i>No, estaba bien desarrollada.</i>
		E4	<i>No, porque comprendí lo que había que hacer.</i>
		E5	<i>No, dejé todo como estaba y solo resolví lo que me pedían ya que para mí no fue necesario modificar nada.</i>

En la tabla 22 están marcadas en color rojo las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para monitorear de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Las oraciones marcadas en color rojo, indican que los estudiantes tenían muy clara la actividad, en el caso del estudiante E2 manifiesta que la razón de no haber realizado modificaciones fue porque propuso unas estrategias en la planeación que le ayudaron a realizar la actividad con éxito.

- **Proceso Evaluación:** Todos los estudiantes al evaluar las estrategias empleadas, manifiestan haber cumplido con la actividad.

Tabla 23. Declaraciones de la Situación Problema No 2 del Instrumento Final, Proceso Evaluación

Situación Problema	Pregunta	#E	Declaraciones
SPInst6-2	P#4. ¿Consideras que cumpliste con el objetivo de la actividad, la cual consistía en ubicar los elementos más y menos electronegativos? SI ___ NO ___ ¿Por qué?	E1	<i>Si, porque realicé todos los puntos y los comprendí.</i>
		E2	<i>Si, porque creo que lo hice bien y los supe ubicar.</i>
		E3	<i>Si, porque resolví todo el taller.</i>
		E4	<i>Si, porque el esquema está bien presentado.</i>
		E5	<i>Si, desarrolle el problema que la sustancia problema me puso.</i>

En la tabla 23 están marcadas en color verde las oraciones que evidencian el desarrollo del proceso para evaluar de los estudiantes E1, E2, E3, E4 y E5. Autoría propia

Las oraciones marcadas en verde, demuestran que todos cumplieron con el objetivo de la actividad.

9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se analizaron las oraciones marcadas por los colores azul, rojo y verde que evidenciaron el desarrollo de los procesos para planear, monitorear y evaluar respectivamente, de las declaraciones obtenidas de los seis instrumentos a lápiz y papel, los pensamientos en voz alta y entrevistas (ver anexos B, C, D) aplicadas a los estudiantes durante la investigación. Para este análisis se utilizó la técnica de análisis de contenido semántico y triangulación de la información, las cuales permitieron interpretar las relaciones entre las categorías de estudio, regulación metacognitiva y enlace químico con los autores de referencia. Cabe aclarar que este análisis se hizo teniendo como referentes teóricos lo propuesto por Flavell (1987), Tamayo (2006), Brown (1987) y Brown y Sullivan (1987), entre otros.

La planeación se analizó desde la capacidad del estudiante para proponer diversas estrategias o planes para solucionar una situación problema en cuatro pasos (planes elaborados) o menos de tres pasos (planes simples). En el monitoreo se identificaron los obstáculos o modificaciones hechas durante el desarrollo de la actividad y como estas influyeron para alcanzar el objetivo trazado. En la evaluación se consideraron las evaluaciones hechas por el estudiante a los resultados y eficacia de las estrategias seleccionadas en el cumplimiento del objetivo.

9.1 ANÁLISIS INSTRUMENTO INICIAL – PRETEST

El analizarán en conjunto los resultados de las dos situaciones problemas sobre sustancias puras y estructura atómica en relación a los procesos de la regulación metacognitiva.

En las oraciones marcadas en color azul que rastrean el proceso de la planeación (ver tablas 6 y 9), hay una utilización de lenguaje cotidiano y es evidente la falta de argumentación al explicar el porqué de su planeación, dejando en blanco o sin explicar el paso. Cabe destacar que el E3 y E5 clasificaron adecuadamente las sustancias con argumentos relacionados al uso cotidiano como lo declarado por el estudiante E3 *“el Cu es compuesto, porque hace parte de algo que compone la electricidad”*. En cambio, en los

estudiantes E1, E2 y E4 no resolvieron la situación problema, manifestando no recordar el tema. Según lo afirmado por Brown (1987), Flavell (1979), Nelson y Narens (1990) y López et al. (2008), el estudiante al tener conocimiento de algunos conceptos, se incrementa su seguridad y con facilidad evalúan la eficiencia de las estrategias empleadas, como resultado de controlar y regular sus procesos cognitivos. Pero al no recordarlos, posiblemente desconocen la pertinencia de las estrategias al momento de resolver la actividad de manera adecuada. En los procesos de monitoreo, las oraciones marcadas de color rojo (ver tablas 7 y 10) y en la evaluación, oraciones marcadas en color verde (ver tablas 8 y 11), los estudiantes identificaron sus dificultades y fueron consientes al admitir que no recordaban el tema, por ello no podrían solucionar sus obstáculos y evaluar la eficiencia de las estrategias.

Es evidente la falta de capacidad del estudiante para planear, monitorear y evaluar sus estrategias, por ello no cumplieron con el objetivo de la actividad. Cabe destacar que para los estudiantes es la primera vez que reflexionan sobre su proceso de aprendizaje, por tal motivo aún falta desarrollar en el estudiante un proceso cognitivo de generar pensamiento, de manera que tome conciencia de sus estrategias y regule su aprendizaje para alcanzar los objetivos (Burón, 1999; Nelson y Narens, 1990). Esto fue evidente al querer desarrollar la actividad sin planear. Al pedirles que planeen, presentaron dificultades en identificar las estrategias adecuadas para resolver la situación problema posiblemente por no recordar el tema de sustancias puras o por ser la primera vez que regulan su aprendizaje y no son conscientes de sus procesos metacognitivos (Tamayo, 2006) o no tienen claro los objetivos careciendo de la capacidad de autorregularse (Burón, 1999).

A partir del análisis del instrumento inicial, se destaca que las experiencias metacognitivas son importantes para crear conciencia y controlar los procesos cognitivos (Flavell, 1979). Para realizar una planeación adecuada, además de las experiencias metacognitivas debe apoyarse en el conocimiento metacognitivo (metas y estrategias), sin embargo la mayoría de los estudiantes manifestaron no comprender la situación problema planteada debido a que no recordaban los tipos de sustancias puras y la ubicación de los elementos electropositivos y electronegativos en la tabla periódica, dejando la actividad sin

resolver y en consecuencia se les dificultó planear, monitorear y evaluar. Con la aplicación de los demás instrumentos de la unidad didáctica, se espera que el estudiante adquiera mayor experiencia metacognitiva y fortalezca su habilidad para controlar y regular su aprendizaje a medida que aprende enlace químico.

Para identificar el modelo explicativo inicial del estudiante, se hizo teniendo en cuenta las características de estos modelos que se dedujeron a partir de la revisión histórica epistemológica que se realizó al concepto del tema de enlace químico, además de la frecuencia de palabras empleadas al momento de planear, monitorear y evaluar, como en las respuestas de las preguntas teóricas. En el caso de los estudiantes E1 y E3 reconocen algunos parámetros de la variación de la electronegatividad en la tabla periódica e interpreta de manera adecuada la configuración electrónica que le permitieron dibujar el modelo atómico del cloro, identificando los electrones de valencia. Los estudiantes E2, E4 y E5, tienen nociones sobre sustancias puras, aunque no son muy claras. Estos resultados permiten deducir que el modelo explicativo inicial del E1 y E3 es un *Modelo de transferencia y compartición* y para los estudiantes E2, E4 y E5 es un *Modelo clásico electrostático*.

9.2 ANÁLISIS NIVEL SUBMICROSCÓPICO

En las oraciones marcadas en color azul que corresponden al proceso de la planeación (ver tabla 12), los estudiantes propusieron planes elaborados, coherentes, con cortos argumentos y escaso uso del lenguaje científico. Además, se deduce que seleccionaron estrategias coherentes para resolver el problema planteado, relacionando adecuadamente la gráfica con el concepto. Según Brown y Sullivan (1987), cuando los estudiantes seleccionan las estrategias tienen claro los objetivos y desean alcanzarlos. De acuerdo a la atención selectiva antes de realizar la actividad mencionada por Tamayo (2006) se deduce que los estudiantes tomaron su tiempo en analizar la situación problema y seleccionaron las estrategias adecuadas. Cabe resaltar que la planeación potencia en el estudiante una habilidad cognitiva de orden superior, como lo afirma Mitsea y Drigas

(2019), en este caso es la capacidad de análisis y relación de gráfica - concepto, al pensar cómo relacionar y resolver adecuadamente esta situación problema.

En el monitoreo (ver tabla 13), se deduce a partir de las oraciones marcadas en rojo que no identificaron dificultades, posiblemente porque siguieron los pasos de la planeación sin hacer modificaciones y las estrategias propuestas fueron adecuadas que los llevaron a la solución de la actividad. Esto evidencia un control en su proceso de aprendizaje en virtud de alcanzar los objetivos, según lo afirmado por Brown (1987) y Burón (1999). Además, teniendo en cuenta los pasos descritos en la tabla 12, estudiantes como E1, E2, E3 y E5 plantearon como paso 4 el revisar la actividad, posiblemente como una estrategia para predecir dificultades y culminar la actividad escolar con éxito (Brown, 1987). No obstante, ningún estudiante manifestó haber realizado correcciones a su actividad, demostrando confianza de haber realizado la situación problema de manera adecuada.

Al analizar las oraciones marcadas de verde que evidencian el proceso de evaluación (ver tabla 14), se deduce un incremento el nivel de confianza en los estudiantes al manifestar haber cumplido con los objetivos y culminar la actividad con éxito. A partir de lo anterior y teniendo en cuenta lo propuesto Mitsea y Drigas (2019), la regulación metacognitiva incrementa la autoconfianza en el estudiante que lo lleva a potenciar el aprendizaje significativo y autónomo.

Al analizar los aprendizajes de los tipos de enlace después de resolver la situación problema mediante la regulación metacognitiva y con el fin de analizar su capacidad de memoria y desarrollo de habilidades de orden superior, se les solicitó a los estudiantes que indicaran una diferencia de cada tipo de enlace químico, destacándose las declaraciones del estudiante E5 quién estableció que el “**Enlace iónico:** *Es un tipo de interacción electrostática entre átomos que tienen gran diferencia de electronegatividad. Se da por transferencia de electrones.* **Enlace covalente:** *Ocurre por compartición de electrones.* **Enlace metálico:** *Tienen pocos electrones de valencia en la capa más extensa, no puede formar enlaces covalentes”*. Esto demuestra que este estudiante se acercó al nivel submicroscópico de los tipos de enlace: iónico, covalente y metálico, al mencionar las

interacciones entre iones y átomos e interacciones eléctricas, que son características de este nivel (De Posada, 1999; Gilbert y Treagust, 2009).

Por otra parte, conceptos como la electronegatividad y el carácter metálico de los elementos químicos se repitieron en las respuestas de los demás estudiantes, evidenciándose una comprensión desde las propiedades de estas sustancias a nivel macroscópico. Esta cercanía a este nivel se debe posiblemente al grado de reconocimiento y acercamiento a estos conceptos, según lo afirmado por De Posada (1999) que coincide con lo propuesto por García y Garritz (2006) y Furió y Furió (2000), quienes afirman que este comportamiento corresponde a las concepciones alternativas y de sentido común que posee el estudiante, que resultan porque el tema de enlace químico requiere varios conceptos que lo alejan del nivel submicroscópico.

En el instrumento III, en la situación problema “Armando y dibujando”, el estudiante tenía que dibujar las representaciones del enlace covalente mediante estructuras de Lewis y la fórmula estructural, siguiendo las indicaciones descritas para tres sustancias (ver anexo A). Los pasos propuestos por el estudiante E5 fueron: “*Paso #1: Leer la situación problema, para guiarnos. Paso #2: Buscar en la tabla periódica los átomos, debemos saber cuántos electrones de valencia tiene. Paso #3: Identificamos el átomo central, con este organizamos la estructura de Lewis. Paso #4: Hacer la estructura de Lewis, debemos empezar a distribuir átomos y electrones. Paso #5: Formar la fórmula estructural, para identificar los tipos de enlaces. Paso #6: Verificar el ejercicio, porque debemos ver si está bien*”. Al analizar las oraciones marcadas en azul, este estudiante planea sus estrategias identificando inicialmente los átomos que forman cada sustancia con sus valencias, emplea la tabla periódica como un recurso para resolver la situación problema, identifica el átomo central y realiza la distribución de electrones. Propone un plan elaborado de seis pasos, que son coherentes y que lo llevaron a realizar de manera correcta las estructuras de Lewis.

Al analizar las estructuras de Lewis hechas por los estudiantes (ver figura 3) cabe resaltar a los estudiantes E1 y E5, quienes representaron con colores cada átomo, identificando los electrones compartidos y aplicando la regla del octeto o dueto que se cumple en cada caso. En el caso del estudiante E3 aunque no utilizó colores, también hizo este mismo análisis. Sin embargo, en aspectos como la naturaleza del enlace covalente no hacen mucho énfasis, analizando las estructuras de Lewis como solamente una compartición de electrones, sin tener en cuenta la atracción entre electrones (De Posada, 1999).

Figura 3. Estructuras de Lewis Elaboradas por los Estudiantes

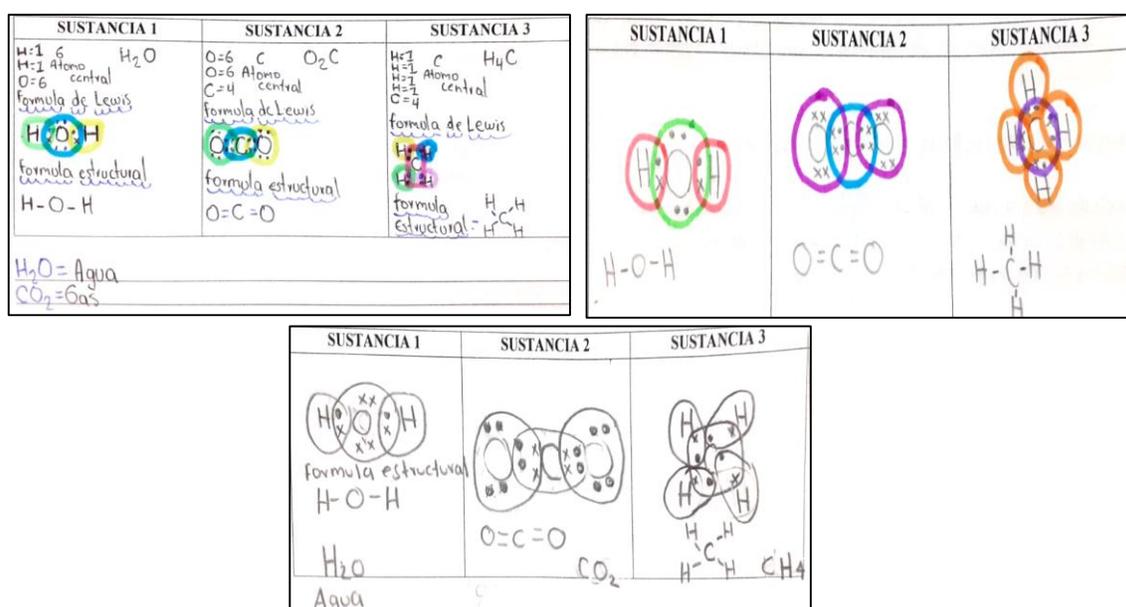


Figura4, muestra las respuestas de la situación problema del instrumento III. Autoría: estudiantes E1, E2 y E5 respectivamente

Para el estudiante E5 las principales dificultades de esta actividad fueron la distribución de átomos para dibujar la estructura de Lewis e identificar los tipos de enlace para determinar la fórmula estructural; y en la distribución de los átomos y los electrones para cumplir con la regla del octeto y dueto. La estrategia del estudiante fue el acompañamiento de la docente como una manera de solucionar las dificultades y solucionar la situación problema.

La regulación metacognitiva aplicada en la solución de las situaciones problema propuestas en los instrumentos II y III, fueron de gran importancia en la comprensión del tema para resolver los problemas planteados, permitiendo al estudiante seleccionar, revisar y escoger las estrategias adecuadas para cumplir con el objetivo de cada tarea (Flavell, 1979, Nelson y Narens, 1990; Burón, 1999). Además, el estudiante generó un proceso de pensamiento y conciencia al controlar sus procesos cognitivos haciendo que reflexione sobre su aprendizaje al reconocer sus habilidades y dificultades, tomando decisiones y regulando su forma de aprender (Flavell, 1979; Nelson y Narens, 1990; López et al., 2008; Brown y Sullivan, 1987; Burón, 1999; Bajar-sales et al., 2015).

Cabe destacar del análisis a nivel submicroscópico los siguientes aspectos: 1) La regulación metacognitiva contribuyó al estudiante para reconocer y acercarse a este nivel. 2) Para los estudiantes las diferencias entre los tres tipos de enlace involucran tanto el nivel submicroscópico como el nivel macroscópico. 3) Los estudiantes comienzan a utilizar un lenguaje propio de la química como se observa en aquellas oraciones que están marcadas de color azul, rojo y verde. Como es el caso del estudiante E5 que definió el enlace covalente como “*ocurre por compartición de electrones*”. Lo anterior evidencia y de acuerdo a Mitsea y Drigas (2019) y Tamayo (2006) una construcción de explicaciones científicas logradas posiblemente por la regulación metacognitiva

Las dimensiones de la metacognición como el conocimiento metacognitivo y la conciencia metacognitiva se encuentran presentes en la regulación metacognitiva e influyen en culminar la actividad escolar con éxito. En este último aspecto, se hace énfasis en lo afirmado por Flavell (1979), sobre las creencias personales, las creencias de las tareas relacionadas a su comprensión y las creencias de las estrategias para cumplir con el objetivo de una tarea contribuyen en el conocimiento metacognitivo; y como las experiencias metacognitivas crean conciencia, las cuales estuvieron presentes al momento de planear, monitorear y evaluar las estrategias propuestas por los estudiantes.

Las representaciones visuales empleadas tanto en la situación problema como en el proceso de aprendizaje (análisis de videos), contribuyeron en el estudiante al reconocimiento visual de los tipos de enlace y la comprensión en la interacción entre iones y moléculas permitiendo al estudiante un acercamiento al nivel submicroscópico de los tipos de enlace (De Posada, 1999; Gilbert y Treagust, 2009).

9.3 NIVEL MACROSCÓPICO

Al analizar las oraciones de la planeación con marcación de color azul (ver tabla 15), la principal estrategia que propusieron todos los estudiantes fue usar la tabla periódica, con el fin de determinar la diferencia de electronegatividad o analizar el carácter metálico de los elementos químicos que componen cada sustancia: sal, azúcar y bronce. Además, se deduce que los estudiantes están más familiarizados con la electronegatividad y el carácter metálico, y otras propiedades como solubilidad y puntos de fusión y ebullición, no los reconocen para diferenciar entre sustancias iónicas, covalentes y metálicas porque son concepciones de sentido común que son fácilmente reconocidas por su cercanía a la realidad estudiantil. A partir de estos resultados y de acuerdo a lo propuesto por Furió y Furió (2000) y De Posada (1999), se deduce que cuando el estudiante se le dificulta relacionar el conocimiento científico con su entorno le resulta difícil generar un aprendizaje profundo.

Cabe destacar que el experimento sobre la conductividad eléctrica fue determinante para clasificar las sustancias como iónicas, covalentes y metálicas, según las declaraciones de pensamiento en voz alta y aunque en los pasos no lo mencionaron como estrategia principal, posiblemente por tener en cuenta más presente la presencia de elementos metálicos guiados por su sentido común y de manera indirecta con esta propiedad. De acuerdo a lo propuesto por Furió y Furió (2000) y García y Garritz (2006), lo mencionado anteriormente es debido al alto nivel de abstracción de este tema limitando las experiencias de los estudiantes a sus concepciones alternativas y a sucesos cotidianos reconocidos por ellos.

En los procesos de monitoreo, oraciones marcadas en color rojo (ver tabla 16) y en la evaluación, oraciones en color verde (ver tabla 17), se evidencia un avance en estos

procesos al identificar sus dificultades y resolverlas, como el caso de la estudiante E3, quién por autonomía toma la decisión de utilizar la tabla periódica y observarla con detalle para identificar entre metales y no metales como una manera de solucionar su dificultad, incrementando su autoconfianza que es una forma de evidenciar el desarrollo de la regulación metacognitiva, según lo afirmado por Mitsea y Drigas (2019). Además, se evidenció en este estudiante la toma de decisiones durante el desarrollo de la actividad que le permitieron controlar y regular los procesos cognitivos para desarrollar la situación problema. En relación a la evaluación, los estudiantes manifestaron haber culminado la actividad con éxito, posiblemente por el uso de estrategias adecuadas.

En la situación problema del instrumento V, los estudiantes elaboraron una molécula tridimensional, haciendo la relación de las propiedades al determinar la polaridad con los tipos de enlace. Cabe destacar que los estudiantes analizaron la fuerza de atracción de cada átomo y reconocieron la ubicación de los átomos en el espacio. Según las declaraciones registradas en las entrevistas al utilizar los palillos, ellos pudieron cambiar las orientaciones de cada molécula hasta poderla ubicar adecuadamente. Esta actividad permitió que los estudiantes fueran creativos para hacer la molécula, evitando un aprendizaje memorístico y diera lugar un proceso metacognitivo y por consiguiente el desarrollo de procesos cognitivos (Flavell, 1979; Tamayo, 2006; Nelson y Narens, 1990). Además, contribuyó a la formación de un aprendizaje profundo y con sentido crítico (Tamayo, 2006; Mitsea y Drigas, 2019).

A partir del análisis del nivel macroscópico se deduce que: 1) Los conceptos de electronegatividad y carácter metálico son propiedades que fácilmente las comprende el estudiante, posiblemente por encontrarse estas propiedades en la tabla periódica y por considerar el uso de esta como la principal estrategia para clasificar sustancias iónicas, covalentes y metálicas. 2) Según las declaraciones dadas por los estudiantes solo en el enlace iónico tuvieron en cuenta la formación de iones como responsables de la conductividad eléctrica (relación nivel submicroscópico con nivel macroscópico), pero no se encontraron otro tipo de relaciones de las propiedades de estas sustancias con la naturaleza del enlace químico, que es una tendencia habitual porque los estudiantes evitan

conectar con otras concepciones y prefieren reglas más o menos simples sin dar argumentos científicos (De Posada, 1999) o están sujetos a sus concepciones de sentido común (Furió y Furió, 2000) y concepciones alternativas antes que a las concepciones científicas (García y Garritz, 2006). Cabe resaltar que el experimento realizado con el conductímetro casero contribuyó para que los estudiantes establecieran la relación de la conducción eléctrica con la formación de iones en el enlace iónico, resultando una estrategia útil para desarrollar el pensamiento micro-macro (Gilbert y Treagust, 2009).

Por su parte la regulación metacognitiva fue de gran ayuda en estos aprendizajes posiblemente gracias a la planeación. Mediante el desarrollo de este proceso los estudiantes generaron un control en el proceso cognitivo que les permitió escoger las estrategias pertinentes para alcanzar los objetivos de la tarea escolar y concuerda con lo propuesto por Flavell (1979), López et al. (2008), Nelson y Narens (1990), Burón (1999); además la regulación metacognitiva y de acuerdo a lo afirmado por Tamayo (2006) y Mitsea y Drigas (2019) contribuyó a la construcción del conocimiento científico y mejoró el aprendizaje de las ciencias naturales. Se deduce un avance en los estudiantes en reconocer sus dificultades y en generar un proceso reflexivo antes de iniciar una actividad. Esto no ocurría cuando iniciamos la investigación, donde el estudiante quería resolver las situaciones problemas de manera automática sin pensar en las estrategias y en consecuencia, resolvía las actividades de manera inadecuada. Además, mejora la actitud, la autonomía es más sólida cuando comprende con claridad el tema, es más consiente, se organiza y reflexiona sobre su aprendizaje, haciendo un buen uso de su conocimiento, tiempo y estrategias.

9.4 INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN FINAL – POSTEST

Se aplicaron dos situaciones problemas: sustancias puras y estructura atómica. Por la variedad de resultados, se hace el análisis por separado.

En el caso de la situación problema de sustancias puras, en la planeación, oraciones marcadas de color azul (ver tabla 18) se destaca el desarrollo de un proceso de pensamiento y reflexión antes de realizar la actividad, seleccionado el uso la tabla periódica como una estrategia importante. En el caso del estudiante E5 clasifico las cinco sustancias de la

siguiente manera: “ **Sustancia No 1:** Sal (NaCl), Compuesto, está formado por dos sustancias el sodio y el cloro. **Sustancia No 2:** Anillos de oro (Au), Elemento, solo tiene una sustancia que es Au . **Sustancia No 3:** Cable de cobre (Cu), Elemento, solo tiene una sustancia que es Cu . **Sustancia No 4:** Agua (H_2O), Compuesto, está formado por dos sustancias el hidrógeno y el oxígeno. **Sustancia No 5:** Rollo de aluminio (Al), Elemento, solo tiene una sustancia”. En este estudiante hay un reconocimiento del nivel submicroscópico, al clasificar las sustancias desde la composición, es decir, si está conformada por dos átomos se clasifica como compuesto químico y al tener un solo átomo como elemento químico. Por su parte, los estudiantes E1, E2, E3 y E4 se apoyaron en la tabla periódica, al categorizar como elemento químico al encontrarlo en la tabla periódica y al no estar presente lo clasificaron como compuesto químico. En estos estudiantes, también reconocen el nivel submicroscópico de los átomos presentes en la tabla periódica.

En el monitoreo, a partir de las oraciones marcadas en rojo (ver tabla 19) se deduce que el estudiante comienza a tener más autonomía para solucionar sus problemas de aprendizaje y su nivel de conciencia se fortalece. A partir de lo anterior y de acuerdo a lo afirmado por Flavell (1979), Monereo (1995), Brown y Sullivan (1987), Tamayo (2006), la regulación metacognitiva incrementó el reconocimiento de habilidades y fortalezas del estudiante, como su nivel de autonomía al tomar decisiones consientes para desarrollar con éxito la actividad escolar. Que en palabras de Bajar-sales et al. (2015) y López et al. (2008), el estudiante al tomar decisiones está controlando y regulando su aprendizaje, solucionando sus dificultades de forma más autónoma.

Al analizar las oraciones marcadas en verde (ver tabla 20), evaluaron como eficiente las estrategias escogidas, mostrando los estudiantes estar seguros de haber cumplido con la actividad. Según las declaraciones del estudiante E3, el éxito de la actividad se debe a los pasos planteados en la planeación. Cuya afirmación concuerda con lo afirmado por Brown (1987), Brown y Sullivan (1987), Nelson y Narens (1990) y Burón (1999), al destacar que la planeación es una selección de estrategias que permiten alcanzar los objetivos y se evidenció al clasificar adecuadamente las sustancias en elementos y compuestos químicos.

Respecto a la situación problema sobre estructura atómica, en la planeación, en las oraciones marcadas de color azul (ver tabla 21) se observa una selección de estrategias coherentes y de acuerdo a lo afirmado por varios autores entre ellos Brown (1987), Brown y Sullivan (1987), Burón (1999) y Nelson y Narens (1990), este proceso potencia en el estudiante el control y regulación de su proceso de aprendizaje, permitiéndoles alcanzar la meta.

Las oraciones marcadas de color rojo que corresponden al monitoreo (ver tabla 21) y de marcación verde que evidencian el proceso de evaluación (ver tabla 22) permiten deducir que identificaron sus dificultades y las solucionaron, permitiendo culminar la actividad con éxito. Es evidente que comprendieron la situación problema y que las estrategias propuestas en la planeación fueron las adecuadas para clasificar con diferentes colores los elementos químicos electropositivos y electronegativos como se observa en la figura 4. Además, al indagar a los estudiantes sobre la configuración electrónica del cloro, la realizaron sin dificultad y dibujaron el modelo atómico, identificando los electrones de valencia (ver figura 4). En relación al significado de los electrones de valencia, el estudiante E2 manifestó lo siguiente “*se encuentran en la última capa del átomo y son los que ayudan en su interacción*”. Otras respuestas los relacionan con el grupo de la tabla periódica. Se destaca de respuesta del estudiante E2 por establecer una relación de los electrones de valencia como las partículas que producen atracciones electrostáticas en un enlace químico.

Figura 4. Resultados de la Situación Problema No 2 del Instrumento Final

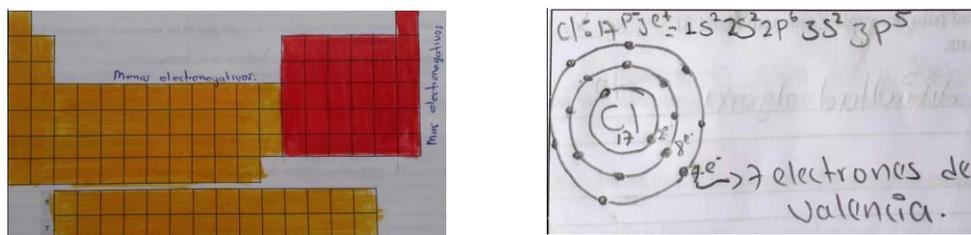


Figura 4, se muestran los resultados de la situación problema del instrumento VI. En la primera figura los elementos electropositivos y electronegativos y en la segunda figura el modelo atómico del cloro con su configuración electrónica. Autoría: E4 y E2, respectivamente

Al analizar las oraciones marcadas de color azul (planeación), rojo (monitoreo) y verde (evaluación) del instrumento final, se deduce un aprendizaje de los conceptos de sustancias puras y estructura atómica que se consiguió con la regulación metacognitiva. Además, la planeación fue una de los procesos que determinó el desarrollo de procesos cognitivos especialmente de pensamiento consciente según lo afirmado por Flavell (1979), que sucede antes de realizar la actividad escolar donde los estudiantes seleccionaron las estrategias controlando y regulando sus procesos cognitivos que permitieron alcanzar los objetivos de la actividad, de acuerdo a lo propuesto por Brown (1987), Brown y Sullivan (1987), Nelson y Narens (1990), Burón (1999) y López et al. (2008)

El proceso de monitoreo y de acuerdo a lo afirmado por Flavell (1979), Brown y Sullivan (1987), Monereo (1995), Burón (1999) y Tamayo (2006), contribuyó a que los estudiantes reconozcan las habilidades y dificultades, y como superarlas mediante la toma de decisiones consientes que contribuyeran alcanzar la meta. Por su parte en el proceso de la evaluación y según lo propuesto por Brown (1987), Burón (1999) y Nelson y Narens (1990), los estudiantes desarrollaron la capacidad de evaluar la eficiencia de las estrategias seleccionadas en virtud de haber cumplido con los objetivos de la actividad. La reflexión con conciencia se hizo presente en este proceso, consiguiendo que el estudiante regule su aprendizaje, se fortalezcan las habilidades cognitivas de orden superior y se construya un conocimiento científico (Tamayo, 2006; Mitsea y Drigas, 2019).

Tabla 24. Procesos de Regulación Metacognitivos Iniciales y Finales

Proceso	Iniciales	Finales
<i>Planeación</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Planes simples y planes elaborados, con poca argumentación y uso de un lenguaje cotidiano. • No reflexionan sobre las estrategias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Planes elaborados de 4 o más pasos, con argumentación cercana a la científica (uso del lenguaje propio de la química). • Reflexionan sobre las estrategias que les permitan cumplir con los objetivos.
<i>Monitoreo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocen sus dificultades pero no reflexionan sobre ellas, por eso se les dificulta proponer soluciones para superarlas. • Son muy dependientes del docente y centran en él. No visualizan otras alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocen sus dificultades y habilidades, reflexionan sobre ellas y proponen soluciones para alcanzar los objetivos de la actividad. • La autonomía se fortalece, identificando alternativas para solucionar dificultades.
<i>Evaluación</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Se les dificulta evaluar debido a que no recuerdan el tema y por ello desconocen la pertinencia de las estrategias empleadas. • No demuestran seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Son capaces de evaluar las estrategias con mucha certeza y con seguridad afirmaron haber cumplido con los objetivos de la actividad.

La tabla 24 describe los procesos de regulación metacognitivos iniciales y finales. Autoría propia

La tabla 24, muestra de manera concreta la relación entre las categorías de estudios. En el proceso de planeación, cuando se inició la investigación los estudiantes elaboraron planes simples con poco argumento y un uso de lenguaje cotidiana, se les dificultó reconocer sus dificultades y reflexionar sobre ellas, por tal motivo no solucionaron sus dificultades y desconocían la eficiencia de las estrategias seleccionadas para realizar la tarea escolar. Al finalizar la investigación, se deduce un desarrollo en los procesos de la regulación metacognitiva al proponer planes elaborados con un argumento más acorde al

conocimiento científico, identificaron sus dificultades, las solucionaron y evaluaron sus estrategias en virtud de culminar con éxito la actividad. Además, se fortaleció la toma de decisiones consiente, la autonomía y la reflexión por el aprendizaje. Estos resultados me permiten deducir que posiblemente los estudiantes iniciaron con un proceso de control y regulación de su aprendizaje y esta investigación brindó las bases para ello.

Por otra parte, la regulación metacognitiva fortaleció lo cognitivo mediante la resolución de problemas de enlace químico. Cabe aclarar que las situaciones problema se consideran una estrategia metacognitiva, la cual relaciona los conceptos científicos con la realidad (Campanario, 2000) y contribuyó a diferenciar entre un nivel submicroscópico y un nivel macroscópico, desarrollándose el pensamiento micro-macro (Gilbert y Treagust, 2009).

En relación a los modelos explicativos alcanzados al final de la investigación, se deduce una comprensión en los conceptos de elemento, compuesto, tabla periódica, electronegatividad y su variación, configuración electrónica, modelo atómico y electrones de valencia en los estudiantes E1, E2, E4 y E5. Por su parte, el estudiante E3 además de reconocer los anteriores conceptos, involucro otros conceptos como unión y fuerzas electrostática. Al comparar estos conceptos con la reseña histórica del tema de enlace químico, todos los estudiantes coinciden en el modelo explicativo Modelo de transferencia y compartición.

Al comparar los modelos explicativos iniciales y finales (ver tabla 25), es evidente el desarrollo del aprendizaje en sustancias puras y estructura atómica. Hay una claridad en los conceptos, los comprende y los aplican en la resolución de problemas. Argumentan con un lenguaje propio de la química, familiarizándose con términos que muestran conocimiento científico, con la capacidad de construir explicaciones científicas (Mitsea y Drigas, 2019; Tamayo, 2006).

Tabla 25. Modelos Explicativos Iniciales y Finales

E	Modelo explicativo inicial	Características	Modelo explicativo final	Características
E1	Modelo de transferencia y compartición	Reconoce de manera general conceptos como, electronegatividad, configuración electrónica, modelo atómico, electrones de valencia	Modelo de transferencia y compartición	Reconoce los conceptos de elemento, compuesto, tabla periódica, electronegatividad y su variación, configuración electrónica, modelo atómico, electrones de valencia, regla del octeto
E2	Modelo clásico electrostático	Nociones de sustancias puras	Modelo de transferencia y compartición	Igual características descritas en E1
E3	Modelo de transferencia y compartición	Reconoce de manera general conceptos como, electronegatividad, configuración electrónica, modelo atómico, electrones de valencia	Modelo de transferencia y compartición	Reconoce los conceptos de elemento, compuesto, tabla periódica, electronegatividad y su variación, configuración electrónica, modelo atómico, electrones de valencia, regla del octeto, unión, fuerzas electrostáticas
E4	Modelo clásico electrostático	Nociones de sustancias puras	Modelo de transferencia y compartición	Igual características descritas en E1
E5	Modelo clásico electrostático	Nociones de sustancias puras	Modelo de transferencia y compartición	Igual características descritas en E1

La tabla 25 describe los modelos explicativos iniciales y finales. Autoría propia

10 CONCLUSIONES

La realización de la presente investigación sobre la relación de la regulación metacognitiva en el aprendizaje del enlace químico incorporando los niveles de representación de química (submicroscópico, macroscópico y simbólico), permite plantear las siguientes conclusiones.

- Entre la regulación metacognitiva y el aprendizaje del enlace químico, establecen una relación de desarrollo de los procesos de planeación, monitoreo y evaluación, que permitieron al estudiante pensar y reflexionar sobre su forma de aprender, incrementar la toma de decisiones, la autonomía y la conciencia al realizar una tarea específica; y mejorar la comprensión del tema de enlace químico a través de los niveles de representación de la química.
- Se identificaron dos modelos explicativos iniciales del estudiante, los cuales fueron el modelo clásico electrostático y el modelo de transferencia y compartición. El primer modelo hace énfasis al conocimiento general sobre sustancias puras y el segundo modelo hace referencia a un conocimiento básico en los conceptos de electronegatividad, configuración electrónica, modelo atómico y electrones de valencia. De igual forma, el estado metacognitivo inicial se encuentra de manera muy básica en el estudiante, esto se evidenció al proponer planes simples con poca argumentación y uso de un lenguaje cotidiano, hay un grado de conciencia sin reflexión, por ello no se les dificultó superar sus dificultades y evaluar la eficiencia de las estrategias en virtud de cumplir con el objetivo de la actividad.
- Los aportes de la regulación metacognitiva durante el aprendizaje del tema de enlace químico se centraron en los procesos para planear, monitorear y evaluar que se fueron desarrollando a medida que solucionaba problemas relacionadas al enlace químico y se evidenciaron durante la investigación en la selección de estrategias eficientes para resolver adecuadamente cada situación problema planteada en la unidad didáctica, proponiendo planes elaborados coherentes y con la intervención

de varios procesos cognitivos de pensamiento. Además, de acuerdo a lo propuesto por Flavell (1979), Brown y Sullivan (1978), Burón (1999), Nelson y Narens (1990), López et al. (2008), Tamayo (2006) y Monereo (1955), los estudiantes desarrollaron su capacidad para reflexionar con conciencia sobre sus dificultades y proponer soluciones para superarlas, y evaluar las estrategias seleccionadas; acción que incremento la autonomía del estudiante y su capacidad propositiva, potenciando el control y regulación de los procesos cognitivos. En consecuencia, la regulación metacognitiva aportó en una mayor claridad y comprensión de los conceptos relacionados a enlace químico, por esta razón, al final de la investigación los estudiantes alcanzaron un modelo explicativo de “Modelo de transferencia y compartición”, debido la comprensión clara de los conceptos de sustancias puras y estructura atómica, que se evidenciaron en los argumentos coherentes que demuestran conocimiento científico.

11 RECOMENDACIONES

- Articular la regulación metacognitiva en los procesos de aprendizaje de forma continua, de esta manera el estudiante podrá desarrollar plenamente la capacidad de controlar y regular su aprendizaje, tener espacios para reflexionar con conciencia sobre su forma de aprender y generar un aprendizaje profundo que lo lleven a construir explicaciones científicas. En consecuencia, los estudiantes desarrollarán mejor sus procesos de la regulación metacognitivos como la toma de decisiones que contribuirán a ser más autónomos. Igualmente, brindará al docente información de cómo aprenden sus estudiantes, mejorar sus estrategias de enseñanza y fortalecer el aprendizaje en los estudiantes.
- Se debe brindar al estudiante las herramientas y los espacios para que adquiera la mayor cantidad de experiencias metacognitivas que le permitan desarrollar sus procesos cognitivos. Como lo afirma Flavell (1979) las experiencias metacognitivas deben ser sentir al estudiante seguro y confiar en sus habilidades, como también reconocer sus debilidades al momento de aprender, ser más consciente de su aprendizaje y reflexionar sobre como esas dificultades las puede superar, permitiendo el desarrollo de procesos de la regulación metacognitiva.
- Se sugiere usar las diversas estrategias metacognitivas descritas por Campanario (2000). En este caso se emplearon las situaciones problema, las cuales contribuyeron a la adquisición de los procesos metacognitivos, la comprensión del tema de enlace químico desde sus niveles de representación (submicroscópico, macroscópico y simbólico) y aplicados a situaciones de su entorno. El uso de las estrategias metacognitivas permitirá darle sentido al aprendizaje y pueda comprender su realidad desde el conocimiento científico. Así, los estudiantes le darán más sentido el aprendizaje de las ciencias, evitando que queden vacíos o conceptos que no los pueden relacionar con su entorno y al final el aprendizaje se limite a la memoria, sin desarrollar sus procesos cognitivos.

12 REFERENCIAS

- Alvarado, C. (2005). La estructura atómica y el enlace químico desde un punto de vista disciplinario. *Enseñanzas de las Ciencias*, número extra. VII Congreso, 1-5.
- Bajar-Sales, P., Avilla, R. y Camacho, V. (2015). Enfoque Predecir-Explicar-Observar-Explicar (PEOE): herramienta para relacionar la metacognición con los logros en química. *Revista electrónica de educación científica*, 19(7), 1-21.
- Brown, A. (1987). Metacognición, control ejecutivo, autorregulación y otros mecanismos más misteriosos. En: Weinert, FE y Kluwe, RH, Eds., *Metacognición, Motivación y Comprensión*, Hillsdale, 65-116.
- Brown, D., y Sullivan, A. (1987). Enhancing Instructional Time Through Attention to Metacognition. *Journal of Learning Disabilities*, 20(2), 66-75.
- Burón, J. (1999). *Enseñar aprender: Introducción a la Metacognición*. España: Ediciones Mensajeros.
- Cadavid, V. (2013). *Relaciones entre la metacognición y el pensamiento visoespacial en el aprendizaje de la estereoquímica* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Manizales, Facultad de Educación. Manizales, Colombia.
- Campanario, J. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), 369-380.
- Cutrera, G. y Stipcich, S. (2016). El triplete químico. Estado de situación de una idea central en la enseñanza de la Química. *Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación en Iberoamérica*, 3(6). ISSN: 2448 - 6280

- De posada, J. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (2), 227-245.
- Espinoza, R. (2004). *Historia de la química enfocada en el átomo y en el enlace*. Mérida: Smart Service C.A.
- Flavell, J. (1979). Metacognitive and cognitive Monitoring: a new area of cognitive developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Furió, C. y Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*, 11(3), 300-308.
- García, A., y Garritz, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, 24(1), 111–124.
- Gilbert, J., y Treagust, D. (Ed). (2009). Multiple representations in chemical education. *Revista Internacional de Educación Científica*, 31(16), 2271-2273. doi: 10.1080 / 09500690903211393
- González, M. (2017). *El enlace químico en la educación secundaria. Estrategias didácticas que permitan superar dificultades de aprendizaje* (tesis doctoral). Universidad de Castilla – La Mancha, Facultad de educación. Albacete, España.
- Hurtado, C. (2019). *Papel de la regulación metacognitiva para potenciar el aprendizaje de las funciones orgánicas y el mecanismo de reacción de adición electrofílica utilizando modelos geométricos tridimensionales con los estudiantes del grado undécimo de la institución educativa miguel Antonio caro (presidente, valle del cauca)* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Manizales, Facultad de Estudios Sociales y Empresariales. Manizales, Colombia.

- Jaramillo, L., y Simbaña, V. (2014). La metacognición y su aplicación en herramientas virtuales desde la práctica docente. *Sophia: colección de filosofía de la educación*, 16(1), 299-313.
- López, W., Márquez, A y Vera, F. (2008). Estrategias metacognitivas usadas en la lectura de un texto de química. *Orbis*, 10(4), 49-80.
- Minotta, C. (2015). Protocolo de análisis descriptivo de estrategias heurísticas aplicadas a la resolución de problemas. *Revista Educare*, 19(1), 95-118.
- Mitsea, E. y Drigas, A. (2019). Un viaje hacia las estrategias de aprendizaje metacognitivas. *Revista Internacional de Ingeniería Biomédica y en Línea (iJOE)*, 15(4), 4-20.
- Monereo, C. (1995) "Enseñar a conciencia: ¿Hacia una didáctica metacognitiva?". *Aula de Innovación Educativa*, (34), 74-80.
- Nelson, T. and Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. *Psychology of Learning and Motivation*, 26, 125–173.
- Pacheco, E. (2017). *Papel de la regulación metacognitiva en situaciones problema para el aprendizaje del concepto disoluciones químicas* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Manizales, Departamento de Educación. Manizales, Colombia.
- Raviolo, A., y Lerzo, G. (2016). Enseñanza de la estequiometría: uso de analogías y comprensión conceptual. *Educación Química*, 27, 195-204.
- Salazar, V. (2017). *Procesos de regulación metacognitiva en el aprendizaje de ecosistemas terrestres* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Manizales, Programa de maestría en enseñanza de las ciencias. Manizales, Colombia.

- Sánchez, Javier (s.f.). *Teoría de enlace de valencia*. Recuperado en:
<http://elfisicoloco.blogspot.com/2012/11/teoria-de-enlace-de-valencia.html#:~:text=La%20Teor%C3%ADa%20de%20Enlace%20de,los%20%C3%A1tomos%20tengan%20electrones%20desapareados.> (26 de abril de 2021).
- Sandi-Urena, S. y Cooper, M. (2010). Evaluación y desarrollo de la metacognición en la enseñanza de la química. *Ciencia y Tecnología*, 26 (1 y 2), 47-57.
- Santos-Fernandes L., y Fernandes-Campos, A. (2014). Enseñanza del Enlace Químico desde una Perspectiva Situación-Problema. *Formación Universitaria*, 7(6), 45-52.
- Tamayo, O. (2006). *Los bordes de la pedagogía: del modelo a la ruptura. La metacognición y los modelos para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Universidad Pedagógica Nacional. Primera edición. 275 – 306.
- Tamayo, O., Cadavid, V. y Montoya, D. (2019). Análisis metacognitivo en estudiantes de básica, durante la resolución de dos situaciones experimentales en la clase de Ciencias Naturales. *Revista Colombiana de Educación*, 76, 117-141.
- Torres, L. (2015). *Estrategias metacognitivas de gestión del aprendizaje a través de los PLE (Entornos personales de aprendizaje) de aprendientes de ELE* (tesis doctoral). Universidad de Barcelona, Facultad de educación. Barcelona, España.
- Velásquez, B., y León, A. (2011). ¿Cómo la estrategia de mapas mentales y Conceptuales estimulan el desarrollo de la inteligencia espacial en estudiantes universitarios?. *Tabula Rasa*, (15), 221-254.

ANEXOS

Anexo A. Unidad Didáctica

“ENLAZATE CON EL APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE ENLACE QUÍMICO”

TEMA: ENLACE QUÍMICO

Asignatura: Química

Grado: Noveno

Docente: Melva Johana Tatalchá

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS COHORTE VI
MANIZALES, CALDAS

2021

DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

La presente unidad didáctica denominada “Enlazate con el aprendizaje del concepto de enlace químico” está enfocada en el estudio de la regulación metacognitiva (planear, monitorear y evaluar) en el aprendizaje del concepto de enlace químico. La unidad didáctica está formada por seis instrumentos a lápiz y papel. En el primer instrumento se realizará un diagnóstico de los procesos de la regulación metacognitiva iniciales del estudiante al solucionar problemas relacionados a los saberes previos del concepto de enlace químico. En el último instrumento se analizará el desarrollo de los procesos de la regulación metacognitiva después de haber realizado las intervenciones de aula sobre el aprendizaje del enlace químico. En los cuatro instrumentos intermedios se abordarán los temas de tipos de enlace, representaciones de los enlaces químicos (estructuras de Lewis), propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas, y geometría molecular, mediante los cuales se fortalecerá en el estudiante la capacidad para planear, monitorear y evaluar las estrategias empleadas en la resolución de problemas del enlace químico.

Las situaciones problemas que se presentan a continuación, analizará la capacidad del estudiante para planear las estrategias adecuadas para dar solución a la situación problema planteada; realizar un monitoreo identificando las dificultades y realizando modificaciones en virtud de alcanzar el objetivo propuesto y evaluar las estrategias utilizadas, creando conciencia en el estudiante para reflexionar y regular sobre su forma de aprender.

OBJETIVO

La presente unidad didáctica tiene como objetivo que el estudiante tenga la capacidad de:

- ✓ Regular su proceso de aprendizaje del enlace químico mediante el desarrollo de su capacidad para planear, monitorear y evaluar las estrategias propuestas al realizar las situaciones problema sobre los tipos de enlace, representaciones del enlace químico, las propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas, y la geometría molecular, enfocadas a la comprensión y relación de los niveles submicroscópico, macroscópica y simbólico de la química.

JUSTIFICACIÓN

Las actividades propuestas fueron diseñadas por la docente, con el propósito de fortalecer los procesos de la regulación metacognitiva (planear, monitorear y evaluar). El estudiante resolverá diversas situaciones problema sobre el tema de enlace químico, mediante las cuales desarrollará su capacidad para planear, monitorear y evaluar para resolver la situación planteada. Además, se fortalecerá en el estudiante la creatividad, el sentido crítico, argumentativo, analítico, visoespacial y su sentido consciente para regular su aprendizaje, siendo más reflexivo, autónomo y proactivo para solucionar las dificultades de su proceso de aprendizaje.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES

MOMENTO DE UBICACIÓN

INSTRUMENTO I - DIAGNÓSTICO INICIAL

Objetivo de Aprendizaje

- ❖ Identificar los procesos de regulación metacognitiva iniciales del estudiante mediante la resolución de problemas de los conceptos necesarios para el aprendizaje del tema de enlace químico.

Conceptos: Sustancias puras (Elementos y compuestos), Estructura atómica (configuración electrónica, electronegatividad, electrones de valencia y carácter metálico).

Descripción de la Actividad: De manera individual, los estudiantes resolverán un cuestionario conformado por preguntas de regulación metacognitiva, las cuales medirán en el estudiante la destreza para planificar, monitorear y evaluar una tarea sobre los temas relacionadas a los temas de sustancias puras y estructura atómica.

Tiempo: 2 horas

Materiales: Fotocopias del instrumento, colores, tabla periódica, lápiz y borrador.

SITUACIÓN PROBLEMA No 1

Leer con atención la siguiente situación problema llamada “Diferenciando sustancias” y responde las preguntas planteadas.

Diferenciando sustancias

En el laboratorio de química, se está realizando una diferencia entre los elementos químicos y compuestos químicos, la profesora de química les presenta a los estudiantes varias sustancias (agua, anillos de oro, cables de cobre, rollo de aluminio y sal de cocina). Dos estudiantes, María y Anita discuten las maneras de diferenciarlos. En la siguiente figura, se encuentran las sustancias presentadas a los estudiantes.



Para clasificar las sustancias presentadas en el laboratorio, la profesora les pide completar la información de la siguiente tabla.

Sustancia	Elemento/Compuesto	¿Por qué?
Sal (NaCl)		

Anillos de oro (Au)

Cable de cobre (Cu)

Agua (H₂O)

Rollo de aluminio (Al)

A partir de esta situación problema planteada, responde las siguientes preguntas:

1. Describe los pasos que crees son necesarios para completar la tabla y clasificar en elementos o compuestos químicos. Explica cada paso.

Paso 1: _____ ¿Por qué?

Paso 2: _____ ¿Por qué?

Paso 3: _____ ¿Por qué?

Paso 4: _____ ¿Por qué?

2. Teniendo en cuenta cada paso propuesto clasifica las sustancias químicas que se encuentran en la anterior tabla, en elementos químicos o compuestos químicos justificando tu respuesta en cada caso.

3. ¿Tuviste alguna dificultad en algún paso, al momento de desarrollar esta actividad?
SI ____ NO ____ Menciona la dificultad que presentaste y justifica tu respuesta.

Dificultad No 1: _____

Dificultad No 2: _____

Dificultad No 3: _____

4. Frente a las dificultades que presentaste ¿Cómo crees que lo lograste superar? Describe la solución para cada dificultad.

Solución No 1: _____

Solución No 2: _____

Solución No 3: _____

5. ¿Crees que desarrollaste de manera adecuada la actividad planteada en la situación problema? SI _____ NO _____ ¿Por qué?

SITUACIÓN PROBLEMA No 2

La electronegatividad es la capacidad que tiene un átomo para atraer los electrones de otro. Este valor se encuentra en la tabla periódica y varia, incrementándose en elementos no metálicos y disminuye en elementos metálicos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
6																		
7																		

Fuente: Recuperado en <https://tablaperiodica.me/esqueleto/> (29-06-2020)

1. Describe los pasos que crees son necesarios para diferenciar con colores los elementos químicos más electronegativos de los electropositivos. Explica cada paso.

Paso 1: _____ ¿Por qué?

Paso 2: _____ ¿Por qué?

Paso 3: _____ ¿Por qué?

Paso 4: _____ ¿Por qué?

2. Teniendo en cuenta los pasos propuestos, pinta en el esqueleto de la tabla periódica con un color los elementos químicos electronegativos y con otro color los elementos menos electropositivos.

3. ¿Tuviste que hacer alguna modificación en algún paso de los propuestos? SI___ NO ___ Explica tu respuesta.

4. ¿Consideras que cumpliste con el objetivo de la actividad, la cual consistía en ubicar los elementos más y menos electronegativos? SI___ NO _____ ¿Por qué?

5. Realiza la configuración electrónica para el cloro (Cl), dibuja el modelo atómico e indica los electrones de valencia ¿Por qué los electrones de valencia tienen esta ubicación? Justifica tu respuesta.

6. ¿Qué crees que indican los electrones de valencia?

MOMENTO DE DESUBICACIÓN

INSTRUMENTO II – TIPOS DE ENLACE QUÍMICO

Objetivo de Aprendizaje

- ❖ Adquirir los procesos de la regulación metacognitiva, desarrollando en el estudiante capacidad para planear, monitorear y evaluar la estrategia o estrategias para resolver la situación problema sobre los tipos de enlace químico y sus respectivas representaciones visuales a nivel submicroscópico.

Conceptos: Molécula, átomo, definición enlace químico, regla del octeto, definición tipos de enlace: iónico, covalente y metálico.

Descripción de Actividades: Inicialmente se definirá lo que es un enlace químico y se resaltarán la diferencia entre compuesto y átomo. Luego se observará y analizará varios videos sobre la definición de enlace químico y los tipos de enlace químico (Iónico, Covalente y Metálico). Al terminar de observar cada video, se realizarán las aclaraciones respectivas y los estudiantes de manera individual responderán 5 preguntas y resolverán la situación problema planteada.

Tiempo: 2 horas

Materiales: Fotocopias, videos

ACTIVIDAD INDIVIDUAL No 1

A partir de lo observado de los videos, responde las siguientes preguntas:

1. Define con tus palabras ¿Qué es un enlace químico?

2. Escribe tres ejemplos de sustancias que utilizas en tu casa que sean resultados de un enlace químico.

3. ¿Por qué crees que los elementos químicos deben unirse a otros elementos químicos?

4. ¿Por qué crees que se utilizan los electrones de valencia para que ocurra un enlace químico?

5. Escribe con tus propias palabras ¿Qué entendiste por fuerza electrostática?

ACTIVIDAD INDIVIDUAL No 2

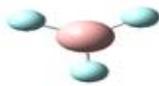
Lee con atención la siguiente situación problema denominada “El concurso” y responde las preguntas.

El concurso

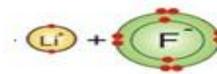
Los estudiantes Susana y Alex han sido seleccionados para participar en un concurso de conocimiento sobre el enlace químico. El concurso consiste en hacer parejas, uniendo el dibujo con su definición respectiva. A los estudiantes les presentaron 5 dibujos, que son las representaciones gráficas de clases de sustancias y tipos de enlace:



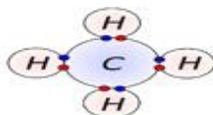
Gráfica A: Átomo



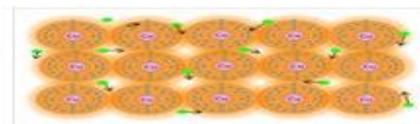
Gráfica B: Molécula



Gráfica C: Enlace Iónico



Gráfica D: Enlace covalente



Gráfica E: Enlace metálico

Relacione (formando parejas) las gráficas de la columna A con las definiciones de la columna B, teniendo como referente las gráficas presentadas en la figura 3.

COLUMNA A	COLUMNA B
Gráfica A	1. Unión de varios elementos metálicos formando una nube electrónica.
Gráfica B	2. Ocurre por transferencia de electrones.
Gráfica C	3. Son la unión de varios elementos químicos.
Gráfica D	4. Se representan mediante modelos atómicos.
Gráfica E	5. Ocurre por compartición de electrones.

Susana y Alex, después de discutir los conceptos aprendidos de enlace químico, proponen las siguientes parejas:

Gráfica	Definición
D	1
B	2
A	3
C	4
E	5

Teniendo en cuenta esta situación problema, responde las siguientes preguntas:

1. Si tuvieras que hacer la relación entre la gráfica y la definición ¿Qué pasos propondrías para ello? Explica cada paso.

Paso 1: _____ ¿Por qué?

Paso 2: _____ ¿Por qué?

Paso 3: _____ ¿Por qué?

Paso 4: _____ ¿Por qué?

2. ¿Consideras que la relación dada por Susana y Alex es correcta? SI____ NO____

Si es negativa tu respuesta, escribe la relación adecuada siguiendo los pasos que propuestos en el numeral 1 y explica tu respuesta:

3. ¿Encontraste alguna dificultad para desarrollar esta actividad? SI____ NO____ ¿Cuál fue esa dificultad? Escríbela y explícala.

Dificultad No 1: _____

Dificultad No 2: _____

Dificultad No 3: _____

4. ¿Cómo lograste superar las dificultades encontradas? Describe la solución para cada dificultad. No 1: _____

Solución No 2: _____

Solución No 3: _____

5. ¿Consideras que cumpliste con el objetivo de la actividad? SI___ NO _____ ¿Por qué?

6. Escribir una característica sobre la representación de la forma de enlazarse de los siguientes tipos de enlace:

Enlace iónico: _____

Enlace covalente: _____

Enlace metálico: _____

INSTRUMENTO No III – REPRESENTACIONES DE LOS TIPOS DE ENLACE

Objetivo de Aprendizaje

- ❖ Fortalecer en el estudiante su capacidad para planear las estrategias, identificar dificultades y evaluar los resultados para solucionar una situación problema de análisis de representaciones visuales mediante estructuras de Lewis y fórmula estructural para el enlace covalente.

Conceptos: Regla del octeto, Estructuras de Lewis, Fórmula estructural

Descripción de la Actividad: Se explicará las representaciones visuales del enlace covalente mediante las estructuras de Lewis y fórmula estructural. Se explicarán varios ejemplos y se realizarán ejercicios con los estudiantes.

Tiempo: 2 horas

Materiales: Fotocopias, lápiz, borrador y colores.

ACTIVIDAD INDIVIDUAL

Lee la siguiente situación problema llamada “Armando y dibujando” y contesta las preguntas planteadas:

Armando y dibujando

Johana tiene que resolver una tarea de química sobre las estructuras de Lewis. La tarea consiste en dibujar tres estructuras de Lewis de sustancias conocidas, a partir de las siguientes indicaciones dadas por la docente:

Sustancia 1: Formada por dos átomos de H y un átomo de oxígeno, dos enlaces simples, el átomo central cumple con la regla del octeto y los otros dos átomos cumplen la regla del dueto. El átomo central queda con cuatro electrones libres, sin compartir.

Sustancia 2: Formada por dos átomos de oxígeno y un átomo de carbono, dos enlaces dobles y todos los átomos cumplen la regla del octeto. Dos átomos quedan con cuatro electrones libres, sin compartir.

Sustancia 3: Formada por cuatro átomos de H y un átomo de carbono, cuatro enlaces simples, el átomo central cumple con la regla del octeto y los otros cuatro dos átomos cumplen la regla del dueto. No hay electrones libres.

Resolver las siguientes preguntas:

1. Describe los pasos para dibujar las estructuras de Lewis y la fórmula estructural a partir de las indicaciones dadas para cada sustancia en la situación problema. Explica cada paso.

Paso 1: _____ ¿Por qué?

Paso 2: _____ ¿Por qué?

Paso 3: _____ ¿Por qué?

Paso 4: _____ ¿Por qué?

2. Dibuja las estructuras de Lewis y su respectiva fórmula estructural de las tres sustancias, teniendo en cuenta los pasos propuestos. ¿Conoces estas sustancias? Escribe el nombre de estas sustancias.

Sustancia 1	Sustancia 2	Sustancia 3

3. ¿Se te presentó alguna dificultad para resolver esta tarea? Mencionalo y explica tu respuesta.

Dificultad No 1: _____

Dificultad No 2: _____

Dificultad No 3: _____

4. Frente a las dificultades que presentaste ¿Cómo crees que lo lograste superar? Describe la solución para cada dificultad.

Solución No 1: _____

Solución No 2:

Solución No 3:

5. ¿Consideras que los pasos descritos en el punto 1, te ayudaron a resolver esta tarea?

SI___ NO___ ¿Por qué?

6. Para realizar la fórmula estructural ¿Es necesario dibujar la estructura de Lewis? Explica tu respuesta.

**INSTRUMENTO IV – PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS IÓNICAS,
COVALENTES Y METÁLICAS**

Objetivo de Aprendizaje

- ❖ Reconocer las estrategias, las dificultades y la eficacia de las estrategias al resolver una situación problema sobre las propiedades que poseen los compuestos iónicos, covalentes y metálicos.

Conceptos: Propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas.

Descripción de Actividades: Los estudiantes visualizarán la medición de la capacidad de conducir la electricidad de varias sustancias iónicas, covalentes y metálicas, usando un conductímetro casero. A partir de la observación de este fenómeno, se abordarán otras propiedades de estas sustancias. Luego desarrollarán la situación problema sobre este tema.

Tiempo: 2 horas

Materiales: Limón, agua, suero, moneda, cuchara, peineta, aceite de cocina, vinagre, bisturí, vidrio, hoja de papel, sal, azúcar, acero, 3 metros de cable, boquilla con bombillo, batería, beaker, agitador y fotocopias con las actividades propuestas.

ACTIVIDAD DE OBSERVACIÓN

Los estudiantes escucharán la explicación de cómo se elaboró el conductímetro casero. Luego explicará su funcionamiento y medirá la capacidad de conducir la electricidad de diversas sustancias, completando la siguiente tabla, clasificándolas según la capacidad de conducir electricidad (buenas o malas conductoras de electricidad) y el tipo de sustancia (iónica, covalente o metálica):

Sustancia	Conductividad eléctrica	Tipo de sustancia
Agua (H ₂ O)		
Sal (NaCl)		
Sal en agua		
Azúcar (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)		
Azúcar en agua		
Bronce (Aleación Cu, Fe y Zn)		
Suero		
Moneda (Cu, Ni, Zn)		
Aceite de cocina (Ácido grasos CH ₃ -(CH ₂) _n -COOH))		
Vinagre (C ₂ H ₄ O ₂)		
Hoja de papel (Celulosa (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n)		
Peineta		

¿Por qué crees que existan sustancias que son buenas conductoras de corriente eléctrica y otras no? Explica tu respuesta.

ACTIVIDAD INDIVIDUAL

Lee la siguiente situación problema “En la bodega de Kevin” y contesta las preguntas planteadas.

En la bodega de Kevin

Kevin es un trabajador de una fábrica que elaboran diversas sustancias para consumo y uso humano. Cierta día a Kevin le pasaron tres sustancias: azúcar, acero y sal para ser empacadas en cajas de diversos colores. En la caja roja debe empacar la sustancia iónica, en

la caja amarilla la sustancia covalente y en la caja verde la sustancia metálica. Cada sustancia tiene una etiqueta donde describen sus propiedades, pero no indica el tipo de sustancia.

AZÚCAR (C₁₂H₂₂O₁₁) Alta solubilidad en agua. No conduce la corriente eléctrica. Bajo punto de fusión.	BRONCE (Aleación Cu, Fe y Zn) Baja solubilidad en agua. Conduce la corriente eléctrica. Alto punto de fusión.	SAL (NaCl) Alta solubilidad en agua Conduce la corriente eléctrica. Alto punto de fusión.
--	---	---

Kevin ha decidido leer la información de las etiquetas y a partir de esta información, empacar cada sustancia en la caja adecuada.

Responde las siguientes preguntas:

1. Si fueras Kevin, ¿Qué pasos utilizarías para empacar de manera adecuada estas sustancias? Describe cada paso y explícalo.

Paso 1: _____ ¿Por qué?

Paso 2: _____ ¿Por qué?

Paso 3: _____ ¿Por qué?

Paso 4: _____ ¿Por qué?

2. Empaca las sustancias según los colores de las cajas siguiendo los pasos propuestos.

Explica tu respuesta.

3. ¿Se te presentaron dificultades para resolver esta situación problema? Menciónalas y explica tu respuesta.

4. ¿Cómo lograste superar las dificultades encontradas? Describe la solución para cada dificultad.

5. ¿Lograste al final de la actividad, ayudar a Kevin a empacar de manera adecuada el azúcar, el bronce y la sal? SI___ NO ___ Justifica tu respuesta.

6. ¿Habría otra manera de clasificar el azúcar, el bronce y la sal, sino se dispusiera de las etiquetas? Escríbela y explícala.

INSTRUMENTO V – REPRESENTACIÓN EN TRES DIMENSIONES

Objetivo de Aprendizaje

- ❖ Evidenciar en el estudiante los procesos de la regulación metacognitiva, mediante la planeación, monitoreo y evaluación en la elaboración de una molécula tridimensional y su relación con las propiedades de la polaridad y electronegatividad.

Conceptos: Estructura de Lewis, fórmula estructural, formas geométricas de las moléculas, polaridad y electronegatividad.

Descripción de la Actividad: Se realizará la explicación de la geometría molecular y como se determina la polaridad desde la estructura tridimensional. En binas resolverán las preguntas planteadas y elaborarán una molécula con bolas y palillos, reconociendo los enlaces presentes y su polaridad.

Tiempo: 4 horas

Materiales: Bolas de icopor, palillos, temperas, pincel, lápiz, colores y fotocopias del cuestionario.

ACTIVIDAD GRUPAL

Elaborar una molécula tridimensional asignada por la docente, apoyándose en la información sobre geometría molecular. Antes de realizar la molécula, se debe analizar la información presentada haciendo diferentes relaciones entre filas. Proponer los pasos para elaborar la molécula tridimensional con bolas y palillos. Hacer la molécula y socializarla indicando los tipos de enlace y la polaridad.

Molécula	Estructura de Lewis	Pares enlazantes	Pares no enlazantes	Estructura	Geometría	Modelo molecular
BeCl₂	$\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{—Be—}\ddot{\text{Cl}}\text{:}$	2	0	Cl—Be—Cl	Lineal	
BF₃	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{F}}\text{—B—}\ddot{\text{F}}\text{:} \end{array}$	3	0		Triangular	
CH₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H—C—H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	4	0		Tetraédrica	
NH₃	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H—N—H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	3	1		Pirámide trigonal	
H₂O	$\text{H—}\ddot{\text{O}}\text{—H}$	2	2		Angular	

Fuente: <http://e->

educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4844/html/11_geometra_molecular_modelo_rpcv.html (02/05/2021)

Responder las siguientes preguntas:

1. Describe los pasos necesarios para elaborar la molécula tridimensional y a partir de esta molécula determinar los tipos de enlace y polaridad de la molécula tridimensional. Explica cada paso.

Paso 1: _____ ¿Por qué?

Paso 2: _____ ¿Por qué?

Paso 3: _____ ¿Por qué?

Paso 4: _____ ¿Por qué?

2. Teniendo en cuenta los pasos propuestos, construye la molécula tridimensional, identifica los tipos de enlace y la polaridad de la molécula tridimensional. Toma una foto de tu trabajo. ¿Cómo determinaste los tipos de enlace y la polaridad? Justifica tu respuesta.

3. ¿Encontraste alguna dificultad para desarrollar esta actividad? SI___ NO___ Escribe la dificultad encontrada y justifica tu respuesta.

Dificultad No 1: _____

Dificultad No 2: _____

Dificultad No 3: _____

4. Frente a las dificultades que presentaste ¿Cómo crees que lo lograste superar? Describe la solución para cada dificultad.

Solución No 1: _____

Solución No 2: _____

Solución No 3: _____

5. ¿Consideras que cumpliste con el objetivo de la actividad? SI___ NO _____ ¿Por qué?

6. Además de la polaridad y la electronegatividad ¿Qué otro tipo de información sobre las propiedades de las sustancias se pueden deducir a partir de la molécula tridimensional?

MOMENTO DE REENFOQUE

INSTRUMENTO VI – VERIFICACIÓN FINAL

Objetivo de Aprendizaje

- ❖ Analizar el desarrollo de los procesos de la regulación metacognitiva adquirida durante el aprendizaje del enlace químico.

Conceptos: Sustancias puras (elementos químicos y compuestos químicos), estructura atómica (configuración electrónica, electronegatividad, electrones de valencia y carácter metálico).

Descripción de la Actividad: Diligenciar el cuestionario de lápiz y papel compuesto de preguntas abiertas aplicado en el diagnóstico inicial, con el fin de analizar el desarrollo de los procesos de la regulación metacognitiva adquiridas por el estudiante cuando resuelve problemas sobre los saberes previos requeridos para el aprendizaje del enlace químico.

Tiempo: 2 horas

Materiales: Fotocopias del cuestionario final, colores, tabla periódica, lápiz y borrador.

El instrumento se encuentra en el momento de ubicación.

EVALUACIÓN

En la regulación metacognitiva se destaca el proceso de autoevaluación que realiza el estudiante de su proceso de aprendizaje. Para ello se tendrá en cuenta las respuestas de las

preguntas de regulación metacognitiva, donde se evaluará la capacidad del estudiante de planear, monitorear y evaluar, fortaleciendo la toma de conciencia y reflexión proactiva respecto al proceso de aprendizaje. Anexo al proceso evaluativo realizado durante la investigación, se indagará a los estudiantes sobre los conceptos aprendidos y se realizará la una evaluación escrita (cuestionario de preguntas abiertas) con el fin de analizar los aprendizajes profundos logrados en el estudiante.

APRENDIZAJE DE CONCEPTOS

Completa la siguiente tabla, marcando con una X los conceptos que comprendiste bien o aquellos conceptos que consideras que debes repasar. En cada caso explica tu respuesta.

Concepto	Lo comprendiste bien ¿Por qué?	Lo consideras que debes repasar ¿Por qué?
<i>Electronegatividad</i>		
<i>Estructura de Lewis</i>		
<i>Fórmula estructural</i>		
<i>Enlace iónico</i>		
<i>Enlace covalente</i>		

Enlace Metálico

*Propiedades de las
sustancias*

Geometría molecular

CUESTIONARIO

Responde los siguientes interrogantes:

1. Define con tus palabras que entiendes por enlace químico. En el cuadro puedes dibujar los enlaces químicos para explicar tu definición.

2. ¿Cuál crees que sería una característica resaltante para diferenciar entre un enlace iónico, enlace covalente y enlace metálico? Escribe esta característica y explica tu respuesta.

Enlace iónico

Covalente

Metálico

3. Si tuvieras que explicar a un compañero como se representan cada tipo de enlace químico ¿Cómo lo harías? Escribe con detalle la explicación.

4. Teniendo en cuenta las propiedades de las sustancias iónicas, sustancias covalentes y sustancias metálicas ¿Cuál propiedad sería útil para diferenciar cada tipo de sustancia? En la casa ¿Podemos encontrar este tipo de sustancias? Explica tus respuestas.

5. Recuerdas la estructura tridimensional que hiciste ¿Crees que al elaborar la molécula tridimensional con bolas y palillos, facilito la comprensión de la distribución de los átomos en el espacio? Justifica tu respuesta.

Anexo B. Entrevista Inicial

1. Describe los pasos que seguiste para dibujar las estructuras de Lewis y la fórmula estructural y explica cada paso.
2. ¿Tuviste alguna dificultad para planear los pasos? Mencionala y explica tu respuesta.
3. ¿Se te presentaron dificultades para resolver esta tarea? Mencionalas y explica tu respuesta.
4. ¿Cómo lograste superar las dificultades encontradas? Describe la solución para cada dificultad
5. ¿Consideras que los pasos descritos en el punto 1 te ayudaron a resolver esta tarea?
SI___ NO___ ¿Por qué?
6. ¿Cómo te has sentido identificando tus dificultades de aprendizaje?

Anexo C. Entrevista Intermedia

1. Describe los pasos que seguiste para elaborar la molécula tridimensional. Explica cada paso.
2. ¿Tuviste alguna dificultad para planear los pasos? Mencionala y explica tu respuesta.
3. ¿Se te presentaron dificultades para resolver esta tarea? Mencionalas y explica tu respuesta.
4. ¿Cómo lograste superar las dificultades encontradas? Describe la solución para cada dificultad
5. ¿Consideras que los pasos descritos en el punto 1 te ayudaron a resolver esta tarea?
SI___ NO___ ¿Por qué?
6. ¿Cómo te has sentido identificando tus dificultades de aprendizaje?
7. Menciona un aprendizaje significativo de esta actividad o de las otras actividades.

Anexo D. Entrevista Final

1. Menciona el o los aprendizajes que consideras fue muy importantes o valioso para ti, a lo largo de las clases sobre enlace químico.
2. Menciona el concepto del que más te acuerdas. Lo puedes explicar SI_____ NO _____
Explicalo con tus palabras
3. ¿Cómo te sentiste en los ejercicios donde debías planear los pasos para resolver una situación problema?
4. ¿Cómo te has sentido identificando tus dificultades?
5. Describe tu desempeño al participar de esta investigación. De 1 a 5 ¿Cómo te calificas?
y por qué te das esa calificación.