

| | | | | | | | | |
|---|---|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---|--|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | | |  | |
| | CARTA DE AUTORIZACIÓN | | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-06 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 1 de 2 | |

Neiva, 21 de octubre de 2001

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s): SEM VLADIMIR ALVEAR GUERRERO, con C.C. No. 87451568,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado: **RESOLVER PROBLEMAS, UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA ALTERNATIVA PARA EL APRENDIZAJE DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE ENLACE QUÍMICO Y EL DESARROLLO DE ALGUNOS ASPECTOS DEL PENSAMIENTO CRÍTICO**

presentado y aprobado en el año 2001 como requisito para optar al título de

MAGISTER EN EDUCACIÓN; autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

| | | | | | | | |
|---|---|----------------|----------|-----------------|-------------|---|---------------|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | |  | |
| | CARTA DE AUTORIZACIÓN | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-06 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 2 de 2 |



EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: **INSERTAR FIRMA ESCANEADA**

| | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------|-----------------|-------------|---|---------------|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | |  | |
| | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 1 de 3 |

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

RESOLVER PROBLEMAS, UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA ALTERNATIVA PARA EL APRENDIZAJE DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE ENLACE QUÍMICO Y EL DESARROLLO DE ALGUNOS ASPECTOS DEL PENSAMIENTO CRÍTICO

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
| ALVEAR GUERRERO | SEM VLADIMIR |

ASESOR (ES):

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
| GARCIA GARCIA | JOSÉ JOAQUIN |

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: MAGISTER EN EDUCACIÓN

FACULTAD: EDUCACION

PROGRAMA O POSGRADO: MAESTRIA EN DUCACIÓN : Área De Profundización Docencia E Investigación Universitaria

CIUDAD: NEIVA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2001

NÚMERO DE PÁGINAS: 265

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías ___ Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general Grabados ___ Láminas ___ Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___ Tablas o Cuadros

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

| | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------|-----------------|-------------|---|---------------|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | |  | |
| | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 2 de 3 |

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

| Español | Inglés |
|--|----------------------------------|
| 1. Modelos de enlace químico | Chemical bonding models |
| 2. Situaciones problemáticas | Problem situations, |
| 3. Habilidades de pensamiento crítico | Critical thinking skills, |
| 4. Enfoque electrostático | Electrostatic approach |
| 5. Fuerzas de atracción intermoleculares | Intermolecular attractive forces |
| 6. Propiedades macroscópicas | Macroscopic properties |
| 7. Propuesta pedagógica alternativa. | Alternative pedagogical proposal |

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La implementación de esta propuesta pedagógica alternativa, basada en la resolución de situaciones problemáticas creativas y contextualizadas y el abordaje temático alternativo, pretende mejorar el aprendizaje de modelos explicativos de enlace químico y el desarrollo de algunas habilidades cognitivas propias del pensamiento crítico en los estudiantes de educación media de la Institución Educativa San Juan Bosco de Palermo-Huila. Además, con la aplicación de la estrategia didáctica y el abordaje temático alternativo, se espera que los estudiantes mejoren la comprensión de la naturaleza electrostática de los modelos de enlace químico y de las fuerzas de atracción intermoleculares, y de su utilidad en la explicación de las propiedades macroscópicas de las sustancias.

| | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------|-----------------|-------------|---|---------------|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | |  | |
| | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 3 de 3 |

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The implementation of this alternative pedagogical proposal, based on resolution of creative and contextualized problem situations and the alternative thematic approach, pretends to improve the learning about explanatory models of chemical bonding and the development of some cognitive skills characteristic of critical thinking in the students from 10th to 11th grade of San Juan Bosco educational institution of Palermo, Huila. On the other hand, with the application of the didactic strategy and the alternative thematic approach, it is expective that the students improve understanding about the electrostatic nature of chemical bonding models and intermolecular attractive forces and its usefulness in explaining the macroscopic properties of substances.

APROBACION DE LA TESIS



FABIO DE JESÚS JURADO VALENCIA



GERARDO ANDRÉS PERAFÁN ECHEVERRY



**RESOLVER PROBLEMAS, UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA ALTERNATIVA PARA EL
APRENDIZAJE DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE ENLACE QUÍMICO Y EL
DESARROLLO DE ALGUNOS ASPECTOS DEL PENSAMIENTO CRÍTICO**

SEM VLADIMIR ALVEAR GUERRERO

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
NEIVA
2021**

**RESOLVER PROBLEMAS, UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA ALTERNATIVA PARA EL
APRENDIZAJE DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE ENLACE QUÍMICO Y EL
DESARROLLO DE ALGUNOS ASPECTOS DEL PENSAMIENTO CRÍTICO**

SEM VLADIMIR ALVEAR GUERRERO

Proyecto de investigación para optar el título de Magister en
Educación, área de profundización Docencia e Investigación Universitaria

Asesor
DOCTOR JOSÉ JOAQUÍN GARCÍA GARCÍA

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
NEIVA
2021**

DEDICATORIA

A mi papá José Aristides, cuyo espíritu que “otera desde un ala asida de los aires” me acompaña con afecto, sabiduría y disciplina.

A mi mamá Floralba, por su amor, abnegación y apoyo en cada momento de mi vida.

A mi esposa Fredy y a mi hijo José Vladimir, por su amor, comprensión y apoyo incondicional, durante estos arduos y fructíferos años dedicados a la construcción de esta propuesta pedagógica alternativa.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor José Joaquín García García, por su valioso apoyo, orientaciones y exigencia académica, pedagógica y didáctica durante la construcción e implementación de esta propuesta pedagógica alternativa.

A la especialista Gloria Haydée Alvear Guerrero, por su cuidadosa revisión y corrección gramatical y ortográfica de este informe.

Al especialista Cardemio Ramón Álvarez Álvarez, por colaboración en la revisión literaria de las situaciones problemáticas de esta experiencia pedagógica.

Al magister Luis Javier Narváez Zamora, por su apoyo sincero y sus oportunos y acertados aportes para la realización de esta investigación.

A los estudiantes de los grados décimo (2019) y undécimo (2020) de la Institución Educativa San Juan Bosco por su interés, compromiso y dedicación que hizo posible culminar con éxito esta grata experiencia didáctica.

A la Facultad de Educación y a la Rectoría de la Universidad Surcolombiana por su apoyo económico para la realización de los estudios de Maestría en Educación

Resumen

Título: RESOLVER PROBLEMAS, UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA ALTERNATIVA PARA EL APRENDIZAJE DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE ENLACE QUÍMICO Y EL DESARROLLO DE ALGUNOS ASPECTOS DEL PENSAMIENTO CRÍTICO

Autor: SEM VLADIMIR ALVEAR GUERRERO

Palabras claves: modelos de enlace químico, situaciones problemáticas, habilidades de pensamiento crítico, enfoque electrostático, fuerzas de atracción intermoleculares, propiedades macroscópicas y propuesta pedagógica alternativa.

La implementación de esta propuesta pedagógica alternativa, basada en la resolución de situaciones problemáticas creativas y contextualizadas y el abordaje temático alternativo, pretende mejorar el aprendizaje de modelos explicativos de enlace químico y el desarrollo de algunas habilidades cognitivas propias del pensamiento crítico en los estudiantes de educación media de la Institución Educativa San Juan Bosco de Palermo-Huila. Además, con la aplicación de la estrategia didáctica y el abordaje temático alternativo, se espera que los estudiantes mejoren la comprensión de la naturaleza electrostática de los modelos de enlace químico y de las fuerzas de atracción intermoleculares, y de su utilidad en la explicación de las propiedades macroscópicas de las sustancias.

Abstract

Title: SOLVING PROBLEMS, AN ALTERNATIVE PEDAGOGICAL PROPOSAL FOR THE LEARNING OF THE EXPLANATORY MODELS OF CHEMICAL BONDING AND THE DEVELOPMENT OF SOME ASPECTS OF CRITICAL THINKING.

Author: SEM VLADIMIR ALVEAR GUERRERO

Key Words: chemical bonding models, problem situations, critical thinking skills, electrostatic approach, intermolecular attractive forces, macroscopic properties, alternative pedagogical proposal.

The implementation of this alternative pedagogical proposal, based on resolution of creative and contextualized problem situations and the alternative thematic approach, pretends to improve the learning about explanatory models of chemical bonding and the development of some cognitive skills characteristic of critical thinking in the students from 10th to 11th grade of San Juan Bosco Educational Institution of Palermo, Huila. On the other hand, with the application of this didactic strategy and the alternative thematic approach it is expected that the students will improve their understanding about electrostatic nature of chemical bonding models and intermolecular attractive forces and its usefulness in explaining the macroscopic properties of substances.

Tabla de Contenido

| | Pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| Capítulo 1. El problema objeto de investigación..... | 5 |
| 1.1. Planteamiento del problema..... | 5 |
| 1.2. Justificación..... | 9 |
| 1.3. Objetivos | 15 |
| 1.3.1. Objetivo general | 15 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 15 |
| Capítulo 2. Marco Teórico y Conceptual | 17 |
| 2.1. Marco teórico..... | 17 |
| 2.1.1. Fines y objetivos de la educación científica..... | 17 |
| 2.1.2. Pensamiento crítico | 18 |
| 2.1.3. Habilidades y disposiciones de pensamiento crítico | 21 |
| 2.1.4. Relación pensamiento crítico y resolución de problemas..... | 26 |
| 2.2. Marco conceptual | 32 |
| 2.2.1. Enlace químico..... | 32 |
| 2.2.2. Modelos de enlace químico con un enfoque electrostático de orden general | 44 |
| 2.2.3. Resolución de problemas | 56 |
| 2.2.4. Situación problemática de Química | 59 |
| 2.2.5. Formación, un concepto incluyente | 61 |
| 2.3. Antecedentes investigativos | 69 |
| 2.4. Marco legal del enlace químico en educación media | 73 |
| 2.4.1. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales | 73 |
| 2.4.2. Lineamientos Curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental..... | 75 |
| 2.4.3. Contexto de la evaluación de Química en la Prueba Saber -11 | 77 |
| 2.4.4. Propuesta alternativa de contenidos curriculares sobre enlace químico para educación media | 79 |
| 2.4.5. Clasificación de los contenidos curriculares de Química..... | 81 |
| Capítulo 3. Metodología propuesta..... | 94 |
| 3.1. Metodología..... | 94 |
| 3.2. Fases de la investigación | 97 |
| 3.2.1. Primera fase: construcción de la propuesta | 97 |
| 3.2.2. Segunda fase: prueba inicial | 98 |
| 3.2.3. Tercera fase: aplicación de la propuesta..... | 99 |
| 3.2.4. Cuarta fase: prueba final | 99 |
| 3.2.5. Quinta fase: análisis de resultados..... | 100 |
| 3.2.6. Sexta fase: elaboración y sustentación del informe final | 101 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.3. | Instrumentos..... | 101 |
| 3.3.1. | Prueba pre y post- test sobre modelos explicativos de enlace químico | 101 |
| 3.3.2. | Situaciones problemáticas sobre modelos explicativos enlace químico..... | 102 |
| 3.3.3. | Situación problemática pre- post para evaluar habilidades de pensamiento crítico..... | 110 |
| 3.3.4. | Entrevista a estudiantes sobre los modelos explicativos de enlace químico | 111 |
| | Capítulo 4. Resultados | 113 |
| 4.1. | Resolución de tres situaciones problemáticas..... | 114 |
| 4.2. | Resolución de situaciones problemáticas 4-15 | 122 |
| 4.3. | Resultados globales de las situaciones problemáticas..... | 150 |
| 4.4. | Resultados alcanzados en la resolución de la situación problemática 16 Un chico plástico, Pre y Post | 154 |
| 4.5. | Resultados de entrevista | 159 |
| 4.6. | Resultados Pre y post- test de los modelos explicativos de enlace químico | 170 |
| 4.7. | Prueba de hipótesis..... | 173 |
| | Conclusiones..... | 188 |
| | Referencias bibliográficas | 195 |
| | Anexos | 202 |

Lista de figuras

Pág.

| | |
|---|------------|
| <i>Figura 1. Representación del enlace metálico</i> | <i>47</i> |
| <i>Figura 2. Representación del enlace iónico</i> | <i>48</i> |
| <i>Figura 3. Representación del enlace covalente.</i> | <i>48</i> |
| <i>Figura 4. Los enlaces covalentes.....</i> | <i>51</i> |
| <i>Figura 5. Enlace covalente no polar carbono-hidrógeno en compuestos orgánicos.</i> | <i>51</i> |
| <i>Figura 6. Enlace polar oxígeno-hidrógeno y carbono-oxígeno en compuestos orgánicos</i> | <i>52</i> |
| <i>Figura 7. Estructura reticular del diamante y del grafito.</i> | <i>52</i> |
| <i>Figura 8. Estructura molecular, fuerzas de atracción y propiedades macroscópicas....</i> | <i>53</i> |
| <i>Figura 9. Fuerzas de van der Waals entre moléculas de metano</i> | <i>54</i> |
| <i>Figura 10. Atracciones dipolo -dipolo entre moléculas de etanal.</i> | <i>54</i> |
| <i>Figura 11. Puentes de hidrógeno en el agua, etanol y solución de etanol - agua</i> | <i>55</i> |
| <i>Figura 12. Formación, un concepto incluyente.....</i> | <i>62</i> |
| <i>Figura 13. Secuenciación de los modelos de enlace químico.....</i> | <i>80</i> |
| <i>Figura 14. Sumatoria resultados pre y post- tes situación problemática 1</i> | <i>115</i> |
| <i>Figura 15. Sumatoria resultados pre y post test estrategia situación problemática 2..</i> | <i>118</i> |
| <i>Figura 16. Sumatoria resultados pre y post- estrategia situación problemática 3</i> | <i>120</i> |
| <i>Figura 17. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 4</i> | <i>123</i> |
| <i>Figura 18. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 5</i> | <i>125</i> |
| <i>Figura 19. Sumatoria puntajes y porcentajes de respuesta situación problemática 6.</i> | <i>127</i> |
| <i>Figura 20. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 7</i> | <i>130</i> |
| <i>Figura 21. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 8</i> | <i>133</i> |
| <i>Figura 22. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 9</i> | <i>135</i> |
| <i>Figura 23. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 10</i> | <i>138</i> |
| <i>Figura 24. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 11</i> | <i>140</i> |
| <i>Figura 25. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 12</i> | <i>142</i> |
| <i>Figura 26. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 13</i> | <i>144</i> |
| <i>Figura 27. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 14</i> | <i>147</i> |
| <i>Figura 28. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 15....</i> | <i>149</i> |
| <i>Figura 29. Valoración porcentual situaciones problemáticas modelos enlace químico</i> | <i>152</i> |
| <i>Figura 30. Sumatoria resultados pre y post estrategia situación problemática 16</i> | <i>156</i> |
| <i>Figura 31. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos entrevista final.....</i> | <i>161</i> |
| <i>Figura 32. Prueba de hipótesis</i> | <i>174</i> |
| <i>Figura 33. Sumatoria de puntajes y porcentajes pruebas pre y post- test.....</i> | <i>177</i> |
| <i>Figura 34. Bomba sodio -potasio</i> | <i>209</i> |
| <i>Figura 35. Diagrama de pretratamiento y tratamiento de agua.</i> | <i>218</i> |
| <i>Figura 36. Aparato para conductividad eléctrica sustancias en solución</i> | <i>231</i> |
| <i>Figura 37. Puentes de hidrógeno en ADN y proteínas.....</i> | <i>234</i> |
| <i>Figura 38. Estructura del nylon</i> | <i>235</i> |
| <i>Figura 39. Fórmulas estructurales agua y algunos compuestos orgánicos.....</i> | <i>235</i> |

Lista de tablas

| | Pág. |
|---|------|
| <i>Tabla 1. Algunas definiciones sobre pensamiento crítico.....</i> | 19 |
| <i>Tabla 2. Algunas definiciones sobre pensamiento crítico.....</i> | 20 |
| <i>Tabla 3. Habilidades y disposiciones de pensamiento crítico</i> | 21 |
| <i>Tabla 4. Diferencias entre el pensamiento ordinario/común y pensamiento crítico.....</i> | 25 |
| <i>Tabla 5. Comparativo buen pensador y persona sin pensamiento crítico</i> | 26 |
| <i>Tabla 6. Relación pensamiento crítico y resolución de problemas.....</i> | 27 |
| <i>Tabla 7. Algunos resultados del post-test.</i> | 40 |
| <i>Tabla 8. EBC en Ciencias Naturales grado décimo a undécimo</i> | 74 |
| <i>Tabla 9. EBC en Ciencias Naturales grado octavo a noveno.....</i> | 74 |
| <i>Tabla 10. EBC en Ciencias Naturales grado sexto a séptimo.....</i> | 75 |
| <i>Tabla 11. Conocimientos básicos de procesos químicos, grados décimo y undécimo.</i> | 76 |
| <i>Tabla 12. Estado, interacciones y dinámica de los sistemas materiales</i> | 77 |
| <i>Tabla 13. Los componentes conceptuales de la prueba de química Saber -11</i> | 79 |
| <i>Tabla 14. Competencias específicas de Química a construir.....</i> | 85 |
| <i>Tabla 15. Propuesta alternativa curricular Enlace Químico educación media.....</i> | 86 |
| <i>Tabla 16. Preguntas, dimensión e indicadores del pre y post- test.....</i> | 101 |
| <i>Tabla 17. Situaciones problemáticas sobre modelos enlace químico</i> | 103 |
| <i>Tabla 18. Un Chico Plástico para evaluar pensamiento crítico</i> | 111 |
| <i>Tabla 19. Dimensiones e indicadores entrevista estudiantes grado undécimo</i> | 111 |
| <i>Tabla 20. Mejoramiento porcentual en las respuestas de la situación problemática 1</i> | 114 |
| <i>Tabla 21. Mejoramiento porcentual de las respuestas en la situación problemática 2</i> | 117 |
| <i>Tabla 22. Mejoramiento porcentual de las respuestas en la situación problemática 3</i> | 120 |
| <i>Tabla 23. Preguntas de la situación problemática 4 Los floreros de Llorente</i> | 122 |
| <i>Tabla 24. Preguntas de la situación problemática 5. “Los que se mueven”.</i> | 125 |
| <i>Tabla 25. Preguntas de la situación problemática 6 El tour del banano.....</i> | 127 |
| <i>Tabla 26. Preguntas de la situación problemática 7 “Agüita para mi gente”.</i> | 129 |
| <i>Tabla 27. Preguntas situación problemática 8 Solteros son tóxicos, pero casados son comestibles.....</i> | 132 |
| <i>Tabla 28. Preguntas de la situación problemática 9 “Los 33”</i> | 134 |
| <i>Tabla 29. Preguntas de la situación problemática 10 El material del futuro.....</i> | 137 |
| <i>Tabla 30. Preguntas de la situación problemática 11 Parejas muy estables.....</i> | 139 |
| <i>Tabla 31. Preguntas de la situación problemática 12 Sherlock.....</i> | 142 |
| <i>Tabla 32. Preguntas situación problemática 13 Una molécula muy extraña</i> | 144 |
| <i>Tabla 33. Preguntas situación problemática 14 “Se iluminó la bombilla”</i> | 146 |
| <i>Tabla 34. Preguntas situación problemática 15 “El puente está quebrado”</i> | 148 |
| <i>Tabla 35. Porcentaje de mejora situaciones problemáticas sobre enlace químico</i> | 151 |
| <i>Tabla 36. Mejoramiento porcentual de algunas habilidades del pensamiento</i> | 154 |
| <i>Tabla 37. Entrevista realizada a estudiantes.....</i> | 159 |
| <i>Tabla 38. Respuestas y comentarios de estudiantes sobre experiencia pedagógica .</i> | 165 |
| <i>Tabla 39. Sumatoria puntajes obtenidos por estudiantes en prueba pre- test</i> | 170 |
| <i>Tabla 40. Sumatoria puntajes obtenidos por estudiantes en prueba post-test.....</i> | 171 |

| | |
|--|------------|
| <i>Tabla 41. Medidas de tendencia central prueba pre- test, sobre modelos explicativos de enlace químico.....</i> | <i>173</i> |
| <i>Tabla 42. Medidas de tendencia central en la prueba del post- test, sobre modelos explicativos de enlace químico.....</i> | <i>173</i> |
| <i>Tabla 43. Mejoramiento porcentual respuestas correctas pruebas pre y post- test</i> | <i>175</i> |
| <i>Tabla 44. Hidruros del grupo 16.....</i> | <i>204</i> |
| <i>Tabla 45. Puntos de fusión y ebullición.....</i> | <i>205</i> |

Lista de anexos

| | Pág. |
|--|-------------|
| Anexo 1. Prueba pre y post- test sobre modelos explicativos de enlace químico | 202 |
| Anexo 2. Situaciones problemáticas sobre modelos explicativos de enlace químico . | 206 |
| Anexo 3. Entrevista a estudiantes sobre los modelos explicativos de enlace químico. | 246 |

INTRODUCCIÓN

Este trabajo investigativo se realizó en la institución Educativa San Juan Bosco de Palermo – Huila con los estudiantes de educación media, con la finalidad de mejorar el aprendizaje de modelos explicativos de enlace químico y el desarrollo de algunas habilidades cognitivas propias del pensamiento crítico, a través de una propuesta pedagógica alternativa basada en la resolución de problemas, en el marco de un abordaje temático alternativo. Además, con la aplicación de esta propuesta pedagógica se pretende que los estudiantes mejoren la comprensión de la naturaleza electrostática de los modelos de enlace químico y su utilidad en la explicación de las propiedades macroscópicas de las sustancias de uso cotidiano.

La aplicación de la propuesta pedagógica alternativa se programó para cinco meses; se inició a finales del año 2019 con estudiantes de grado décimo y se continuó con los mismos estudiantes en el grado undécimo en el año 2020. Durante este tiempo se buscó el cumplimiento de los objetivos propuestos y se fortaleció el trabajo en equipo, realizado de manera presencial en el aula de clase, la sala audio visual y el laboratorio de Química. Luego por las restricciones sanitarias a raíz de la pandemia del COVID-19, se prosiguió con el desarrollo de la propuesta pedagógica de forma virtual, a través de las aplicaciones tecnológicas WhatsApp, Meet y Zoom Video. El diseño metodológico de la presente investigación en el área de enseñanza de la Química fue de carácter cuasi experimental.

En esta investigación los modelos explicativos de enlace químico se estudiaron bajo la siguiente secuencia didáctica: enlace metálico, iónico, covalente reticular, covalente molecular y fuerzas de atracción intermoleculares; con un enfoque electrostático de orden general, propuesto por los investigadores Chamizo, García y Garritz (2006) y Taber (2001). Este abordaje temático alternativo, se implementó mediante la resolución de situaciones problemáticas creativas. Además, en el contexto de los modelos explicativos del enlace químico, se indagó sobre el desarrollo en los estudiantes de las siguientes habilidades cognitivas propias del pensamiento crítico: formular el mayor

número de hipótesis, seleccionar y clasificar el mejor argumento, elaborar conclusiones, construir analogías relacionadas con la vida cotidiana, elaborar modelos explicativos y justificar respuestas, y elaborar argumentos e inferencias.

Este documento consta de seis capítulos. En el capítulo uno: se presenta el problema objeto de investigación de la propuesta pedagógica alternativa basada en la resolución de problemas, en el marco de un abordaje temático alternativo; como también los objetivos generales y específicos y la justificación.

En el capítulo dos: se describe el marco teórico y conceptual, con una síntesis de los siguientes aspectos: fines y objetivos de la educación científica, pensamiento crítico, relación pensamiento crítico y resolución de problemas; concepciones alternativas de los estudiantes sobre los modelos de enlace químico, modelos de enlace químico con enfoque electrostático de orden general y resolución de situaciones problemáticas. Formación: un concepto incluyente. La fundamentación conceptual, legal y curricular de enlace químico en la educación media y finalmente se describe la propuesta alternativa de contenidos curriculares: conceptuales, procedimentales y actitudinales sobre enlace químico para educación media.

El capítulo tres: está relacionado con la metodología propuesta donde se describe las fases de la investigación, como son la construcción de la propuesta y el diseño de 16 situaciones problemáticas. Inicialmente, se aplicó una prueba pre- test con preguntas abiertas y se efectuó la resolución de tres situaciones problemáticas como actividad pre- estrategia, para realizar un diagnóstico sobre los modelos explicativos del enlace químico, el enfoque electrostático del mismo y sobre su papel en la explicación de las propiedades macroscópicas que presentan las sustancias. De igual manera, se llevó a cabo la resolución de una cuarta situación problemática para efectuar un diagnóstico de algunas habilidades de pensamiento crítico. Durante la fase de aplicación de la propuesta, los equipos de estudiantes resolvieron doce situaciones problemáticas en las que se abordan los modelos de enlace químico: metálico, iónico, covalente reticular,

covalente molecular y fuerzas de atracción intermoleculares. Finalmente, se realizó la aplicación de una prueba post- test con preguntas abiertas y la resolución de cuatro situaciones problemáticas como actividad post -estrategia. Además, se hizo una entrevista con algunos estudiantes a través de una video llamada utilizando la plataforma tecnológica Meet, con preguntas relacionadas con los modelos explicativos de enlace químico, fuerzas de atracción intermoleculares y aspectos generales de la propuesta pedagógica alternativa.

En el capítulo cuatro: se expone el análisis y discusión de los resultados obtenidos durante la implementación de la propuesta investigativa. En primer lugar, se presentan los resultados obtenidos por los estudiantes en las cuatro situaciones problemáticas resueltas antes y después de la estrategia pedagógica. Luego, se describe los resultados alcanzados por los estudiantes en las doce situaciones problemáticas aplicadas dentro de la estrategia pedagógica. Seguidamente, se relaciona los resultados de la entrevista final sobre los modelos explicativos de enlace químico y aspectos generales de la propuesta pedagógica alternativa, realizada a algunos estudiantes de grado undécimo. Por último, se presenta los resultados de la prueba pre y post- test aplicada a 32 estudiantes. En esta última fase, se muestra el análisis comparativo de los resultados de la prueba pre y post- test, las 16 situaciones problemáticas aplicadas y la entrevista realizada a algunos estudiantes.

Además, se plantea las principales conclusiones derivadas de la aplicación de la propuesta pedagógica alternativa relacionadas con el aprendizaje conceptual, la comprensión y construcción significativa de varios aspectos relacionados con el enlace químico y las fuerzas de atracción intermoleculares; los cambios generados en los modelos explicativos, y el desarrollo de algunas habilidades cognitivas del pensamiento crítico en los estudiantes partícipes en esta investigación.

Finalmente, se anexan los siguientes instrumentos aplicados durante esta investigación: pruebas pre y post- test sobre modelos explicativos de enlace químico, situaciones

problemáticas creativas sobre enlace químico y la entrevista para estudiantes de grado undécimo sobre los modelos explicativos de enlace químico y aspectos generales de la propuesta pedagógica alternativa.

Capítulo 1. El problema objeto de investigación

1.1. Planteamiento del problema

El concepto de enlace químico es considerado como uno de los aspectos más importantes para la comprensión de la química. Para los docentes de educación básica y media, la enseñanza del enlace químico es muy compleja, no es sencilla, debido a su alto nivel de abstracción, y a su abordaje desarticulado y descontextualizado. Los estudiantes presentan muchas dificultades para el aprendizaje de este crucial concepto, que se suman a la falta de motivación para su estudio (González, 2017). Los investigadores Chamizo et al. (2006) afirman que el tema de enlace químico es complejo y se constituye en un reto importante para los profesores de bachillerato que tienen que enseñarlo a sus alumnos.

La enseñanza tradicional de la Química en general y del enlace químico en particular presenta numerosas deficiencias conceptuales y no consigue que los alumnos adquieran un verdadero aprendizaje (Pozo, 1996). Según el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES), el problema más reconocido en la educación básica y media colombiana en relación con el aprendizaje de la Química es el abordaje desarticulado, desde su enseñanza. En este abordaje se plantea una gran cantidad de categorías conceptuales sin que los estudiantes y muchas veces los mismos docentes tengan el tiempo suficiente para reflexionar sobre ellos, sobre sus relaciones con otros campos del saber y mucho menos sobre su utilidad y aplicación. Lo anterior ha dificultado la comprensión de estos referentes teóricos y, por ende, limitado la posibilidad de que puedan ser utilizados de manera significativa por los estudiantes (Castelblanco et al., 2007).

Los estudiantes de bachillerato presentan grandes dificultades para el aprendizaje del enlace químico y para la comprensión adecuada de los referentes teóricos relacionados con este concepto que, por su elevado grado de abstracción, no se percibe a través de

los sentidos y requiere el uso de diferentes modelos explicativos y teorías (González, 2017). Por otra parte, Bello (2016) considera que la teoría sobre el enlace químico es uno de los grandes logros del intelecto humano y lo describe como un concepto difícil, por el alto nivel de abstracción que exige su comprensión cabal, por la complejidad propia del tema, porque la aplicación de este conocimiento no es obvia y, además, resulta irrelevante para quien desconoce las propiedades de los materiales. Al desconocerlas, no se cae en la cuenta de la necesidad del ser humano de generar modelos para explicar esa parte de la realidad y desarrollar recursos para transformarla.

El abordaje desarticulado de los modelos de enlace químico en la enseñanza tradicional ha generado errores conceptuales y la falta de comprensión de esta temática en los estudiantes. Varios autores han señalado el fracaso de la enseñanza tradicional. Para Sibanda y Hobden (como se citó en González, 2017) los problemas de la enseñanza tradicional son la presentación del enlace químico como una entidad propia, la clasificación del enlace químico en cuatro categorías separadas y que los estudiantes perciben estos modelos como descripciones absolutas de la realidad.

La falta de entendimiento de los estudiantes sobre el enlace químico, según los investigadores Odetti et al. (2004), podría adjudicarse a la presentación que los libros de texto de bachillerato y los propios docentes hacen del tema de los enlaces químicos. Los libros de texto empleados por los docentes de educación media explican la formación del enlace iónico y del enlace covalente en términos de transferencia de electrones y de compartición de electrones respectivamente, para cumplir con la regla del octeto.

Los investigadores Dhindas y Treagust (2014), Taber (2001) y Levy et al. (2013) sostienen que algunas de las dificultades de los estudiantes en el aprendizaje del enlace químico, pueden estar relacionadas con la secuencia presentada en los libros de texto de bachillerato (iónico, covalente, metálico) y el hecho que los docentes asumen la enseñanza de manera pasiva, siguiendo dicha secuencia. Como consecuencia, el mayor problema consiste en que los estudiantes aprenden que los distintos tipos de enlaces

son independientes y no identifican alguna asociación común entre ellos (González, 2017). Además, según Solbes y Vilches (como se citó en García y Garritz, 2006) “estos libros abordan cada uno de los modelos de enlace como descripciones reales y correctas más que como aproximaciones con limitaciones inherentes” (p.121).

Los investigadores Bergqvist et al. (2013) analizaron el contenido de los enlaces químicos presentados en cinco libros de texto del nivel de secundaria en Suecia. Los resultados mostraron que los modelos empleados pueden hacer que los estudiantes tengan concepciones alternativas y dificultades para comprender el enlace químico.

Un estudio del tratamiento del enlace químico en los libros de texto españoles, realizado por González et. al (2017) concluye que en ellos no se explica ¿Cuál es la causa de que los átomos interaccionen y formen un enlace?, justificando la formación del enlace químico en función de cumplir con la regla del octeto. La ausencia de una explicación apropiada les da la impresión a los estudiantes, que fuerzas extrañas y de carácter desconocido son las que ocasionan el enlace químico (Odetti et al., 2004). La falta de una respuesta a este interrogante, según Levy Nahum et al. (2010), conduce a los estudiantes a pensar que la formación del enlace es algo totalmente “misteriosa” e “inexplicable”; situación que se podría evitar si se aborda la naturaleza eléctrica de las partículas químicas (átomos, iones y moléculas) y se explica que el enlace químico es la consecuencia de las atracciones y repulsiones entre núcleos y electrones, y que la estabilidad del compuesto formado, corresponde al estado de mínima energía que se da cuando las cargas opuestas están lo más cerca posible y las iguales lo más lejos (González et al., 2017).

Desde hace algunos años en Colombia, el profesor Villaveces (1987) había cuestionado que los libros de texto de química de bachillerato e incluso universitarios continuaban reproduciendo dos explicaciones distintas y no coherentes, para dos hechos muy relacionados: el enlace covalente y el enlace iónico, desconociendo que la mecánica cuántica de Schrödinger permitió la eliminación de esta dualidad y la reducción a una

sola teoría para explicar de manera simple todos los tipos de enlace químico. Según este autor, la mecánica ondulatoria mostró que los átomos se unen para formar una molécula, un sólido cristalino o un sólido metálico en virtud del equilibrio logrado entre las atracciones y repulsiones debidas a las cargas de electrones y de núcleos. Al respecto, De Posada (como se citó en Giraldo, 2007) especifica que los libros de texto no transmiten una visión unificada de la teoría del enlace químico. Según González (2017); García y Garritz (2006), ninguno de los libros de texto de bachillerato explican la formación de todos los tipos de enlace con base en la existencia de fuerzas electrostáticas.

Por otra parte, Sibanda y Hobden (como se citó en González, 2017) señalan que la mayoría de los profesores prefieren empezar por el nivel microscópico (fuerzas atractivas entre átomos) y terminar con el nivel macroscópico (sustancias y sus propiedades). Este orden tradicional, que no parte de la experiencia cotidiana o de situaciones problemáticas contextualizadas, dificulta el aprendizaje de los estudiantes. Investigaciones realizadas por Mosquera et al. (2003) con relación a los libros de texto y programaciones curriculares de Química, indican que el profesorado no es partidario de las situaciones problémicas abiertas, porque éstas requieren más tiempo y trabajo en su implementación. En la enseñanza tradicional, Según García (2003), muy poco se utilizan problemas abiertos o de carácter cualitativo; la mayoría de los problemas son en realidad simples ejercicios de repetición. En estos problemas descontextualizados no se establecen relaciones claras entre ciencia-tecnología-sociedad-medioambiente (CTSA). Así, estos son problemas que propician el operativismo y el uso de algoritmos; no enfatizan el desarrollo conceptual, ni el pensamiento crítico, ni el análisis de resultados; no estimulan el trabajo de investigación colectiva ni tampoco el desarrollo procedimental y actitudinal positivo hacia el conocimiento de la Química.

Finalmente, de acuerdo con los anteriores planteamientos y mi experiencia docente, considero que la enseñanza tradicional del enlace químico se constituye en un problema crucial. La enseñanza tradicional del enlace químico en la educación media no acerca a

los estudiantes a experiencias cotidianas que lo hagan significativo; sólo aborda los modelos de enlace iónico y covalente, excluyendo el enlace metálico y las fuerzas de atracción intermoleculares y asume como principio explicativo la cuestionada regla del octeto. Así, desconoce la naturaleza electrostática de todos los enlaces químicos (Taber, 2001; García et al., 2006; Villaveces, 1987; González, 2017).

Además, la enseñanza tradicional no explicita la relación entre el enlace químico y propiedades de las sustancias como forma cristalina, estructura molecular, conductividad eléctrica, solubilidad, puntos de fusión y ebullición, dureza y fragilidad, entre otras. Tampoco aborda los principales conceptos inherentes al enlace químico a partir de situaciones problemáticas contextualizadas que motiven, despierten el interés y generen una mejor comprensión de este fenómeno en los estudiantes. Dicha enseñanza tampoco contribuye al desarrollo en los estudiantes de ciertas habilidades cognitivas propias del pensamiento crítico como: formular hipótesis, seleccionar y clasificar el mejor argumento, elaborar conclusiones, construir analogías relacionadas con la vida cotidiana, elaborar modelos explicativos, justificar respuestas, y elaborar argumentos e inferencias (Halpern, 2006).

Teniendo en cuenta los planteamientos y problemáticas expuestos anteriormente surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo una propuesta pedagógica alternativa basada en la resolución de situaciones problemáticas, en el marco de un abordaje temático alternativo, puede impactar el aprendizaje de los modelos explicativos sobre enlace químico y el desarrollo de algunos aspectos del pensamiento crítico en estudiantes de educación media de la Institución Educativa San Juan Bosco de Palermo-Huila?

1.2. Justificación

Las investigaciones en didáctica de la Química abogan por la comprensión de los conceptos fundamentales, más allá de la memorización de datos o de respuestas

meramente declarativas (García y Garritz, 2006). En este sentido, la enseñanza del enlace químico busca propiciar la comprensión de este fenómeno para que tenga sentido su aprendizaje en los estudiantes. Esta investigación, con la implementación de una propuesta pedagógica alternativa basada en la resolución de situaciones problemáticas creativas y contextualizadas, pretende acercar a los estudiantes a la compleja temática del enlace químico, con eventos o experiencias de la vida cotidiana que tengan sentido para ellos y que mejoren la comprensión de la naturaleza electrostática de todos los modelos de enlace químico y de su utilidad en la explicación de las propiedades macroscópicas de las sustancias formadas y que, además, desarrollen algunas habilidades cognitivas de pensamiento crítico.

Esta propuesta pedagógica alternativa es coherente con los fines y objetivos de la educación colombiana (Ley 115/1994), los cuales orientan que la educación en Química promueva la resolución de problemas para el desarrollo del pensamiento crítico, reflexivo y la formación de estudiantes con valores éticos. También está acorde con las metas de la educación científica (Jiménez y Sanmartí, 1997), que además del aprendizaje de conceptos y de la construcción de modelos, propende por el desarrollo de destrezas cognitivas y de la capacidad de resolución de problemas. Igualmente, esta propuesta se enmarca dentro del enfoque ciencia-tecnología-sociedad-medioambiente (CTSA) y de la ambientalización del currículo de ciencias experimentales (García, 2003). Las situaciones problemáticas contextualizadas y ambientalizadas permiten relacionar los conocimientos del enlace químico con el mundo de la vida, facilitan su comprensión, el desarrollo de capacidades de pensamiento y aumentan su valor para los estudiantes no interesados al combinar sus compromisos emocional e intelectual (Cauich y García, 2008). Además, una de las directrices establecidas en la misión de la Institución Educativa San Juan Bosco es contribuir al desarrollo de habilidades de pensamiento en los estudiantes (Proyecto Educativo Institucional [PEI], 2018).

El seleccionar la temática del enlace químico, considerado el concepto más importante para la comprensión de la Química, obedece a que es un tema complejo, al hecho de

que la enseñanza tradicional de este concepto en el bachillerato presenta grandes cuestionamientos y a las dificultades de los estudiantes para su aprendizaje y comprensión adecuada, como también para relacionarlo con las propiedades de los materiales de su entorno. Para los investigadores Solbes y Vilches (como se citó en Odetti et al. 2004) el concepto de enlace químico es considerado crucial para desarrollar distintos aspectos de la Química, la Física y la Biología; Gagliardi y Giordan (1986), lo catalogan como un concepto estructurante. Para Pauling (1992) este es el concepto más valioso de la Química y para Gillespie (1997) el enlace químico es una de las seis ideas más grandes de la Química. Así mismo, Kutzelnigg (1984) lo considera como un fenómeno altamente complejo que elude todos los intentos de una descripción sencilla (García y Garritz, 2006).

La implementación de esta propuesta pedagógica alternativa favorece en los estudiantes el establecer relaciones entre los diversos modelos de enlace químico y las propiedades de compuestos orgánicos e inorgánicos como son: forma cristalina, conductividad eléctrica, solubilidad, puntos de fusión y ebullición, dureza y fragilidad, ductilidad y maleabilidad, entre otras. Lo anterior se corresponde con el estándar del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2004) "Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico", y con el enunciado "Explico la relación entre la estructura de los átomos y los enlaces que realiza" (p. 22). Esta es la principal acción de pensamiento y de producción concreta, que los estudiantes de educación media deben realizar sobre los modelos explicativos de enlace químico.

Este enfoque pedagógico basado en la resolución de problemas en el marco de un abordaje temático alternativo hace énfasis en la comprensión de la naturaleza electrostática de cualquier tipo de enlace químico, buscando que los estudiantes puedan construir modelos que tengan sentido para ellos y, además, que puedan elaborar explicaciones y predicciones de las propiedades macroscópicas que exhiben los materiales de uso cotidiano (Chamizo et al., 2006). De esta manera, se plantea romper

con la tradición de los libros de texto de bachillerato y de los propios docentes que justifican la formación de los enlaces en términos de transferencia o compartición de electrones, para cumplir con la trivial regla del octeto. El desconocimiento de los grandes aportes de la mecánica cuántica posteriores a 1919, para dilucidar la causa de la interacción de los átomos para formar enlaces, ha ocasionado la falta de entendimiento de este valioso, concepto por parte de muchas generaciones de estudiantes (Odetti et al., 2004; Villaveces, 1987).

El abordaje temático alternativo de los modelos de enlace químico, a través de la resolución de las situaciones problemáticas diseñadas por el autor, sigue la siguiente secuencia propuesta por Taber (como se citó en González, 2017): “metálico, iónico, covalente reticular y covalente molecular” (p. 56), a la cual se le incorporó la temática de las fuerzas de atracción intermoleculares. Además, este mismo autor para lograr una comprensión del enlace químico en la enseñanza secundaria plantea basarse en principios electrostáticos, en lugar de la regla del octeto.

De esta manera, para el nivel de educación media se partirá de un marco explicativo común basado en atracciones electrostáticas entre: cationes y electrones en el enlace metálico, cationes y aniones en el enlace iónico; atracciones electrostáticas multidireccionales y unidireccionales entre núcleos y electrones en el enlace covalente reticular y enlace covalente molecular respectivamente; atracciones electrostáticas entre dipolos permanentes (puentes de hidrógeno, dipolo-dipolo, ión -dipolo) o dipolos instantáneos (fuerzas de van der Waals), en las fuerzas intermoleculares. Esta visión unitaria del enlace, ausente en los libros de texto de Química y en la enseñanza en los niveles preuniversitarios, soslayaría que los estudiantes aprendan que los distintos tipos de enlaces son independientes y sin alguna asociación común entre ellos (García y Garritz, 2006).

Por otra parte, con el enfoque electrostático de orden general se enfatiza que los modelos de enlace químico son representaciones de este complejo fenómeno, cuya función es

predecir y explicar cómo los átomos se enlazan y las propiedades de los materiales formados. Es importante subrayar esta conceptualización, porque Solbes y Vilches (como se citó en García y Garritz, 2006) han encontrado que los libros de texto abordan los modelos de enlace como descripciones reales y correctas, en lugar de aproximaciones con ciertas limitaciones. En consecuencia, estos modelos son representaciones de las tres formas en que se podría formar un enlace, cuando las interacciones atractivas entre los átomos sean más poderosas que las repulsivas, constituyendo así los modelos de enlace metálico, iónico y covalente (Chamizo et al., 2006).

La comprensión de los modelos de enlace químico por parte de los estudiantes es imprescindible para una adecuada explicación e interpretación de la estructura de la materia, las propiedades de las sustancias, los cambios químicos, las reacciones químicas en las que tiene lugar la ruptura y la formación de enlaces, la geometría molecular, los procesos de disolución, los mecanismos en las reacciones orgánicas, la cinética y el equilibrio químico.

Tradicionalmente, en la asignatura de Química de la educación media se aborda sólo los modelos de enlace iónico y el covalente, generalmente en moléculas inorgánicas diatómicas como H_2 , O_2 , N_2 y HCl . En la propuesta alternativa de contenidos curriculares de enlace químico para este nivel educativo se incorpora el estudio del enlace covalente reticular en materiales de gran utilidad como el diamante y el grafito. También se incluye el enlace covalente en moléculas orgánicas. A los millones de compuestos orgánicos, la presencia del enlace covalente no polar (carbono-carbono o carbono-hidrógeno) o del enlace covalente polar (carbono-oxígeno o hidrógeno-oxígeno) les confiere sus propiedades características, como lo popularizó Butlerov en 1958 (como se citó en Brock, 1998) las propiedades físicas y químicas dependen de la estructura molecular.

De esta manera, con base en las fórmulas estructurales de guiones, se involucra al estudiante en la predicción de propiedades macroscópicas de los compuestos más

representativos y de uso cotidiano de las siguientes funciones químicas orgánicas: hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres y plásticos, entre otras. Así, se introducen conceptos básicos de Química Orgánica con enfoque estructural, como lo propusieron Kekulé, Couper y Butlerov en 1858 y como se ratifica en los libros de texto de química de Allinger (1984) y Solomons (2000). Se genera así, una ruptura con una tradición en la educación media, de estudiar en grados diferentes la estructura y propiedades de las moléculas inorgánicas y de las moléculas orgánicas.

En las situaciones problemáticas diseñadas por el autor para esta experiencia didáctica, se abordan los diferentes modelos de enlace químico y las fuerzas de atracción intermoleculares, partiendo de eventos o experiencias de la vida cotidiana, para despertar la atención y el interés de los estudiantes y favorecer la comprensión de la naturaleza electrostática de las uniones químicas. Se parte del nivel macroscópico; en el que se mencionan propiedades características y aplicaciones de las principales sustancias de uso cotidiano, para que los estudiantes puedan establecer que las propiedades fisicoquímicas de los compuestos dependen del nivel microscópico, es decir, de las fuerzas de unión entre los átomos que condicionan el tipo de enlace químico. De esta forma, se invierte el orden del estudio tradicional del enlace químico que comienza con el nivel microscópico y finaliza con el nivel macroscópico (Sibanda y Hobden, 2015). Según varios investigadores, este orden tradicional por no partir de la experiencia diaria de los estudiantes se dificulta el aprendizaje del enlace químico (González, 2017).

Con la resolución de las situaciones problemáticas sobre los modelos de enlace químico y las fuerzas de atracción intermoleculares, también se busca fomentar la investigación escolar a través del trabajo en equipo, la formación de estudiantes con valores éticos como la responsabilidad, puntualidad, solidaridad; la lectura comprensiva y el desarrollo de algunas habilidades de pensamiento crítico como: formular hipótesis, seleccionar y clasificar el mejor argumento, elaborar conclusiones e inferencias, construir analogías, elaborar modelos explicativos y justificar respuestas.

Finalmente, los resultados producto de la aplicación de la propuesta pedagógica alternativa basada en la resolución de situaciones problemáticas sobre modelos de enlace químico, en el marco de un abordaje temático alternativo se constituirán según Carriazo y Saavedra (2004), en un aporte para “La didáctica de la Química: una disciplina emergente en la línea enseñanza y aprendizaje por investigación”(p. 76).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Establecer cómo una propuesta pedagógica alternativa basada en la resolución de problemas, en el marco de un abordaje temático alternativo puede impactar el aprendizaje de los modelos explicativos sobre enlace químico y el desarrollo de algunos aspectos del pensamiento crítico en estudiantes de educación media de la Institución Educativa San Juan Bosco de Palermo-Huila.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los cambios generados en los estudiantes en cuanto a los modelos explicativos sobre enlace químico, luego de participar en una propuesta pedagógica alternativa, basada en la resolución de situaciones problemáticas cotidianas en el marco de un abordaje temático alternativo.
- Establecer cómo la propuesta pedagógica alternativa, basada en la resolución de situaciones problemáticas cotidianas, en el marco de un abordaje temático alternativo puede favorecer en los estudiantes el aprendizaje conceptual de los modelos explicativos del enlace químico y las fuerzas de atracción intermoleculares.

- Determinar si la implementación de la propuesta pedagógica alternativa basada en la resolución de situaciones problemáticas, en el marco de un abordaje temático alternativo puede generar en los estudiantes el desarrollo de algunas habilidades cognitivas propias del pensamiento crítico.
- Identificar las ideas previas que presentan los estudiantes de educación media de la Institución Educativa San Juan Bosco de Palermo-Huila, sobre los modelos de enlace químico metálico, iónico y covalente.
- Determinar las posibles habilidades de pensamiento crítico que presentan los los estudiantes de educación media de la Institución Educativa San Juan Bosco de Palermo-Huila.

Capítulo 2. Marco Teórico y Conceptual

2.1. Marco teórico

2.1.1. Fines y objetivos de la educación científica

Entre la resolución de problemas y el pensamiento crítico existe una estrecha relación, como se puede advertir en los fines, objetivos y propósitos de la educación en ciencias. Así, la enseñanza de las ciencias en general y de la Química, en particular, debe contribuir a la formación de pensamiento crítico en los estudiantes.

Los fines y objetivos de la educación colombiana (ley 115/94) orientan que la educación en ciencias promueva el planteamiento y resolución de problemas para el desarrollo en los estudiantes del pensamiento crítico y reflexivo y la formación de ciudadanos con valores éticos. La educación científica, según Jiménez Alexandre y Sanmartí (como se citó en Gómez y pozo, 2000) tiene como metas o finalidades: el aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos; el desarrollo de destrezas cognitivas y de razonamiento científico, de destrezas experimentales y de resolución de problemas, de actitudes y valores éticos y la construcción de una imagen de la ciencia.

El enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) “pretende además de lograr la alfabetización científica, educar en ciencias para alcanzar fines de gran envergadura y articular dicha educación con las necesidades e intereses de la gente y contribuir a solucionar los problemas de la sociedad actual” (Cauich y García, 2008, p. 116). Uno de los retos de las nuevas competencias de la enseñanza obligatoria es conseguir un pensamiento crítico en la población (Jiménez-Aleixandre, 2010; Solbes et al., 2010). Los investigadores Loaiza et al. (2016) plantean que el propósito central de la enseñanza de las ciencias es la formación de pensamiento crítico en los estudiantes, y el de la pedagogía y la didáctica es la consolidación de relaciones sociales a través del

pensamiento crítico, deliberativo, creativo e independiente con base en una relación dialógica, y en busca siempre de la generación de procesos liberadores del hombre.

En la actualidad uno de los recursos en el enfoque CTSA lo constituyen las Cuestiones Socio Científicas (CSC), asumidas como situaciones controversiales con dilemas científicos e implicaciones sociales para contribuir a desarrollar el pensamiento crítico. Según Nickerson (como se citó en Loaiza et al. 2016), uno de los propósitos centrales de la educación es aportar a la formación de personas que sean buenas pensadoras: eficaces en la resolución de problemas, reflexivas, curiosas y deseosas de comprender su mundo; personas que tengan un amplio repertorio de herramientas, formales e informales, que empleen en el momento de resolver problemas.

De acuerdo con las metas de la educación en ciencias, ésta debe girar en torno a la resolución de situaciones problemáticas y desarrollo de habilidades básicas y superiores de pensamiento; pero enseñar a pensar no es una tarea fácil, tampoco es imposible. Esto para los docentes implica salir de esa zona de confort de la memorización y convertir el aula en un escenario para enseñar a pensar, como también a amar y convivir. Para ello la vieja técnica de formular preguntas, la investigación como capacidad de asombro y la resolución de situaciones problemáticas de Química y de Ciencias, nos ofrecen un camino arduo, complejo, lleno de retos; pero prometedor en la formación de estudiantes y comunidades que piensen y actúen críticamente con los aprendizajes adquiridos en la escuela y su entorno.

2.1.2. Pensamiento crítico

La gran dispersión de concepciones y ausencia de acuerdos, entre los diferentes autores, hace que el concepto de pensamiento crítico sea difuso y de difícil aprehensión para docentes y estudiantes; Campos (2007) relaciona más de 40 definiciones, la mayoría de las cuales incluyen los términos: juicio deliberado, toma de decisiones, razonar, evaluar, habilidades cognitivas, reflexión, inferir, argumentar y análisis. En medio de esta maraña

de definiciones fue hasta 1998 cuando los expertos aceptaron la definición propuesta por Peter Facione (como se citó en Campos, 2007) “El pensamiento crítico es el juicio deliberado y autorregulado que resulta del análisis, evaluación e inferencia y explicación de consideraciones conceptuales, metodológicas, contextuales, de evidencias y criterio sobre los cuales se basa el juicio emitido” (p. 36). Según este autor, el pensamiento crítico es una herramienta esencial para la indagación, es una fuerza liberadora en educación y un recurso poderoso en la vida personal y cívica de las personas. El pensamiento crítico de acuerdo con Halpern (como se citó en Campos, 2007)“... es la clase de pensamiento que está implicado en resolver problemas, en formular inferencias, en calcular probabilidades y en tomar decisiones...” (p. 24).

Según Muñoz (2018):

En el informe Delphi, el pensamiento crítico fue definido como una forma de pensar basada en juicios, los cuales han sido alcanzados a través de la interpretación, el análisis, la evaluación, la inferencia, la explicación de las evidencias, de los conceptos, el uso de una serie de metodologías y la consideración de unos criterios y un contexto concreto en el que éste se desarrolla. (p. 23)

La investigadora Muñoz (2018) relaciona algunas definiciones sobre pensamiento crítico, las cuáles se consignan en la tabla 1.

Tabla 1. Algunas definiciones sobre pensamiento crítico

| Autor | Definición |
|--------------|---|
| Ennis (1989) | “El pensamiento razonable, reflexivo que se centra en que la persona pueda decidir qué hacer o qué creer en un determinado momento, sin tener que llegar a una determinación, a un resultado concreto”. El razonamiento (lo que se cree) y acción (lo que se hace), son dos aspectos imprescindibles para el desarrollo del pensamiento crítico en la vida diaria. Este pensamiento es reflexivo, porque analiza resultados, situaciones, del propio sujeto o de otro y es razonable, porque predomina la razón sobre otras dimensiones de pensamiento. |

| | |
|--|---|
| Santiuste, García y Ayala (2001) | “Un sintagma que hace referencia a un conjunto amplio de procesos cognitivos, como analizar, inferir, razonar, evaluar, resolver problemas, tomar decisiones”. |
| Stratton (1990) | “Un tipo de pensamiento que hace uso de otros tipos de pensamiento para repasar, evaluar y revisar las ideas que han sido entendidas, procesadas y comunicadas”. |
| Angeli (1998) | Una serie de procesos de orden superior que se nutre de procesos de pensamientos básicos para poder analizar especialmente la información y así obtener una mejor comprensión e interpretación. |
| Terenzini, Springer, Pascarella y Nora (1995) | “La habilidad individual para identificar debates y suposiciones centrales de un argumento, reconocer relaciones importantes, hacer inferencias correctas a partir de datos, deducir conclusiones desde información o datos obtenidos, interpretar conclusiones basadas en datos dados y evaluar evidencias”. |
| Monereo (1997) | Un proceso de toma de decisiones, consciente e intencional, que consiste en seleccionar los conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales, necesarios para cumplir un objetivo determinado, siempre en función de las condiciones de la situación educativa en que se produce la acción. |

Fuente: Muñoz, 2018 (pp. 28-30)

Los investigadores Loaiza et al. (2016) presentan las siguientes definiciones sobre pensamiento crítico, que se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Algunas definiciones sobre pensamiento crítico

| Autor | Definición |
|--------------------------|--|
| Scriven y Paul (1992) | Proceso intelectual, disciplinado y activo que desarrolla habilidades como: conceptualizar, aplicar, analizar, sintetizar y/o evaluar información, experiencia, reflexión, razonamiento o comunicación, como una guía hacia la creencia y la acción. |
| Kurland (1995) | Pensar críticamente está relacionado con la razón, la honestidad intelectual, y la amplitud mental en contraposición a lo emocional, a la pereza intelectual y a la estrechez mental. |

| | |
|---------------------|--|
| Arango (2003) | Tipo de pensamiento que se caracteriza por manejar y dominar las ideas a partir de su revisión y evaluación, para repensar lo que se entiende, se procesa y se comunica; es además un pensamiento activo y sistemático que posibilita comprender y evaluar las ideas y argumentos de los otros y los propios; en tal situación es concebido como un pensamiento racional, reflexivo e interesado, que decide qué hacer o creer, que es capaz de reconocer y analizar los argumentos en sus partes constitutivas. |
| Sarmiento (2005) | Un proceso activo, persistente y minucioso que implica un impacto considerable sobre algo o alguien. |

Fuente: Loaiza et al., 2016 (pp. 70-72)

2.1.3. Habilidades y disposiciones de pensamiento crítico

Los investigadores Halpern, Ennis y Facione (1998 – 1999) plantean que el pensamiento crítico está formado por un conjunto de habilidades que representan el componente cognitivo y por disposiciones, que indican el componente motivacional (Muñoz, 2018). La categorización de las habilidades y disposiciones de pensamiento crítico de estos autores se resume en la tabla 3.

Tabla 3. Habilidades y disposiciones de pensamiento crítico

| Autor | Habilidades | Disposiciones |
|-------------------|---|---|
| Halpern (1998) | Razonamiento verbal, análisis de argumentos, comprobación de hipótesis, probabilidad y duda, toma de decisiones y solución de problemas, buena voluntad para aumentar y persistir en las tareas complejas, control de su actividad impulsiva utilizando planes, flexibilidad o mente abierta, buena voluntad para abandonar | Buena voluntad para planificar y para autocorregirse, flexibilidad, persistencia, cuidado y tendencia buscar el consenso. |

estrategias no productivas en un intento de autocorregirse, conocimiento de las realidades sociales que necesitan ser superadas.

| | | |
|----------------|---|---|
| Ennis (1989) | <p>Clarificación elemental: centrar una cuestión, analizar argumentos, preguntar y responder cuestiones que clarifiquen y/o cambien.</p> <p>Bases para la decisión: juzgar la credibilidad de una fuente, hacer y juzgar observaciones.</p> <p>Inferencia completa: hacer y juzgar deducciones, hacer y juzgar inducciones, hacer y juzgar juicios de valor.</p> <p>Clarificación avanzada: definir términos y juzgar definiciones, identificación de suposiciones.</p> <p>Estrategias y técnicas: decidir una acción, interactuar con otros.</p> | <p>Cuidar que las creencias sean verdad y las decisiones justificadas.</p> <p>Búsqueda de hipótesis alternativa, explicaciones, conclusiones, planes y fuentes, y ser abierto a ellas.</p> <p>Adoptar una postura solo si está justificada por la información disponible. Estar bien informado.</p> <p>Considerar seriamente el punto de vista de otros y el propio.</p> <p>Representar una posición honesta y claramente.</p> <p>Ser claro en lo que se escribe, se dice u otros comunican, buscando la máxima precisión que la situación requiere.</p> <p>Determinar y mantener la atención centrada en la conclusión o la pregunta. Buscar y ofrecer razones.</p> <p>Hacer una valoración total de la situación.</p> <p>Ser reflexivo con las creencias básicas propias.</p> <p>Preocuparse por la dignidad y el valor de todas las personas.</p> <p>Descubrir y escuchar otros puntos de vista y razones.</p> <p>Hacer una valoración de los sentimientos de los otros y del nivel de entendimiento, evitando la intimidación o confusión de los otros.</p> <p>Estar interesado en el bienestar de los demás.</p> |
| Facione (1998) | <p>Interpretación, análisis, evaluación, inferencia, explicación y auto regulación.</p> | <p>Búsqueda de la verdad, apertura mental, sistemático, juicioso, flexible, auto confidente.</p> |

Fuente: Muñoz, 2018 (pp. 31-33)

La investigadora Halpern (como se citó en Beltran y Torres, 2013) para evaluar el nivel de pensamiento crítico, diseñó una prueba denominada Test Halpern, en la cual se utilizan situaciones cotidianas y similares a las encontradas en la vida real y un doble formato de pregunta. Esta autora, aboga por un pensamiento crítico compuesto de 5 grandes habilidades: “Comprobación de hipótesis, Razonamiento verbal, Análisis de argumentos, Probabilidad e incertidumbre y Toma de decisiones y resolución de problemas” (p. 70). Cada una de las habilidades es evaluada mediante una pregunta de formato abierto y una pregunta de formato cerrado, así:

- *Habilidad de comprobación de hipótesis*

Es la capacidad de proponer posibles soluciones o razones explicativas de un hecho, situación o problema que permiten explicar, predecir y controlar acontecimientos de la vida cotidiana y reflexionar acerca de los mismos. El planteamiento de hipótesis y de estrategias de acción ante una situación dudosa y su comprobación, promueven argumentos nuevos que favorecen la construcción del aprendizaje ya sea por verificación o por contrastación. Al predecir varias hipótesis se deben tener en cuenta las implicaciones lógicas de las mismas.

- *Habilidad de razonamiento verbal*

Es la capacidad mental que permite interpretar información estableciendo principios de clasificación, relación y significados de forma lógica y coherente.

- *Habilidad de análisis de argumentos*

Es la capacidad cognitiva que permite identificar y valorar la calidad de las ideas y razones que justifican un hecho; además, permite reconocer analogías dentro del lenguaje cotidiano. Un argumento es un conjunto de declaraciones por lo menos con una conclusión y una razón por la que se apoyan dichas declaraciones.

- *Habilidad de probabilidad y de incertidumbre*

Es la capacidad que permite determinar cuantitativamente la posibilidad de que ocurra un determinado suceso, además de analizar y valorar distintas alternativas necesarias para la toma de decisiones en una situación dada, de acuerdo con las ventajas e inconvenientes que éstas presenten.

- *Habilidad de toma de decisiones y solución de problemas*

Esta habilidad permite ejercitar el razonamiento en el reconocimiento y definición de un problema a partir de ciertos datos, en la selección de la información relevante y la contrastación de las diferentes alternativas de solución y de sus resultados. Permite expresar un problema en formas distintas y generar soluciones. En cierto sentido, todas las habilidades de pensamiento crítico se utilizan para tomar decisiones y resolver problemas.

Los investigadores españoles Rivas y Saiz (2008) modifican la prueba HCTAES de Halpern y proponen evaluar el pensamiento crítico a través de situaciones problema cotidianas, utilizando únicamente preguntas abiertas con única respuesta, es decir, emplean un ítem para evaluar una sola habilidad. Para la valoración, proponen los siguientes criterios: 0 = Respuesta incorrecta. 1 = Respuesta correcta sin justificación o explicación; no argumenta sólo identifica y demuestra comprensión de los conceptos. 2 = Respuesta correcta; justifica o explica adecuadamente, el por qué haciendo uso de procesos más complejos que implican verdaderos mecanismos de producción de conocimiento. Estos investigadores consideran que cada ítem debe tener validez (saber lo que se mide), producción (busca producir pensamiento, pedir que explique o justifique por qué respondió de esa manera) y complejidad (proponer problemas semejantes a los cotidianos, para mirar en qué medida se reflexiona frente a una tarea).

Según Perkins et al. (como se citó en Muñoz, 2018), para la realización de las disposiciones se requiere de tres componentes: habilidades (capacidad), sensibilidades (estado de vigilancia) e inclinaciones distintas (realización). Estos autores reconocen siete clases de disposiciones: 1. Ser claro y emprendedor (abierto y aventurero), 2. Tener curiosidad intelectual (preguntarse, encontrar problemas e investigar), 3. Clarificar y buscar la comprensión, 4. Ser planificado y estratégico, 5. Ser intelectualmente cuidadoso, 6. Buscar y evaluar razones y 7. Ser metacognitivo.

La falta de unanimidad frente al concepto de pensamiento crítico puede generar dificultades en docentes y estudiantes; según Loaiza et al. (2016) son frecuentes en docentes concepciones difusas, de sentido común y espontáneas sobre pensamiento crítico; por eso urge que el docente tenga la suficiente claridad conceptual, para no confundirlo con el pensamiento habitual (sin mayor razonamiento), la lluvia de ideas, el pensamiento creativo y emotivo. Aunque según García (2003) tanto el pensamiento crítico como el creativo tienen que ver con la elaboración de productos creativos.

A continuación, en la tabla 4, se presenta algunas diferencias entre el pensamiento ordinario/común y el pensamiento crítico.

Tabla 4. Diferencias entre el pensamiento ordinario/común y pensamiento crítico

| Pensamiento ordinario | | Pensamiento crítico | |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| 1. | Adivinar | 1. | Estimar |
| 2. | Referir | 2. | Evaluar |
| 3. | Agrupar | 3. | Clasificar |
| 4. | Creer | 4. | Asumir |
| 5. | Inferir | 5. | Inferir lógicamente |
| 6. | Asociar conceptos | 6. | Obtener principios |
| 7. | Notar relaciones | 7. | Notar relaciones en otras relaciones |
| 8. | Suponer | 8. | Hipotetizar |
| 9. | Ofrecer opiniones sin razones | 9. | Ofrecer opiniones razonadas |
| 10. | Hacer juicios sin criterios | 10. | Hacer juicios con criterios |

Fuente: Campos , 2007 (p. 34)

De igual forma, en la tabla 5, se indica la comparación realizada por Paul y Elder (como se citó en Campos, 2017) entre un buen pensador crítico y una persona que no posee pensamiento crítico.

Tabla 5. Comparativo buen pensador y persona sin pensamiento crítico

| Buen pensador crítico | | Sin pensamiento crítico |
|---------------------------|----|--|
| Independencia intelectual | vs | Conformidad intelectual |
| Curiosidad intelectual | vs | Indiferencia intelectual |
| Coraje intelectual | vs | Cobardía intelectual |
| Humildad intelectual | vs | Arrogancia intelectual |
| Empatía intelectual | vs | Mente intelectualmente cerrada |
| Integridad intelectual | vs | Hipocresía intelectual |
| Perseverancia intelectual | vs | Pereza intelectual |
| Confianza en la razón | vs | Desconfía de la razón y las evidencias |
| Mente justa | vs | injusticia intelectual |

Fuente: Campos, 2007 (p. 36)

2.1.4. Relación pensamiento crítico y resolución de problemas

En Colombia la ley 115, establece que uno de los fines de la educación en Ciencias es promover la resolución de problemas para el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes. Las diferentes perspectivas teóricas sobre pensamiento crítico y su relación con la resolución de problemas son en la actualidad un campo de investigación importante en la didáctica de las ciencias (Loaiza et al., 2016). Estos docentes investigadores consideran la resolución de problemas como un elemento constituyente del pensamiento crítico. Igualmente, destacan que entre el pensamiento crítico y la resolución de problemas existe una estrecha relación, aunque haya disenso entre los teóricos e investigadores sobre sus posibles relaciones; pero, a pesar de la dispersión conceptual, es evidente cómo la resolución de problemas es parte fundamental en la formación de pensamiento crítico; relación destacada por varios autores que se mencionan a continuación.

Para Norris y Ennis (1989) y Angeli (1998), el pensamiento crítico debe comenzar como proceso de resolución de problemas contextualizados y para Paul y Elder (2002), el pensamiento crítico es una forma de pensamiento sobre un problema (Muñoz, 2018).

Los investigadores Loaiza et al. (2016) mencionan los siguientes autores que relacionan el pensamiento crítico con la resolución de problemas, así:

Bailin (2002) considera que la resolución de problemas es el espacio donde se lleva a cabo el pensamiento crítico. Así mismo, Nickerson (1985) relaciona el pensamiento crítico con la resolución de problemas como una actitud frente al conocimiento y hacia la vida. De acuerdo con Capossela (2000), el término pensamiento crítico como sinónimo de solución de problemas, indagación y reflexión fue introducido por Dewey; en este mismo sentido Mayer (1983) justifica que “pensamiento es lo que sucede cuando una persona resuelve un problema” y Johnson (1972), define pensamiento como resolución de problemas. (pp. 31-33-65)

Por otra parte, la resolución de problemas también es considerada como un equivalente del pensamiento crítico, al respecto Capossela (como se citó en Campos, 2007) manifiesta que, si los estudiantes van a ser pensadores críticos, necesitan desarrollar habilidades cognitivas atribuidas a la solución de problemas como son la integración y síntesis, formulación de juicios críticos y planteamiento y verificación de hipótesis.

Según Campos (2007), los autores que se relacionan en la tabla 6, al definir el pensamiento crítico, explicitan o mencionan las relaciones de éste con la resolución de problemas.

Tabla 6. Relación pensamiento crítico y resolución de problemas

| Autor | Definición de pensamiento crítico |
|-----------------|---|
| Kurffiss (1988) | Es una investigación donde uno de sus propósitos es explorar un problema. |

| | |
|-------------------------|--|
| Hughes (2005) | “La habilidad de razonar es una característica fundamental de los seres humanos...lo hacemos cuando resolvemos un problema” |
| Romain (2005) | Implica aquellas actividades de la mente que son indispensable para tomar decisiones apropiadas e imaginar soluciones a los problemas. |
| Angelo (1995) | “Es la aplicación intencional de habilidades de alto orden como la solución de problemas” |
| Halpern (1996) | “Es el pensamiento deliberado, razonado, requerido para la solución de problemas” |
| Huit (1993), | Es una habilidad para resolver problemas. |
| Schafersman (1991) | Se usa correctamente cuando una persona formula preguntas pertinentes y problemas sustantivos de forma clara y precisa. |
| Siverman y Smith (2003) | Una persona con pensamiento crítico es capaz de resolver problemas desafiantes. |

Fuente: Campos, 2007 (pp. 20- 22 -23-24-25-30-31)

Para Relf (como se citó en García, 2003) el aprendizaje basado en la resolución de situaciones problemáticas produce en los estudiantes la activación del pensamiento creador, la independencia cognoscitiva y la capacidad de asimilar los sistemas de conocimientos. El pensamiento crítico como un esfuerzo colaborativo más que competitivo tiene gran importancia cuando el propósito es resolver un problema por parte de un colectivo de estudiantes. De manera general, el pensamiento crítico se refiere a la forma como las personas enfrentan los problemas, los eventos, las dudas; es una mejor forma de aproximarse a la verdad o al conocimiento (Argudín, 2006).

Para Simón (como se citó en Loiza et al. 2016) la resolución de problemas, además, es considerada como una actividad cognitiva superior; “porque quizá, en la conducta de enfrentarse y resolver situaciones problemáticas, es donde mejor se manifiestan las capacidades cognitivas de nuestra especie” (p. 188). Para este autor, la solución de problemas es un aspecto central de cualquier actividad profesional y aún en momentos de ocio, el ser humano se divierte resolviendo problemas en forma de juegos.

Por otra parte, Laskey y Gibson (1987) plantean que el pensamiento crítico hace referencia a un complejo conjunto de actividades cognitivas que actúan conjuntamente,

tales como la resolución de problemas, pensamiento lógico, percepción de ideas, análisis, evaluación y toma de decisiones. Otros autores proponen desarrollar el pensamiento crítico a través de preguntas que potencien habilidades cognitivas como interpretar, aplicar, analizar, sintetizar, evaluar y resolver problemas (Loaiza et al., 2016).

Los investigadores Browne, Stuart, Chafee y Jason (como se citó en Campos, 2007) consideran que el pensamiento crítico es un conjunto de preguntas críticas interrelacionadas, o se concreta a través de preguntas; así, éste es la habilidad para preguntar y responder preguntas críticas o el deseo de usar activamente preguntas críticas. Para estos autores, la esencia del pensamiento crítico es preguntar y argumentar lógicamente. En consecuencia, se considera que la técnica más antigua, más usada y más simple empleada en la enseñanza y desarrollo del pensamiento crítico, es el uso de preguntas; el docente puede hacer preguntas al alumno, el estudiante a su profesor o éstos auto preguntarse.

En consonancia con lo anterior, en las situaciones problémicas de Química, diseñadas por Alvear (2011) además del título y el contexto, la pregunta central y las preguntas orientadoras, favorecen en los estudiantes de educación media el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico en sus diferentes niveles. Las preguntas en el nivel bajo (reunir y recordar información), requieren del estudiante conceptos, información, sentimientos o experiencias pasadas; en el nivel medio, (procesar la información) exigen que el estudiante relacione causas y efectos, sintetice, analice, compare, contraste, resuma o clasifique, y en el nivel alto (aplicar y evaluar la información en situaciones nuevas) motivan al estudiante a pensar de manera intuitiva, creativa e hipotética, a usar su imaginación, a exponer un sistema de valores y a hacer juicios (Argudín, 2006). A pesar de la estrecha relación entre pensamiento crítico y resolución de problemas, varios autores realizaron una clara diferenciación entre estos dos aspectos.

Para Fisher y Scriven (1997) el pensamiento crítico interacciona con determinados aspectos de la resolución de problemas; este tipo de pensamiento tiene que ver con la

clarificación, con la división del problema (interpretación), pero no con la resolución (Muñoz, 2018). Para, Armstrong y Stanton (como se citó en Campos, 2007) la diferencia radica en que el pensamiento crítico incluye razonamientos acerca de problemas abiertos o poco estructurados, mientras que la resolución de problemas hace alusión a aspectos más reducidos y, de alguna manera, más focalizados. Es decir, mientras el pensamiento crítico busca construir una representación posible de una situación con un argumento conveniente; la resolución de problemas busca soluciones específicas a situaciones determinadas (Loaiza et al., 2016).

Según Kennedy (como se citó en Loaiza et al. 2016) el pensamiento crítico es un proceso explorativo de ampliación, a diferencia de la resolución de problemas que es un proceso de estrechamiento progresivo. En consecuencia, el pensamiento crítico, admite la complejidad de un problema y bajo el razonamiento posibilita varias opciones de solución, incluso soluciones alternativas; pero la resolución de problemas elige la solución más acertada frente a la problemática.

Así, como es evidente la estrecha relación entre la resolución de problemas y el pensamiento crítico también lo es con la lectura crítica, ya que ésta es considerada como un elemento crucial para el pensamiento crítico, porque permite descubrir ideas e información dentro de un texto escrito, que son evaluadas por el pensamiento crítico, para decidir que aceptar y creer (Campos, 2007). En consecuencia, para resolver las situaciones problemáticas de Química, es imprescindible que los estudiantes realicen una lectura comprensiva y crítica de diferentes textos escritos o realidades donde se abordan las problemáticas propuestas. Según el pedagogo De Zubiría (2017), sólo 9 de cada mil bachilleres (0,9%) pueden leer críticamente; razón por la cual en los colegios se debería enseñar a pensar, a comunicar y a convivir. Además, este investigador reitera la importancia de realizar preguntas y discusiones en las clases.

Si el cerebro se hizo para pensar la escuela debería ser el escenario propicio para enseñar a pensar o desarrollar habilidades de pensamiento; entonces la labor central del

docente sería poner a pensar a sus estudiantes (De Zubiría, 2017). Es el docente el profesional idóneo, quien con el planeamiento de actividades, problemas o preguntas debe contribuir con este propósito de la educación en ciencias y de la educación en general. Al respecto John Beam (como se cito en Campos, 2007) sugiere que la primera tarea para enseñanza del pensamiento crítico es “desarrollar buenos problemas para que los alumnos razonen...” (p. 70). Clement y Lochhead (como se citó en Campos, 2007) sostienen que los docentes “deberíamos enseñar a los alumnos a pensar; en cambio les enseñamos que pensar” (p. 67). Pero lo que es más grave, se sigue enseñando conocimientos declarativos.

En cuanto a enseñar a pensar hay dos vertientes: una que propone hacerlo a través de cursos de técnicas independientes y otra en enseñar habilidades de pensamiento de manera integrada con los contenidos curriculares de las áreas o asignaturas (García, 2003). Según Hickey y Mertes (como se citó en Campos, 2007) el pensamiento crítico puede enseñarse en áreas como las ciencias y “pareciera éste se desarrolla mejor cuando el alumno estudia una determinada disciplina en lugar de aprender de un curso específico de habilidades de pensamiento” (p. 27). En consecuencia, a través de situaciones problemáticas cotidianas, la tarea del docente en el aula debería consistir en propiciar la interpretación, análisis, evaluación, inferencia, explicación y autorregulación; consideradas como las seis destrezas o habilidades cognitivas centrales del pensamiento crítico.

Sin embargo, aprender a “pensar bien no es una tarea fácil, pero, es aún más complicado el hecho de enseñar a pensar” (Arredondo, 2006, p. 13), especialmente cuando los estudiantes están acostumbrados a memorizar y están poco dispuestos a cambiar. Al respecto, Sizer (1984) manifiesta que es complicado enseñar a pensar críticamente y que algunas veces, el profesor es el cómplice de esta oposición por lo que demanda de él; a esto lo llama “conspiración por lo poco”, es decir, estar satisfecho con hacer lo mínimo.” (Campos, 2007, p. 68). Con una estrategia didáctica, basada en la resolución de situaciones problemáticas sobre modelos explicativos de enlace químico, se busca

propiciar el desarrollo de algunas habilidades cognitivas propias del pensamiento crítico en los estudiantes.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Enlace químico

- **La teoría electroquímica y el enlace químico**

Una vez conocida la teoría atómica de Dalton, en la primera década del siglo XIX, algunos químicos se preguntaron ¿Qué fuerza mantenía unidos a los átomos en un compuesto? Se inicia así la búsqueda de explicaciones teóricas para uno de los problemas más complejos, el enlace químico. En 1810, el químico sueco Berzelius formuló la teoría electroquímica (Brock, 1998) y sugirió que las combinaciones químicas eran debidas a atracciones eléctricas (Wojtkowiak, 1987). Según esta teoría, todo compuesto químico estaba formado por una parte electropositiva (cationes) y otra parte electronegativa (aniones) y la fuerza de atracción entre esas dos electricidades es la responsable del enlace químico (Cubillos et al., 1989). Posteriormente, Thomson empezó a relacionar el electrón con el enlace químico y en 1904 el mismo Thomson desarrolló la primera teoría electrónica de la valencia, según la cual el enlace se formaba cuando dos átomos transferían electrones, el donante asumía carga positiva y el receptor carga negativa; es decir, los enlaces se concebían como atracciones electrostáticas causadas por la transferencia de electrones; surge así el modelo de enlace polar denominado actualmente enlace iónico (Brock, 1998).

Pero en 1831 Auguste Laurent descubrió que la sustitución de átomos de hidrógeno electropositivos por átomos de cloro electronegativos, en los compuestos orgánicos era posible y sólo causaba pequeños cambios en sus propiedades; Laurent concluyó que como esto era electroquímicamente imposible, había que modificar el dualismo electroquímico de los radicales en los compuestos orgánicos y planteó la Teoría Unitaria que allanaría el camino para la teoría de la valencia de Frankland y Kekulé (Brock, 1998).

El término enlace fue introducido en 1866 por Edward Frankland para referirse a la capacidad de un átomo o valencia (Brock, 1998). Actualmente, el enlace químico se define como “conjunto de fuerzas que aseguran la cohesión de un conjunto de partículas discretas (los átomos) que se caracterizan por propiedades físicas y químicas determinadas” (Angenault, 1999, p. 150).

De esta manera, Frankland abonó el terreno para explicar la existencia de moléculas no polares como el O_2 y Cl_2 . Entre 1902 y 1916, Gilbert Lewis, condecorado de los números atómicos determinados por Moseley y de los modelos planetario-nuclear del átomo formulados por Rutherford y por Bohr, planteó otra posibilidad no polar de enlace denominado por Irwing Langmuir, enlace covalente. En este enlace dos átomos comparten un par de electrones, modelo que permitía explicar no solamente el enlace en las moléculas de O_2 y Cl_2 , sino también en las moléculas orgánicas.

Por otra parte, el químico norteamericano Lewis representó los electrones por puntos (estructuras de Lewis), sistema que se adoptó para indicar los enlaces dobles y triples. Lewis y otros químicos se percataron que la estabilidad de los gases nobles al parecer se debía a la presencia de ocho electrones en la capa más externa. Pero, fue R. Abegg en 1904 (Brock, 1998) quien describió la regla del ocho, basado en que las valencias y contravalencias de los átomos podían sumar ocho sin tener en cuenta la carga (Ejemplo: valencia principal +1; contravalencia = -7); posteriormente en 1916 Lewis planteó que los átomos pueden cumplir la regla del octeto transfiriendo o compartiendo electrones.

Para la comprensión del enlace covalente fueron claves las geniales investigaciones del químico norteamericano Linus Pauling, quien en 1925 realizó estudios de las distancias interiónicas en minerales y concluyó que los radios efectivos de los átomos se aplastan en la dirección en que se forma el enlace covalente. Además, en 1930 con sus investigaciones acerca de la naturaleza del enlace químico y su introducción en el pensamiento químico de la “nueva mecánica cuántica”, logró resolver un viejo problema planteado en 1858, sobre ¿Cómo dos átomos idénticos podían combinarse para formar

moléculas estables (Cl_2 , O_2)? Pauling explicó la afinidad química, es decir, por qué los elementos se combinan para formar ciertas sustancias estables y no otras, lo cual lo hizo acreedor al premio nobel de Química en 1954 (Brock, 1998).

Posteriormente, Pauling y Slater le dieron un tratamiento mecánico–cuántico al enlace covalente y plantearon en su Teoría del Enlace de Valencia (TEV), que el enlace covalente es un par localizado de electrones entre dos núcleos y que cuando hay superposición de orbitales atómicos los electrones compartidos serían atraídos por ambos núcleos, lo cual le confiere a la molécula una menor energía y en consecuencia una mayor estabilidad a la molécula que a los átomos cuando están separados.

Igualmente, Pauling en 1926 construyó el modelo de la hibridación sp^3 , sp^2 y sp^1 para explicar teóricamente la formación de enlaces sencillos, dobles y triples y la geometría de las moléculas orgánicas. Además, Pauling introdujo el concepto de electronegatividad, para justificar el carácter iónico del enlace covalente y así expresar en función de la diferencia de las electronegatividades de los átomos enlazados, el porcentaje del carácter de enlace iónico (Brock, 1998).

La dificultad generada por la introducción del concepto de resonancia llevó a los espectroscopistas Friedrich Hund y Robert Mulliken en 1927, a proponer un segundo enfoque para el enlace covalente, denominado Teoría del Orbital Molecular (TOM); según este enfoque, si dos núcleos se colocan a una distancia en equilibrio y se adicionan electrones, éstos formarán orbitales moleculares análogos a los orbitales atómicos. Se estableció que los orbitales atómicos se combinan linealmente (CLOA) para formar orbitales moleculares y se adoptó la denominación sigma (σ) para los enlaces frontales y pi (π) para los enlaces laterales, en el caso de dobles y triples enlaces (Huheey et al., 2003). Finalmente, se puede concluir que los modelos de enlace iónico y covalente no son absolutos y que las teorías del enlace de valencia y del orbital molecular no son excluyentes sino complementarias para explicar el enlace en los compuestos covalentes.

Para explicar las propiedades de los metales se postuló un tercer modelo de enlace químico: el enlace metálico; que se produce al unirse átomos del mismo elemento entre sí. En 1900 Paul Drude y en 1923 Hendrick Lorentz (como se cito en Pozas et al. 2016) propusieron el modelo del gas electrónico o mar de electrones, al estimar que los metales están formados por cationes bañados por un mar de electrones o sumergidos en un gas de electrones.

- **Concepciones alternativas de los estudiantes sobre enlace químico**

En este apartado se reseñan las principales investigaciones relacionadas con las concepciones alternativas de los estudiantes sobre enlace químico. Los investigadores Odetti et al. (2004) en un estudio realizado en la república de Argentina con estudiantes preuniversitarios, referencian las investigaciones de los siguientes autores:

Peterson y Treagust (1989):

Analizan en estudiantes de 16-17 años conocimientos sobre el enlace covalente y su estructura, encontrando que un 23% de los alumnos no considera la influencia de la electronegatividad y la desigual compartición del par de electrones en el enlace polar; un 27% ve, en la polaridad, un factor que influye en la geometría de las moléculas; un 23% confunde fuerzas intermoleculares con fuerzas dentro de las moléculas; y un 33% considera que no existen fuerzas intermoleculares en una red covalente. (p. 195)

Caamaño y Casassas (1987):

Examinan estudiantes de 16 años y encuentran que un 50% no reconocía como elementos sustancias simples formadas por moléculas; un 40% identificó como moleculares estructuras gigantes; un elevado porcentaje asoció la valencia de un elemento con el subíndice del elemento con que se combina; y la mayoría no sabía

calcular el número de enlaces que se rompen y se forman en una reacción química. (p. 196)

De Posada (1999):

Revisa las concepciones de alumnos de entre 15 a 18 años y encuentra que: los alumnos aceptan la idea que algunas sustancias gaseosas son moleculares; aunque no es bien comprendida la naturaleza de la unión; como así tampoco la naturaleza del enlace covalente; la idea que existen fuerzas intermoleculares ha sido menos interiorizada que el enlace covalente y la idea de ion no es fácilmente asumida por los alumnos. (p. 196)

Los investigadores Odetti et al. (2004), aplicaron a estudiantes que se disponían a ingresar a la Universidad una encuesta con 12 preguntas de respuesta abierta, para indagar acerca de las concepciones alternativas sobre cuatro tópicos relacionados con el enlace químico. A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos:

Respecto a procesos donde se agrupan átomos de un mismo o de distintos elementos: la unión de dos átomos de igual o de distintos elementos para formar una molécula es un cambio de estado de agregación, átomos de un mismo elemento se unen por enlace iónico, átomos de distintos elementos se unen solamente por enlace iónico, la unión de átomos de oxígeno para formar una molécula es un proceso físico y el enlace iónico es más fuerte que el enlace covalente. (pp. 197-198)

Con relación a la posibilidad de que una unión química entre átomos sea percibida como un proceso espontáneo: para que átomos de un mismo o diferentes elementos se unan por enlace químico es imprescindible suministrar energía, tales procesos no se conciben como espontáneos. (p. 198)

En referencia a la estructura de sustancias unidas por enlace iónico y covalente: cuando dos átomos de igual o de diferentes elementos se unen para formar una molécula, éstos permanecen sin modificar en absoluto su estructura, como si sólo se hubiesen acercado; al unirse para formar una molécula diatómica, átomos de un mismo o de distintos elementos unen sus núcleos y existen moléculas de sustancias iónicas. (p. 198)

En cuanto a las causas de un enlace iónico: la causa del enlace es la naturaleza de los átomos involucrados (metal - no metal), llegando inclusive a adjudicar cierta intencionalidad al comportamiento de uno de los elementos implicados y la causa del enlace iónico es que cada uno de los elementos completará el octeto electrónico. (p. 198)

En una investigación titulada “Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de Aprendizaje”. De Posada (1999):

Pasó un cuestionario abierto en el que una de las cuestiones requería de los estudiantes de 15 a 17 años razonar sobre las causas que originan las diferencias en los puntos de fusión de las sustancias. Los alumnos de 15 años, antes de abordar formalmente los estudios de Química, pero con nociones previas sobre el enlace químico, daban fundamentalmente razones macroscópicas como la naturaleza o composición del material, densidad, calor específico, etc. Sólo el 10% aducía explicaciones relacionadas con los átomos y tan sólo el 1% hacía referencia a la fuerza con que se atraen éstos entre sí; los restantes mencionaban la disposición de los átomos y la composición molecular. El 61% de los alumnos de 16 años y el 85% de 17 años hacían referencia casi exclusivamente al enlace químico en sus argumentaciones atómicas. (p. 228)

Boo (como se citó en Posada 1999):

Indica que los estudiantes de química de 17 años encuentran grandes dificultades para relacionar los cambios energéticos de las reacciones químicas con los enlaces rotos y formados. También menciona las dificultades de los estudiantes para distinguir entre los diferentes tipos de enlaces. La unidad del enlace químico es introducida en los nuevos currículos de los alumnos de 14 a 15 años de la secundaria obligatoria y posteriormente es profundizada en el bachillerato científico o tecnológico (alumnos de 16-17 años). (p. 228)

En lo relacionado con el concepto estructurante de enlace químico Fernández y Marcondes (como se citó en Santos y Fernandes, 2014):

Plantean como las principales dificultades las siguientes: 1. Confusión entre enlace iónico y covalente; 2. Conceptos antropomórficos acerca de los átomos; 3. Uso de la regla del octeto indiscriminadamente como principio explicativo para la formación de los enlaces químicos; 4. Ideas equivocadas sobre geometría molecular y concepto de polaridad; 5. Conceptos erróneos sobre las energías asociadas a la destrucción o la formación de enlaces químicos y 6. Representaciones inadecuadas de los enlaces químicos. Además de estas dificultades, también se revela la incapacidad de relacionar estos conceptos con los tres niveles de conocimiento químico: representacional, macroscópico y microscópico. (p. 46)

García y Garritz (2006) de acuerdo con sus investigaciones y las realizadas por otros autores destacan de manera general sobre concepciones alternativas de los estudiantes lo siguiente:

Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre enlace químico, en general, no se forman fuera del aula de clases, dado el nivel de abstracción de este concepto y que las experiencias de los estudiantes con el enlace químico son muy indirectas, éstas obedecen a la manera en que este tema es abordado por el docente en el

salón, a los materiales utilizados y a la representación que el estudiante construya sobre este concepto. (p. 114).

Sin embargo, De Posada (como se citó García y Garritz, 2006) “manifiesta que estas concepciones alternativas no han sido lo suficientemente estudiadas” (p. 114). Según Taber (como se citó en García y Garritz, 2006), “esto puede deberse a lo complejo de la temática, a la inexistencia de bastantes concepciones alternativas y a la cantidad de conocimiento previo que debe comprenderse para entender este concepto” (p.114). En estos estudios, se ha encontrado que los alumnos aceptan como verdaderos sólo los enlaces iónicos y covalentes. Los estudiantes no catalogan a los enlaces metálicos, polares y los puentes de hidrógeno como verdaderos enlaces químicos, debido a que la regla del octeto sólo proporciona un modelo coherente para el enlace iónico y covalente (García y Garritz, 2006).

A continuación, se describe las concepciones alternativas de los estudiantes, más referidas en la literatura, para los modelos de enlace metálico, iónico y covalente, estudiadas por García y Garritz (2006).

- **El enlace metálico**

Investigaciones realizadas por De Posada (como se citó García y Garritz, 2006):

Indican que los estudiantes tienen una gran diversidad de concepciones sobre estructura interna de los metales. Para representar la estructura de una puntilla de hierro los estudiantes: a) Dibujan pequeñas láminas o trozos del metal, b) Hacen uso de términos como átomos, restos positivos y nube electrónica, partículas y moléculas, c) Dibujan los iones positivos sin la nube electrónica, d) Indican la nube electrónica con átomos neutros. Este autor, solicitó a estudiantes dibujar diez partículas de calcio (Ca) y obtuvo los siguientes resultados: a) Los estudiantes más pequeños no dibujan una red, b) La mayoría de los estudiantes más grandes

dibuja una red compuesta por átomos y c) Sólo una pequeña proporción dibuja una red metálica. (pp. 115-116)

En un estudio comparativo De Posada (1997) indica que el 30% de los estudiantes dibuja la estructura del hierro de acuerdo con el modelo del mar de electrones, pero muy pocos estudiantes hacen lo mismo con el calcio. Como conclusión del estudio, se encontró que el enlace metálico no es asimilado con facilidad por los estudiantes. Según estudios de Solbes y Vilches (1991), una posible razón es el poco énfasis que sobre este modelo hacen los libros de texto; en consecuencia, muchas de las limitaciones didácticas y de los obstáculos epistemológicos con que se encuentran los alumnos, obedecen a que muy pocos textos de bachillerato adoptan una visión unitaria del enlace químico (García y Garritz, 2006).

En otra investigación, realizada por García y Garritz (2006), se aplicaron a los estudiantes de bachillerato (15-16 años) en la ciudad de México, un cuestionario pre y post-test, con preguntas agrupadas en cuatro tópicos. Los resultados con mayor porcentaje en el post-test se relacionan en la tabla 7.

Tabla 7. Algunos resultados del post-test.

| Pregunta | Resultados |
|--|--|
| 1. Las diferencias y semejanzas que asignan los estudiantes entre las fuerzas intermoleculares y los enlaces intramoleculares. | La mayor diferencia es la magnitud de la fuerza involucrada (39.3%). |
| 2. La razón por la que ocurren los enlaces químicos. | Estabilidad por cargas (equilibrar, neutralizar) (24,3%), estabilidad por tener capas llenas de ocho electrones (24,1%), electronegatividad (13,8), otras (34,4%). |
| 3. La razón de las diferencias entre los puntos de fusión de las sustancias. | Fuerza de los enlaces (31,2%). Tipo de enlace (44,8%). Tipo de enlace y direccionalidad (17,2%). |
| 4. La forma en la que los estudiantes representan distintas sustancias (un grano de sal, un clavo de hierro, un trozo | La estructura interna del cloruro de sodio es un cubo de iones (31%) y es un cubo de átomos (57%). La |

de diamante y una botella que contiene oxígeno).

estructura interna de un clavo de hierro está constituida por muchas uniones entre átomos de hierro (34%).

La estructura interna del diamante está compuesta por átomos de carbono unidos entre sí (70%).

Fuente: García y Garritz, 2006 (pp. 119-120)

En general, en lo relacionado con la comprensión de los estudiantes sobre el enlace químico, la investigación realizada por García y Garritz (2006) arroja los siguientes resultados:

- Uso de la regla del octeto como principio explicativo del enlace químico; aunque en realidad es un principio heurístico que lo único que explica es la estabilidad de los átomos al adquirir estructura electrónica de gas noble.
 - La inexistencia de “moléculas iónicas”, los estudiantes no dibujan afortunadamente moléculas dentro de una red.
 - Representación adecuada de los metales y los sólidos covalentes. En gran parte de los casos se logra la representación correcta de los metales. “En los metales, en medio hay cationes y alrededor están los electrones”.
 - Explicación unicausal del punto de fusión y su relación con el enlace químico; solamente el 15% de los estudiantes para explicar la diversidad de puntos de fusión, considera que esta propiedad se relaciona con la fuerza del enlace entre los átomos y la cantidad y direccionalidad de estos enlaces.
 - Tránsito de respuestas meramente declarativas en el pre- test, a respuestas con algún tipo de explicación en las situaciones del post- test. (pp. 120-121).
-
- **El enlace iónico**

Taber (como se citó en Chamizo et al. 2006):

Concluye que los estudiantes explican el enlace iónico, de acuerdo con tres conjeturas distintas: a) La conjetura de la valencia: la configuración electrónica

determina el número de enlaces iónicos que se forman. b) La conjetura histórica: los enlaces se forman sólo entre los átomos que aceptan y donan los electrones. c) La conjetura de solamente fuerzas: los iones interactúan con los demás iones que lo rodean uniéndose solamente «por fuerzas». (pp. 109 -110)

En consecuencia, según Taber, el enlace iónico se interpreta desde un marco de trabajo molecular, debido a que en la enseñanza se enfatiza mucho en el proceso de formación de iones, desconociendo la existencia de la estructura cristalina de estos compuestos debida a las interacciones multidireccionales entre todos los iones allí presentes (García y Garritz, 2006).

Taber, Oversby y Nelson (como se citó García y Garritz, 2006,), “Concluyen que muchos estudiantes realizan un énfasis excesivo en la transferencia del electrón, emplean, explícita o implícitamente, una idea de pares iónicos como moléculas y le dan mucha atención a la trivial «historia del electrón» perdido y ganado” (p. 115).

De Posada (citado en García y Garritz, 2006):

Ha encontrado que para los estudiantes los conceptos de ion y átomo les parecen muy similares. Según este autor, la confusión de una buena parte de los estudiantes obedece a que tanto las fórmulas químicas de los compuestos iónicos y de los compuestos moleculares, se representan de manera equivalente. Además, los estudiantes poco han asimilado los conceptos de red y de ion. (p. 115)

Riboldi et al. (2004):

Manifiestan que estudiantes preuniversitarios y universitarios coinciden en las siguientes concepciones alternativas: a) Átomos de distintos elementos se enlazan únicamente mediante enlaces iónicos. b) El enlace iónico es más fuerte

que el covalente. c) Los átomos que se unen para formar una molécula no sufren cambios en su estructura interna. (p. 115)

- **El enlace covalente**

Peterson et al. (como se citó en García y Garritz, 2006) aplicaron una prueba de opción múltiple de 15 preguntas para conocer las concepciones alternativas de los estudiantes de bachillerato sobre enlace covalente. “Estos autores encuentran que los estudiantes presentan concepciones alternativas en los siguientes seis temas: 1. Polaridad del enlace, 2. Forma molecular, 3. Fuerzas intermoleculares, 4. Polaridad de las moléculas, 5. Regla del octeto y 6). Estructuras continuas covalentes”(p. 114). Furió y Calatayud (como se citó en García y Garritz, 2006) “mencionan también una serie de dificultades que presentan los estudiantes en las temáticas de geometría y polaridad de las moléculas” (p. 114).

Según Taber (como se citó en Chamizo et al. 2006), los estudiantes explican que los átomos comparten electrones para cumplir con regla del octeto, lo cual genera estabilidad y un nivel más bajo de energía en el compuesto covalente. Coll y Treagust (como se citó en Chamizo et al. 2006) encuentran que los electrones compartidos y la estabilidad de octetos es el marco de referencia para estudiantes de secundaria y de licenciatura.

Finalmente, los investigadores concluyen que los estudiantes no logran establecer argumentos comunes de orden electrostático para explicar los modelos de enlace químico metálico, iónico y covalente. Además, que no existen libros de texto que consideren el enfoque electrostático como un elemento común en los diversos modelos de enlace químico.

Chamizo et al. (2006) con base en las investigaciones realizadas por otros autores acerca de las concepciones alternativas de los estudiantes sobre enlace químico, presentan a los docentes de Química las siguientes recomendaciones:

- Enfatizar en la naturaleza electrostática del enlace químico.
- Evitar la dicotomía enlace iónico – enlace covalente.
- En enlace iónico hacer más énfasis en la estructura de la red cristalina, en las interacciones electrostáticas entre iones que dan origen al enlace y no en la transferencia de electrones para formar cationes y aniones.
- Considerar el enlace covalente polar, metálico y las fuerzas intermoleculares como consecuencia del mismo fenómeno del enlace químico, pero que tienen particularidades.
- Evitar que los estudiantes consideren o creen que todas las sustancias están formadas por moléculas.
- Desarrollar la idea de que los enlaces químicos ocurren en un continuo “covalente – iónico–metálico”, más que considerar estos modelos como las únicas posibilidades.
- Evitar hacer énfasis en la regla del octeto como principio explicativo.
- Tener especial cuidado en no utilizar indiscriminadamente un lenguaje antropomórfico (los átomos comparten, necesitan, están más contentos, etc.)
- Explicar las propiedades de las sustancias utilizando el modelo que mejor se ajuste e indicar que hay muchas sustancias con propiedades intermedias que no pueden explicarse con un único modelo de enlace. (p .107)

2.2.2. Modelos de enlace químico con un enfoque electrostático de orden general

Dhindsa y Treagust (2014) manifiestan que la secuencia en que se abordan los modelos de enlace químico, en la mayoría de los libros de texto es: iónico, covalente, covalente polar, metálico y fuerzas intermoleculares. Además, los docentes asumen de forma pasiva este orden en la enseñanza y como consecuencia los estudiantes aprenden

que los distintos modelos de enlaces son independientes y sin identificar alguna asociación común entre ellos. Taber (1997) propone que, para alcanzar una mejor comprensión del enlace químico en los estudiantes de bachillerato, se debe partir de un enfoque basado en principios explicativos de orden electrostáticos, abandonando de esta manera la vetusta y trivial regla del octeto. Contrario a la enseñanza tradicional, Taber (2001) propone el siguiente orden para abordar el tema de enlace químico: metálico, iónico, covalente reticular y covalente molecular; de esta manera se evitaría que los estudiantes asuman que existen moléculas iónicas y metálicas (González, 2017).

Por otra parte, Dhindas y Treagust (como se citó en González, 2017):

Sugieren iniciar con la enseñanza del enlace covalente no polar y polar, luego con el enlace iónico e introducir el enlace metálico como un tipo de enlace covalente. Estos investigadores plantean enseñar el enlace químico en el siguiente orden: 1. Enlace covalente, covalente polar y iónico. 2. Enlace en estructuras reticulares. 3. Fuerzas inter e intramoleculares. (p. 56)

De igual manera, Caamaño (como se citó en González, 2017) propone la siguiente secuencia didáctica para el aprendizaje del enlace químico: covalente en las moléculas, covalente en sólidos reticulares, iónico y metálico (p. 56).

En el bachillerato en general y de manera particular en el grado décimo de la educación media colombiana, la temática de enlace químico se aborda desde los modelos de enlace iónico y covalente, asumiendo como principio explicativo la regla del octeto; haciendo mucho énfasis en la transferencia y compartición de electrones respectivamente y sólo se considera las atracciones electrostáticas en el primer caso; el enlace metálico generalmente no se considera como tal y las fuerzas de atracción intermoleculares se estudian por separado, asociadas a las moléculas orgánicas generalmente en el grado undécimo. Además, no se hace explícita la relación que existe entre el enlace químico y las propiedades de las sustancias como forma cristalina o

estructura molecular, conductividad, solubilidad, punto de fusión, punto de ebullición, dureza y fragilidad.

En contravía de lo anterior, Chamizo et al. (2006) manifiestan que las fuerzas que mantienen unidos a los átomos en los compuestos son de naturaleza eléctrica y ellos se preguntan: ¿Cómo es entonces la interacción eléctrica que conduce a la formación de un enlace? y proponen la enseñanza de los modelos de Enlace Químico, con un enfoque electrostático de orden general.

Chamizo et al. (2006) soportan su propuesta en los planteamientos realizados por los siguientes investigadores: Solbes y Vilches (1991) indican que los libros de texto abordan cada uno de los modelos de enlace como descripciones reales y correctas más que como aproximaciones con limitaciones inherentes; Borsese (1991) considera que puede utilizarse un enfoque elemental del enlace químico basado en las interacciones de Coulomb; Borsese y Esteban (2001) intentan una explicación electrostática aplicable para todos los modelos de enlace; que involucra conceptos como carga nuclear efectiva, ley de Coulomb, núcleo, electrones, para interpretar todos los modelos de enlace. Taber (1997) sugiere que la mejor forma de avanzar en la comprensión del enlace químico requiere un esquema basado en los principios electrostáticos.

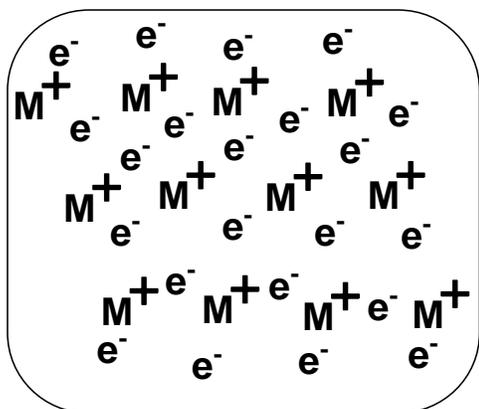
Finalmente, Chamizo et al. (2006) insisten que lo que en realidad tenemos (al menos desde los últimos resultados experimentales) son núcleos y electrones que interactúan entre sí, dando lugar a diferentes materiales que explicamos a partir de diferentes modelos de enlace y que no es tan preciso señalar que hay compuestos covalentes, iónicos o metálicos. Los autores recomiendan a los docentes, enfatizar en la comprensión del fenómeno electrostático y con base en los modelos de enlace químico explicar y predecir las propiedades macroscópicas de los materiales; con lo cual se contribuye a que los estudiantes construyan un modelo de enlace químico que tenga sentido.

A continuación, se presenta los principales elementos conceptuales de la propuesta investigativa realizada por Chamizo et al., (2006), para la enseñanza de los modelos de enlace químico, con un enfoque electrostático de orden general:

Es evidente que sólo podrá lograrse un enlace cuando las interacciones atractivas sean más poderosas que las repulsivas. Existen básicamente tres formas, en que las atracciones sean mayores que las repulsiones, para que se pueda dar una situación de enlace, que corresponden a los tres modelos de enlace: metálico, iónico y covalente.

- Un metal es un conjunto de iones positivos, digamos M^+ , que se encuentran vibrando en una malla cristalina, a los cuales acompaña un electrón libre por cada uno de los iones. Entre los iones positivos M^+ , se encuentran los electrones moviéndose libremente, que sirven de pantalla de la repulsión entre los iones positivos y los enlazan. Esta primera forma de interacciones permite la formación del enlace metálico como se indica en la figura 1.

Figura 1. Representación del enlace metálico

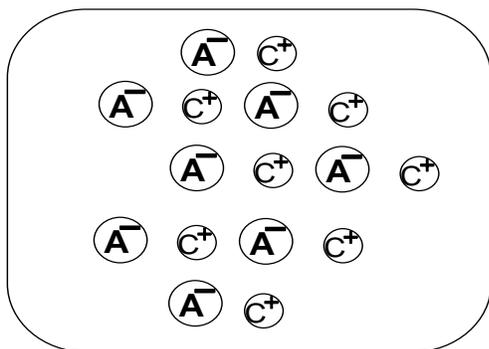


Fuente: Modificado de Chamizo et al., 2006 (p. 114)

- El átomo A, atrae más fuertemente a los electrones que el átomo C. El electrón que pertenecía al átomo C se mueve hacia A, colocándose la pareja de electrones mucho

más cerca de A; con lo que A se convierte en un ion negativo (anión), A^- y C en un ion positivo (catión), C^+ . En este caso, muchos de estos iones A^- y C^+ se agrupan de tal forma que cada ion negativo queda rodeado de iones positivos como primeros vecinos y viceversa, cada ion positivo queda rodeado de iones negativos cercanos. Esta segunda forma de interacciones permite la formación del enlace iónico como se muestra en la figura 2.

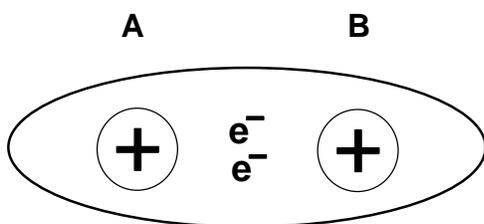
Figura 2. Representación del enlace iónico



Fuente: Modificado de Chamizo et al., 2006 (p. 115).

- Un electrón externo del átomo A y otro electrón externo del átomo B, se colocan entre los dos núcleos, con lo cual serán atraídos por ambos y se evitará la repulsión directa de un núcleo con el otro. El par de electrones ejerce un efecto pantalla, que aminora la repulsión entre los dos núcleos, gracias a la presencia de nuevas fuerzas atractivas entre electrones y núcleos. Esta tercera forma de interacciones permite la formación del enlace covalente como se presenta en la figura 3. (pp. 114- 115)

Figura 3. Representación del enlace covalente.



Fuente: Elaboración propia

Para explicar y predecir cómo se enlazan los átomos, así como las propiedades que presentan los materiales, se utilizan los modelos de enlace, que permiten representar las situaciones en las que, al unirse, dos átomos maximizan sus interacciones atractivas y minimizan sus interacciones repulsivas. Los tres modelos de enlace químico son: a) metálico, b) iónico y c) covalente. En los anteriores modelos se presenta una interacción electrostática entre las partículas que conforman a los átomos (protones y electrones); situación que permite explicar y predecir propiedades macroscópicas, como: forma cristalina o estructura molecular, conductividad, solubilidad, punto de fusión, punto de ebullición, dureza, fragilidad de diferentes sustancias. A continuación, se describe las características de cada uno de los tres modelos de enlace químico.

a) Modelo de enlace metálico

En este modelo, denominado mar de electrones o gas electrónico se considera que el enlace no es entre átomos, sino entre cationes metálicos y los que fueron sus electrones externos. Los metales son aglomeración de cationes bañados por un mar de electrones o sumergidos en un gas electrónico. Los electrones de valencia no pertenecen a átomos individuales (electrones deslocalizados), sino que todos ellos son comunes al conjunto de átomos que forman la red.

Los núcleos de los metales se organizan en estructuras ordenadas de naturaleza cristalina (“celda unitaria”). Los metales son buenos conductores del calor y de la electricidad, debido al libre movimiento de sus electrones. Los puntos de fusión de los metales son muy elevados, porque las interacciones entre los cationes y los electrones son multidireccionales. Los metales son maleables (capacidad de ser deformados) y dúctiles (capacidad de ser convertidos en hilos delgados), ya que los cationes metálicos pueden “resbalar” unos sobre otros, gracias a la capa de electrones móviles que los separa; esto ocurre cuando son sometidos a presión externa, el metal se deforma, pero no se rompe.

b) Modelo de enlace iónico

Se presenta cuando se une un metal con baja electronegatividad, con un no-metal con electronegatividad alta. Entre los iones positivos (cationes) y negativos (aniones) existen fuerzas de atracción electrostáticas multidireccionales, lo cual da origen a una estructura o malla cristalina.

La fuerte atracción de los iones fijos (no son móviles) en la estructura cristalina explica la no conductividad eléctrica de las sustancias iónicas en estado sólido; pero cuando el sólido iónico se funde o se disuelve en agua, los iones se vuelven móviles y la sustancia fundida sí conduce la electricidad. Cuando las sustancias con enlace iónico se disuelven en agua se disocian, es decir, se separan en iones, debido a que las moléculas de agua tienen una distribución no uniforme de carga eléctrica, que genera polos positivos y negativos. Así, los polos positivos de la molécula de agua atraen a los iones con carga negativa, mientras que los cationes son atraídos por el polo negativo de la molécula.

Los puntos de ebullición y de fusión de estos compuestos son altos, debido a que el enlace iónico es multidireccional y se requiere mucha energía para separar los iones. Los sólidos iónicos son duros (dureza), debido a su estructura ordenada; pero también son frágiles o quebradizos (fragilidad), cuando por acción de una fuerza externa, hay un deslizamiento de las capas de iones y llega un momento en que se encuentran enfrentados iones del mismo signo con lo cual surge una enorme repulsión que tiende a romper el cristal.

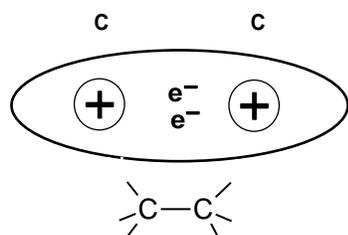
b) Modelo de enlace covalente

Se presenta cuando dos átomos de elementos que tienen electronegatividades similares o iguales comparten electrones de valencia, para formar una molécula. Los enlaces formados en las moléculas son unidireccionales, debido a las fuerzas de atracción electrostáticas entre los núcleos de los átomos y los electrones de enlace. Dos átomos de igual o de diferentes elementos químicos pueden compartir uno, dos o tres pares de

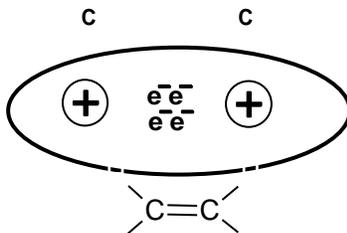
electrones, formando respectivamente enlaces covalentes sencillos, dobles y triples. En la figura 4 se muestra estos tres tipos enlaces covalentes entre átomos de carbono.

Figura 4. Los enlaces covalentes.

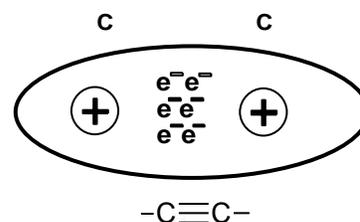
Enlace sencillo carbono -carbono



Enlace doble carbono -carbono



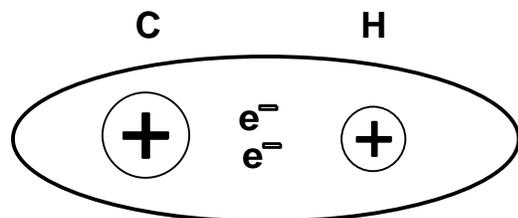
Enlace triple carbono -carbono



Fuente: Elaboración propia

El enlace covalente es no polar, cuando los átomos comparten los electrones de manera simétrica, dado que la diferencia de electronegatividades entre los dos átomos es cero o cercana a este (0- 0,5). En la figura 5 se representa enlace covalente no polar carbono -hidrógeno presente en compuestos orgánicos. Pero cuando la compartición electrónica no es simétrica, dado que la diferencia de electronegatividades entre los dos átomos es considerable (0,5 – 1,7), el enlace covalente es polar. En el enlace covalente polar, el átomo más electronegativo atrae hacia a él, el par de electrones alterando la distribución de cargas al interior de la molécula, generando cargas parciales negativas (δ^-) y positivas (δ^+), formando un dipolo. En la figura 6 se representa enlace covalente polar entre oxígeno e hidrógeno del grupo hidroxilo y entre carbono – oxígeno del grupo carbonilo de compuestos orgánicos.

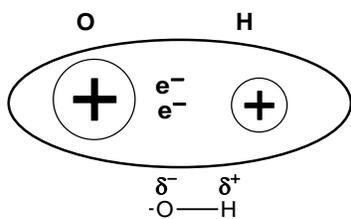
Figura 5. Enlace covalente no polar carbono-hidrógeno en compuestos orgánicos.



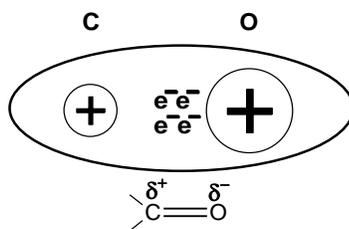
Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Enlace polar oxígeno-hidrógeno y carbono-oxígeno en compuestos orgánicos

Enlace polar oxígeno -hidrógeno



Enlace polar carbono-oxígeno

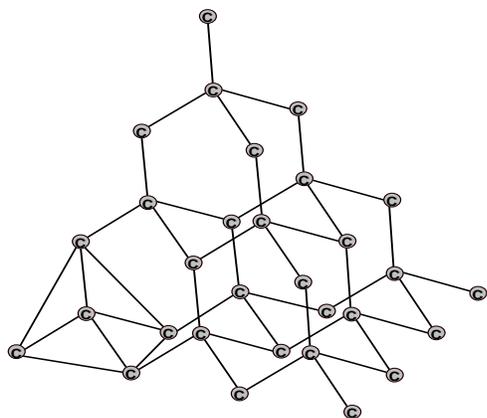


Fuente: Elaboración propia

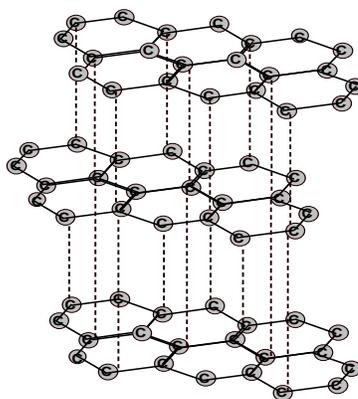
La mayoría de los compuestos con enlace covalente tiene estructura molecular; en ella, dos o más átomos se unen en una proporción definida y con una geometría determinada para formar una molécula. Pero también existen sustancias que presentan enlaces covalentes que forman estructuras reticulares (cristalinas), en las que los átomos comparten sus electrones de valencia formando enlaces multidireccionales. El diamante y el grafito son sustancias covalentes reticulares, como se indica en la figura 7.

Figura 7. Estructura reticular del diamante y del grafito.

Estructura reticular del diamante



Estructura reticular del grafito



Fuente: Modificado de Chamizo et al., 2000 (p. 123)

Las propiedades físicas de las sustancias covalentes dependen de cómo se enlazan sus átomos, ya sea para formar moléculas polares o no polares, o estructuras reticulares con

enlaces multidireccionales y de las atracciones intermoleculares, que pueden ser fuerzas de van der Waals, puentes de hidrógeno o atracciones dipolo-dipolo. La relación entre la estructura molecular, las fuerzas de atracción intermoleculares y las propiedades macroscópicas, se representan en la figura 8.

Las sustancias con enlace covalente polar son solubles en agua, debido a que interactúan con los dipolos de esta molécula. Las sustancias con enlace covalente no polar no son solubles en agua porque no presentan dipolos permanentes. Generalmente, las sustancias con enlace covalente no conducen la corriente eléctrica, pues tienen a sus electrones bien localizados (sin movilidad) en la región internuclear; pero las sustancias polares, disueltas en agua son conductoras de la electricidad. Los compuestos con enlace covalente pueden presentarse en los tres estados de la materia a temperatura ambiente.

Figura 8. Estructura molecular, fuerzas de atracción y propiedades macroscópicas

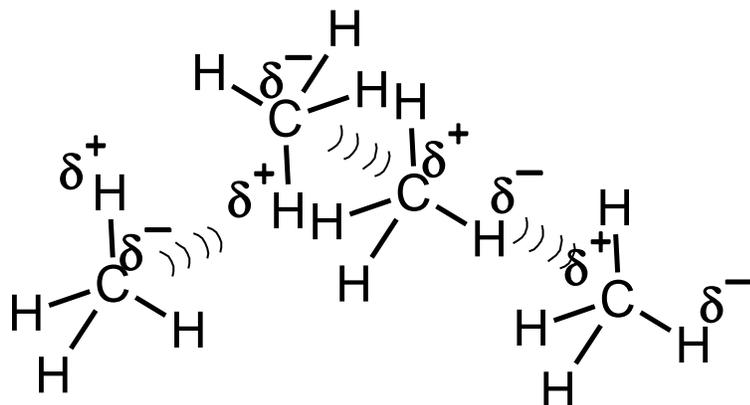


Fuente: Elaboración propia

Las fuerzas de van der Waals son atracciones electrostáticas débiles entre moléculas no polares. Entre los átomos de las moléculas no polares se forman dipolos temporales o transitorios, debido a que los electrones no están quietos en un determinado lugar y los núcleos vibran; su movimiento genera en un momento dado la aparición de polos temporales con carga negativa y con carga positiva. En la figura 9 se indican los dipolos

temporales entre moléculas de metano. Gracias a las fuerzas de van der Waals, moléculas no polares tienen puntos de fusión y ebullición muy bajos.

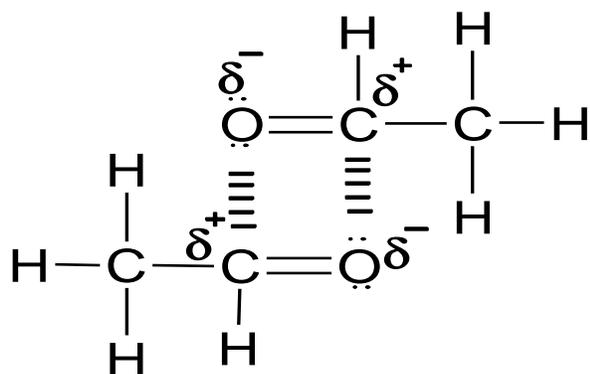
Figura 9. Fuerzas de van der Waals entre moléculas de metano



Fuente: Elaboración propia

Las atracciones dipolo-dipolo permanentes, son atracciones electrostáticas más fuertes que las de van der Waals y más débiles que los puentes de hidrógeno y se presentan entre moléculas polares. La figura 10 ilustra las atracciones dipolo-dipolo permanentes entre moléculas de etanal.

Figura 10. Atracciones dipolo -dipolo entre moléculas de etanal.

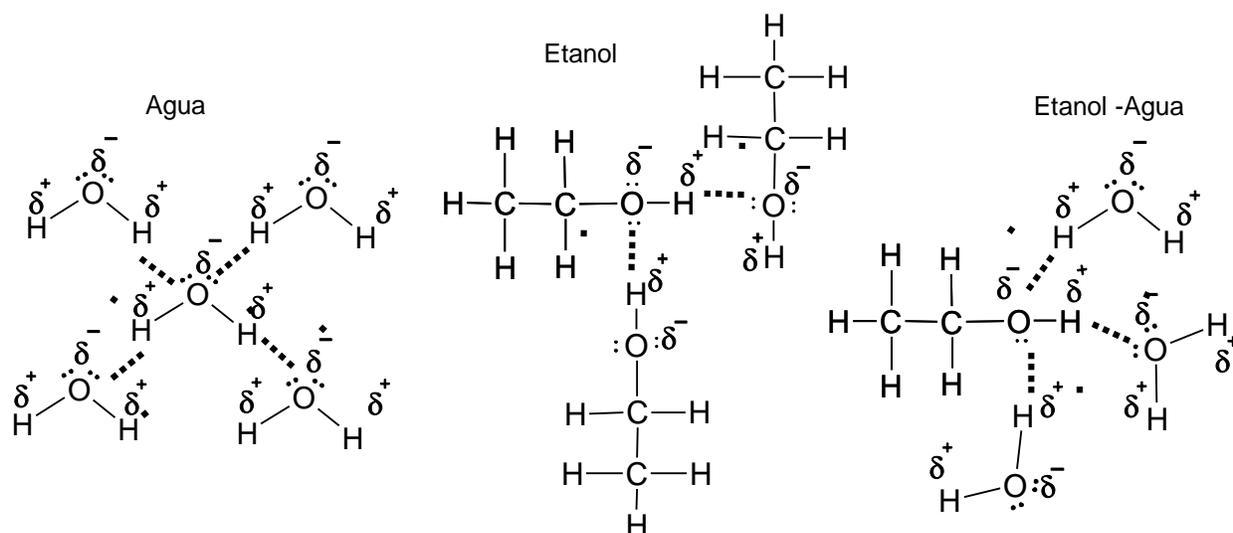


Fuente: Elaboración propia

Los puentes de hidrógeno son fuerzas de atracción entre las moléculas polares, que tienen un átomo de hidrógeno enlazado a un átomo de oxígeno, de flúor o de nitrógeno.

El puente de hidrógeno es producto de las atracciones electrostáticas entre los dipolos de dos o más moléculas. Aunque tiene la misma naturaleza electrostática es más débil que el enlace covalente intramolecular; debido en parte, a que hay mayor distancia entre los núcleos que son atraídos en este modelo de enlace. En la figura 11 se representan los puentes de hidrogeno entre moléculas de agua, entre moléculas de etanol, y entre moléculas de etanol y agua. Como consecuencia de estas fuertes interacciones intermoleculares, estas sustancias polares tienen puentes de fusión y ebullición elevados.

Figura 11. Puentes de hidrógeno en el agua, etanol y solución de etanol - agua



Fuente: Elaboración propia

Las sustancias covalentes (sólidos covalentes) con estructuras reticulares tienen puntos de fusión y ebullición elevados, debido a la formación de enlaces multidireccionales, que deben romperse para dejar a los átomos de carbono libres para moverse en la fase líquida. En síntesis, las moléculas con enlaces covalentes polares suelen tener puntos de fusión y ebullición superiores a los de los compuestos o elementos cuyas moléculas poseen enlaces covalentes no polares, y en los sólidos covalentes el valor de estas constantes es mucho más elevado.

2.2.3. Resolución de problemas

a) Modelo didáctico por investigación y resolución de situaciones problemáticas

El modelo didáctico por investigación propuesto por Daniel Gil (1993) surge como una alternativa para salvar algunas limitaciones o inconvenientes del modelo constructivista y para retomar los aspectos positivos del modelo por descubrimiento autónomo (Perales et al., 2000). Este modelo transforma la resolución de problemas en una actividad creativa e interesante para los estudiantes y se convierte en un eficaz instrumento de aprendizaje (Carrascosa et al., 1991).

La acción del profesor, como orientador del aprendizaje de sus estudiantes y al mismo tiempo como investigador de los procesos educativos, favorece la construcción de los conocimientos científicos por parte de los estudiantes, su familiarización con la metodología científica y el desarrollo de actitudes positivas hacia las ciencias, de actitudes científicas y de capacidades cognoscitivas; de esta forma, el modelo didáctico articula el aprendizaje significativo con la génesis evolución y aplicación de los conocimientos (Carrascosa et al., 1991).

El papel asignado a la resolución de problemas en el modelo didáctico por investigación se resume en los siguientes postulados: la ciencia se fundamenta en la resolución de problemas. Los problemas representan el núcleo de la investigación y del aprendizaje. La resolución de problemas posibilita el cambio conceptual, el aprendizaje de procesos y la adquisición de actitudes investigativas, y bajo la dirección del profesor integra el trabajo individual, el de pequeños grupos y la interacción entre ellos. Con la resolución de problemas desaparece la habitual separación entre clases teóricas, clases de problemas y prácticas de laboratorio (Perales et al., 2000).

La resolución de situaciones problemáticas de Química es una oportunidad para desmitificar la investigación, cultivando la capacidad de asombro y de preguntar (López,

2017). La resolución de problemas es una actividad investigativa, interesante y creativa para los estudiantes y un eficaz instrumento de aprendizaje (Carrascosa et al., 1990). Además, se constituye en una valiosa estrategia didáctica en donde convergen las tres dimensiones básicas del conocimiento: conceptual, procedimental y actitudinal (Perales et al., 2000).

b) La educación problémica y la enseñanza tradicional

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es una estrategia de enseñanza –aprendizaje que busca la construcción de conocimientos y el desarrollo de habilidades y actitudes, a través de la resolución de problemas trabajando en pequeños grupos de estudiantes bajo la tutoría de un docente con rol de investigador. El ABP, se fundamenta en la teoría constructivista y se basa en tres principios básicos: el conflicto cognitivo al enfrentar una nueva situación estimula el aprendizaje; el entendimiento de una situación de la realidad surge de las interacciones con el medio ambiente y el conocimiento se desarrolla mediante el reconocimiento y aceptación de los procesos sociales y de la evaluación de las diferentes interpretaciones individuales del mismo fenómeno (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey [ITESM], 2004).

La enseñanza basada en la resolución de situaciones problémicas, según Ilienkov (como se citó en García, 2003), es un sistema de procedimientos y métodos basado en la modificación del tipo de actividad a la cual se enfrenta el alumno, para producir la activación de su pensamiento y en los principios de búsqueda científica, explicación cognoscitiva y creación intelectual como regularidades psicológicas del proceso pensante del hombre y dirigidos a desarrollar en los individuos el pensamiento creador, la independencia cognoscitiva y la capacidad de asimilar los sistemas de conocimientos y métodos propios de las disciplinas científicas, facultándolos para resolver creativamente los problemas sociales y productivos, proponer nuevos sistemas de conocimiento y por ende, nuevos modos de acción.

En la enseñanza tradicional, la resolución de problemas es una acción didáctica muy empleada, en la cual se pueden destacar entre otras las siguientes características: los problemas buscan la aplicación de los contenidos expuestos por el docente, los problemas son de bajo nivel de exigencia y de carácter numérico o cuantitativo; los docentes enseñan a los estudiantes a resolver problemas de manera mecánica sin mediar explicación alguna; los problemas son artificiales y cerrados con los datos necesarios para resolverlos “que reflejan una realidad descafeinada, limpia de impurezas” (García, 2003, p. 73). Además, muy poco se utilizan problemas abiertos o de carácter cualitativo, muchos de ellos son en realidad simples ejercicios de repetición; en estos problemas descontextualizados no se establecen relaciones claras entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Son problemas que propician el operativismo y el uso de algoritmos; no enfatizan el desarrollo conceptual, ni el pensamiento crítico, ni el análisis de resultados; no estimulan el trabajo de investigación colectiva ni tampoco el desarrollo procedimental y actitudinal positivo hacia el conocimiento de las ciencias.

La resolución de situaciones problemáticas es fundamental para el aprendizaje de los principales contenidos conceptuales como son los modelos de enlace químico; posibilita el desarrollo de procedimientos cognitivos y manipulativos; como también promueve valores éticos, normas y actitudes positivas hacia el conocimiento de la Química y sus implicaciones tecnológicas, sociales, económicas y políticas.

La resolución de problemas es una actividad investigativa, interesante y creativa para los estudiantes y un eficaz instrumento de aprendizaje (Daniel Gil, 1991). Perales, et al. (2000) plantean que la resolución de un verdadero problema conlleva la convergencia de las tres dimensiones básicas del conocimiento: conceptual, procedimental y actitudinal.

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es una estrategia de enseñanza, una experiencia pedagógica (práctica) organizada para investigar y resolver problemas que se presentan enredados en el mundo real. El ABP crea un ambiente de aprendizaje en el que los docentes alientan a los estudiantes a pensar y los guían en su indagación, lo

cual les permite alcanzar niveles más profundos de comprensión (ITESM, Monterrey, 2004). Según Escribano y Del Valle (2015), el ABP representa ganancias significativas en otras dimensiones del aprendizaje como son la motivación para aprender, las habilidades para la comunicación o, efectivamente, para aprender a trabajar con otras personas en un ambiente de trabajo cooperativo que es gestionado por el profesor.

Según Rivas y Saiz (2012), el pensamiento crítico puede mejorar si va acompañado de algunas estrategias metodológicas como el aprendizaje basado en problemas (ABP). Estos investigadores desarrollaron un programa de enseñar/aprender a pensar, al que incorporaron el ABP y lo aplicaron a un grupo de estudiantes universitarios, obteniendo resultados muy satisfactorios en el rendimiento académico y en el progreso de diferentes habilidades o dimensiones de pensamiento crítico de estos estudiantes.

La resolución de situaciones problemáticas de Química está enmarcada dentro de los postulados del ABP, que son muy distantes de las características de los tradicionales problemas de “lápiz y papel”, donde los estudiantes pueden llegar mecánicamente a resolver correctamente, sin aprender significativamente Física, Química o Matemáticas, como lo reconocen Gil, Gilbert y otros. Por el contrario, una situación problemática invita al estudiante a construir conocimiento explicativo, en lugar de conocimiento declarativo. Para Paredes et al. (2000) la vida real es fuente de continuas situaciones problemáticas.

2.2.4. Situación problemática de Química

Una situación problemática, es un conjunto de problemas interrelacionados (Alvear, 2011). De igual forma, se entiende como una situación novedosa y contextualizada que puede ser real o hipotética, que genera preguntas y la necesidad de construir respuestas. Su resolución involucra procesos de reflexión cualitativa, investigación, diseño de estrategias, discusión y análisis de resultados, construcción de nuevas relaciones, modelos mentales, esquemas y nuevas explicaciones. Su resolución estimula la

construcción significativa de conceptos, el desarrollo actitudinal positivo y la creatividad en los estudiantes (García, 2003).

En las Situaciones Problemáticas de Química: el Título, le imprime un carácter lúdico y genera conflicto cognitivo. El Contexto, relaciona conceptos físico-químicos con costumbres, sabiduría popular, aspectos tecnológicos, inventos científicos y hechos mágicos o de ficción; aspectos literarios, histórico-epistemológicos, sociales o deportivos. La Pregunta Central, ayuda a entender el problema y focaliza su resolución; da indicios sobre los conceptos, hechos, teorías o modelos implicados y sobre la metodología a utilizar. Las Preguntas o Actividades Orientadoras, guían la solución del problema y desarrollan habilidades cognitivas relacionadas con los niveles de pensamiento crítico y las competencias específicas de las Ciencias Naturales (Alvear, 2011).

a) Fases y métodos en la resolución de situaciones problemáticas

Antes de iniciar los procesos de resolución de un problema, el docente realiza la presentación de la temática de manera contextualizada para motivar y generar interés cognoscitivo en los estudiantes. En esta propuesta didáctica, el proceso de resolución de una situación problemática involucra las siguientes fases:

- **Primera fase.** En pequeños grupos, los estudiantes realizan una lectura comprensiva y discusión del problema; luego en la puesta en común comparten, discuten y complementan sus ideas; el docente modera las intervenciones y hace aportes mínimos para reorientar el trabajo.
- **Segunda fase.** Se resuelve inicialmente las preguntas o actividades orientadoras y finalmente la pregunta central. Según las características del problema, se emplea uno de los siguientes métodos:

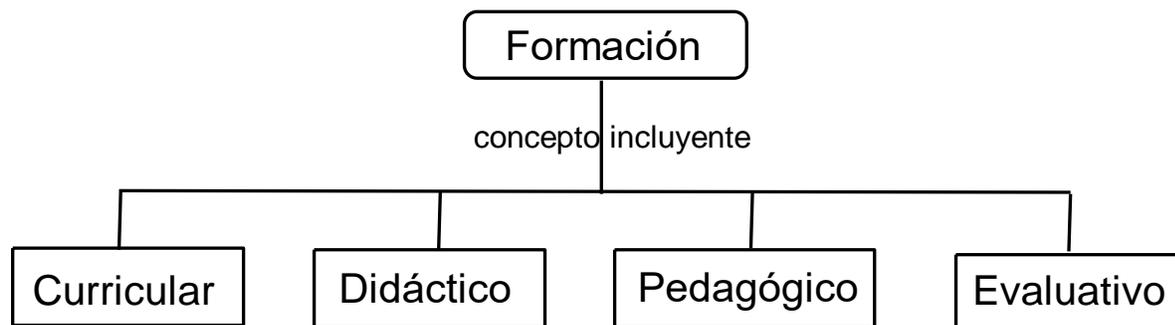
1. “Combinación de la exposición con la conversación heurística”: el docente intenta resolver la mayor parte de las preguntas del problema a partir de las respuestas de los estudiantes, con base en sus conocimientos previos. 2. En su mayor parte, se emplea una “Metodología de búsqueda parcial”: los estudiantes trabajando en equipo, inicialmente dentro y luego fuera del aula, discuten y diseñan estrategias de resolución; investigan y plantean respuestas a las preguntas que finalmente son reelaboradas con la orientación del profesor. 3. “Método investigativo”: la resolución de la Situación Problémica se hace de manera autónoma como una actividad extra clase (García, 2003, pp. 232-233).

- **Tercera fase.** Una vez revisados los informes presentados por los estudiantes, el docente retroalimenta los procesos, clarifica conceptos, destaca fortalezas, logros y aspectos a superar. Finalmente, los grupos con mayores dificultades reelaboran sus trabajos y se procede a su valoración.

2.2.5. Formación, un concepto incluyente

Esta propuesta investigativa tiene un carácter formativo, que en palabras de Vasco (1990) hace referencia a las prácticas, reflexionadas o no, que pretenden configurar las nuevas generaciones para la supervivencia y la convivencia en el sistema social dado. La formación se refiere a todas aquellas actividades teóricas o prácticas institucionalizadas frente a las cuales la cultura humana ha construido un discurso, el de la pedagogía (Loaiza et al., 2016). Para López (2020) el concepto de formación incluye: lo curricular, didáctico, pedagógico y evaluativo (Figura 12). Estos aspectos se describen brevemente a continuación:

Figura 12. Formación, un concepto incluyente



Fuente: N. López (comunicación personal, 2020)

- **Lo curricular**

Lo curricular, según Bernstein (1999), es entendido como el proceso mediante el cual se selecciona, organiza y distribuye el conocimiento que se considera válido para alcanzar el propósito de formación. En este sentido, con un carácter formativo, en esta investigación se diseñó y desarrolló una propuesta alternativa de contenidos curriculares conceptuales, procedimentales y actitudinales sobre enlace químico para educación media. En esta propuesta curricular alternativa, la secuenciación y organización de los modelos explicativos de enlace químico es la siguiente: metálico, iónico, covalente reticular, covalente molecular y atracciones intermoleculares (fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno, dipolo -dipolo, ión-dipolo) con un enfoque electrostático de orden general (Taber, 2001; Chamizo et al., 2006).

El concepto de enlace químico es crucial dentro de la química (Solbes y Vilches, 1991). Es estructurante (Gagliardi y Giordan, 1986). Es el “más valioso de la química” (Pauling, 1992). Pero a la vez muy complejo de describir y explicar. La comprensión de los modelos de enlace químico es imprescindible para una adecuada explicación e interpretación de la estructura de la materia, propiedades macroscópicas, el cambio químico, la geometría molecular, entre otras temáticas, que hacen parte del currículo de Química en la educación media. El abordaje de esta temática es formativo porque, además, desarrolla habilidades de pensamiento crítico y les permite a los estudiantes

tener la capacidad de actuar e interactuar en un contexto material y social, es decir construir competencias (MEN, 2004).

El diseño y desarrollo del currículo se asume como un proceso eminentemente investigativo (López, 2013). Esta propuesta curricular alternativa sobre modelos explicativos de enlace químico tiene en cuenta las investigaciones de Taber (2001), sobre la secuenciación de los modelos explicativos. Y el enfoque basado en principios explicativos de orden electrostático, expuesto por los investigadores Chamizo et al. (2006).

Dado el carácter formativo, esta propuesta alternativa, se aleja de las concepciones tradicionales, donde la formación se reduce a un “proceso de transmisión de únicamente conceptos, de manera aislada, segmentada y descontextualizada (López, 2013). Esta propuesta curricular alternativa además de lo conceptual articula contenidos manipulativos como son destrezas o habilidades manuales y contenidos cognitivos, que hacen énfasis en habilidades investigativas y comunicativas. De manera holística se incluye valores éticos y actitudes hacia el aprendizaje del enlace químico y hacia las implicaciones sociales de estos conocimientos (Gómez y Pozo, 2000). Los contenidos conceptuales se organizan en forma de frases interrelacionadas y no como las tradicionales listas de términos, tomando como referencia la propuesta de tramas conceptuales (García et al., 2003).

Para la construcción y adquisición de los conocimientos, habilidades y actitudes esta propuesta curricular alternativa plantea la realización de actividades investigativas, a través de la resolución de situaciones problemáticas creativas y contextualizadas (Gil et al., 1991). De esta manera el currículo adquiere un carácter práctico, donde las concepciones o ideas científicas de los modelos explicativos de enlace químico, se relacionan con la realidad macroscópica que el estudiante observa en su cotidianidad. Así como lo plantean Saavedra y Saavedra (2013) se enseña y se aprende a través de lo real, no a partir de preceptos obsoletos o realidades de otro tiempo.

- **Lo didáctico**

Tanto lo curricular como lo didáctico se concibe como un proceso investigativo y formativo. De acuerdo con Saavedra y Saavedra (2013) la didáctica tiene como finalidad construir conocimiento formativo. Para Loaiza et al. (2016) en la actualidad la didáctica de las ciencias orienta su objeto de estudio hacia la formación de pensamiento crítico en dominios específicos del conocimiento, este caso los modelos de enlace químico.

La enseñanza y aprendizaje por investigación, se constituye en una de las nueve líneas de investigación de una disciplina emergente: la didáctica de la Química. En este contexto, la estrategia didáctica fundamentada en la resolución de problemas pretende abordar la enseñanza y aprendizaje de un conjunto de contenidos curriculares específicos (Carriazo y Saavedra, 2004).

Según García (2003), el enfoque de ambientalización del currículo le permite al docente llevar al aula situaciones problemáticas contextualizadas y muy relacionadas con la rutina diaria de los estudiantes. La utilización didáctica de la resolución de situaciones problemáticas por parte del docente le posibilita al estudiante enfrentarse a problemas abiertos desarrollando su creatividad, el mejoramiento del nivel conceptual, la formación de pensamiento crítico y fortaleciendo su autoestima.

La estrategia didáctica basada en la resolución de situaciones problemáticas sobre modelos explicativos de enlace químico es una propuesta de carácter formativo porque, por una parte, se pretende que los estudiantes mejoren la comprensión de la naturaleza electrostática de los modelos de enlace químico y de su utilidad en la explicación de las propiedades macroscópicas y comportamiento de las sustancias que hacen parte de su cotidianidad. A partir de modelos científicos del enlace químico, el estudiante puede construir conocimiento formativo que además de comprensible es aplicable y como lo plantean Stenhouse, Carr y Kemmis (como se citó en Saavedra y Saavedra, 2013) le posibilitará al estudiante transformar su realidad social.

Por otra parte, se busca propiciar en los estudiantes el desarrollo de algunas habilidades cognitivas. Así, el propósito de esta estrategia didáctica no reside únicamente en la enseñanza conceptual de los modelos de enlace metálico, iónico, covalentes y fuerzas de atracción intermoleculares. Desde una perspectiva formativa, en la actualidad lo didáctico apunta también al desarrollo de algunas habilidades de pensamiento crítico, que les permita a los estudiantes contribuir con posibles soluciones a problemas cotidianos (Loaiza et al., 2016), en los cuales se vea implicado el conocimiento sobre los modelos de enlace químico. Además, que esta estrategia pedagógica y didáctica les posibilite a los estudiantes alcanzar un buen desempeño en las pruebas Saber y pruebas internas, para continuar estudios universitarios en la disciplina que su proyecto de vida les dirija.

- **Lo pedagógico**

Esta propuesta pedagógica se ubica dentro de la línea de investigación: Educación y Pedagogías Críticas y Didácticas Alternativas, de la Maestría en Educación de la Universidad Surcolombiana. Bajo esta directriz, la pedagogía se asume como un proceso de interacción intencionado, que abre las posibilidades de investigación sobre las problemáticas inherentes a la concepción, mediación, la acción y la reacción de la pedagogía y la didáctica como acciones caracterizadas por su esencia alternativa y crítica.

La pedagogía toma como objeto de estudio la formación de las personas y de sociedades. La pedagogía como una práctica discursiva, tiene como finalidad construir y evidenciar los principios individuales y sociales que orientan la formación (Loaiza et al., 2016). Por otra parte, Díaz (2019) asume la pedagogía como un dispositivo de saber y poder. Según este autor la pedagogía debe integrar docencia-investigación-formación, generando una posición crítica frente a las políticas estatales y transnacionales, como dispositivo o mecanismo para producir acciones de transformación de la cultura institucional vigente. En este contexto, las actividades propuestas en las diferentes

situaciones problemáticas sobre modelos explicativos de enlace químico, además de contribuir al aprendizaje de estos conceptos y la formación de pensamiento crítico, involucran otros procesos formativos a nivel individual y colectivo.

En consonancia con el objeto de estudio de la pedagogía, las situaciones problemáticas sobre enlace químico abarcan las diversas dimensiones del desarrollo humano, al incluir en ellas aspectos de índole política, social, literaria, deportiva, afectiva, cultural, ambiental y biológica, entre otras (Loaiza et al., 2016). El trabajo en equipo y las plenarios en el proceso de resolución de las situaciones problemáticas, permiten la reflexión crítica, interiorización de valores éticos y la construcción de principios ciudadanos para la convivencia pacífica de los estudiantes dentro y fuera del aula. Asimismo, el desarrollo de esta propuesta pedagógica y didáctica le implica al profesor un replanteamiento de las estrategias pedagógicas, asumiendo un rol formativo de docente - investigador (López, 2013).

- **Lo evaluativo**

La evaluación de los aprendizajes tiene fundamentalmente dos finalidades: una de carácter pedagógico o reguladora y otra de carácter social. La de carácter social o evaluación sumativa, está orientada a calificar y certificar el nivel de unos conocimientos específicos en las áreas o asignaturas para efectos de promoción. Esta evaluación es la que predomina en las instituciones educativas. La de carácter pedagógico o reguladora, llamada evaluación formativa, está orientada a ayudar a los estudiantes en su propio proceso de construcción del conocimiento. Su finalidad es la de «regular» los procesos de enseñanza y aprendizaje (Sanmartí, 2007). Este tipo evaluación es poco frecuente en las instituciones educativas.

En esta propuesta investigativa, en el aspecto evaluativo, se transita hacia la evaluación formativa sin desconocer la necesidad de la evaluación sumativa. La evaluación se puede concebir como un método de enseñanza que posibilita el aprendizaje (Dueñas,

2004). Según Escobedo y Figueredo (1998), la evaluación formativa es consustancial con cualquier actividad científica y debe formar parte de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales.

En el proceso de enseñanza de los modelos explicativos de enlace químico, se propone una aproximación a la evaluación formativa. En este proceso investigativo, la evaluación formativa, además de la retroalimentación, se caracteriza por ser diagnóstica, integral, y permanente. A continuación, se describe brevemente las estrategias evaluativas formativas en el contexto de la resolución de situaciones problemáticas sobre el enlace químico.

Aplicación individual de una prueba pretest con preguntas abiertas. A nivel grupal, como actividad inicial, o pre, se efectuará la resolución de situaciones problemáticas sobre modelos explicativos de enlace químico y sobre algunas habilidades de pensamiento crítico. Esta evaluación diagnóstica permitirá recoger información sobre las preconcepciones que tienen los estudiantes sobre: los modelos explicativos del enlace químico, el enfoque electrostático del mismo, las propiedades macroscópicas de las sustancias y su relación o aplicación con situaciones de la vida cotidiana y, sobre algunas habilidades de pensamiento crítico.

La evaluación durante el proceso de resolución de las situaciones problemáticas será permanente. Los estudiantes, en pequeños grupos, presentarán un informe escrito de cada una de las situaciones problemáticas seleccionadas sobre los modelos de enlace: metálico, iónico, covalente reticular, covalente molecular y atracciones intermoleculares. Durante este proceso resolutivo, los estudiantes realizarán discusiones al interior de los grupos y participarán en las puestas en común o plenarios.

La retroalimentación será una actividad permanente e inmediata no sólo por parte del docente, como puede suceder en la evaluación tradicional, sino también por los estudiantes de otros equipos. Esto permitirá valorar los logros y aciertos alcanzados; dar

orientaciones para superar algunos obstáculos, dudas y dificultades presentadas, ya que es el propio estudiante quien puede y debe corregir sus errores (Sanmartí, 2007). Una vez revisados los informes presentados por los estudiantes; el docente retroalimenta los procesos, clarifica conceptos, formula nuevas preguntas, destaca fortalezas, logros y aspectos a superar. Como lo plantean Saavedra y Saavedra (2013), el estudiante aprende por medio de la retroalimentación que se genera en el diálogo argumentado y crítico con su profesor y con sus compañeros. Finalmente, los grupos en los cuales persisten dificultades reelaboran sus trabajos.

Por su carácter integral y formativo, en la evaluación final de los estudiantes se tiene en cuenta aspectos relevantes en el aprendizaje de las ciencias como: desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, de destrezas comunicativas y procedimentales, el desarrollo actitudinal positivo, la comprensión, la argumentación y la elaboración de conceptos, el trabajo en equipo, el esfuerzo, la persistencia, la participación y desempeño en las plenarios, la creatividad y la autoevaluación (MEN, 1998).

La última fase, en este proceso evaluativo con carácter formativo y sumativo, contempla una prueba final. Se aplicará de manera individual un post-test, con las mismas preguntas abiertas del pretest. Se efectuará nuevamente como actividad post, la resolución de las cuatro situaciones problemáticas aplicadas como actividades iniciales o pre; esto permitirá reconocer qué han aprendido los estudiantes sobre los modelos explicativos del enlace químico con un enfoque electrostático, las propiedades macroscópicas de las sustancias y su relación o aplicación con situaciones de la vida cotidiana y valorar el desarrollo de algunas habilidades de pensamiento crítico.

Además, la evaluación formativa final como lo manifiesta Sanmartí (2007) les permitirá a los estudiantes tomar conciencia de las diferencias entre el punto de partida y el final en este proceso de aprendizaje, a través de una estrategia pedagógica y didáctica basada en la resolución de situaciones problemáticas creativas y contextualizadas. Finalmente,

se realizarán entrevistas a siete estudiantes escogidos al azar, siempre y cuando no tuvieran inconvenientes en participar.

Cabe anotar que debido a la pandemia del COVID-19, las entrevistas se efectuaron a través de una videollamada utilizando la plataforma Meet. En este importante diálogo entre el docente investigador y cada uno de los estudiantes seleccionados, se formularon las mismas preguntas de un cuestionario elaborado previamente.

2.3. Antecedentes investigativos

A continuación, se esbozan los resultados de algunas investigaciones relacionadas con la enseñanza del enlace químico, la resolución de problemas y pensamiento crítico, realizadas con estudiantes de educación básica y media a nivel internacional, nacional y regional.

En Albacete España, González (2017) construyó e implementó una propuesta didáctica plurimetodológica para introducir el enlace químico, en tercer Curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y primero de Bachillerato. En esta propuesta didáctica se tiene en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes y se parte de lo macroscópico con situaciones problemáticas cotidianas, haciendo énfasis en la naturaleza electrostática de todos los tipos de enlace, incluidas las fuerzas intermoleculares, minimizando el uso de la regla del octeto. El orden empleado para la enseñanza de los modelos de enlaces químicos es: iónico, metálico y covalente. La secuencia didáctica plurimetodológica propicia la participación activa de los estudiantes y el aprendizaje cooperativo, en la que la introducción de conceptos por parte del profesor y la metodología ECBI (Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación) desempeña un papel fundamental. Su autora afirma que con un 99,5 % de confianza la propuesta plurimetodológica empleada resulta más eficaz para la enseñanza del enlace químico que la enseñanza tradicional.

En Alcoy España, Olmos (2010) utilizó una metodología basada en el trabajo cooperativo en la enseñanza-aprendizaje del enlace químico, en el tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y segundo curso de bachillerato. En esta propuesta se parte de problemas abiertos relacionados con situaciones de la vida cotidiana, para salvar la barrera que supone la abstracción de la temática del enlace químico. La utilización del trabajo cooperativo en lugar de la transmisión directa de conceptos por parte del profesor les permitió a los estudiantes mejorar el proceso de aprendizaje del enlace químico

En ciudad de México, Ávila et al. (2014) indican que mediante el aprendizaje basado en Problemas de Química, se pueden potenciar habilidades como el aprendizaje significativo, la búsqueda de información; la integración, aplicación y generación de nuevos conocimientos; el razonamiento lógico; el autoaprendizaje, la argumentación y el trabajo en equipo.

En Medellín Colombia, García (2003) manifiesta que la resolución de situaciones problemáticas bajo un enfoque de ambientalización del currículo generó en estudiantes de educación media desarrollos positivos y significativos en la capacidad creativa, en la independencia cognoscitiva, en la asimilación conceptual como capacidad de transferencia y en las actitudes hacia las ciencias.

En Manizales Colombia, Loaiza et al. (2016) en estudiantes de los grados cuarto y quinto de primaria, observaron el tránsito hacia unos niveles más elaborados de resolución de problemas. Con las intervenciones en el aula centradas en el ABP, se desarrollan facultades en los estudiantes como la independencia cognoscitiva y actitudes que muestran el comportamiento de los niños hacia los objetos sociales, el conocimiento de las ciencias y la resolución de problemas.

En Jamundí Colombia, Micolta (2017) concluye que el diseño e implementación de la secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje del enlace químico en estudiantes

de grado décimo, a través de actividades prácticas relacionadas con los tipos de enlaces químicos y las fuerzas intermoleculares, ayudó a la movilización de saberes que contribuyeron a fomentar la explicación del fenómeno de los enlaces iónicos y covalentes con base en la regla del octeto: pero no sucedió lo mismo cuando se trata de fenómenos que involucran fuerzas intermoleculares.

En Manizales Colombia, Morales (2018) diseñó e implementó una unidad didáctica para contribuir a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de grado octavo, en la que se involucró recursos TIC, como: simulaciones, laboratorios, videos, juegos interactivos, modelación de estructuras y prácticas de actividades lúdicas. Este autor argumenta que, se generó una gran motivación en los estudiantes, dando mejores resultados en el trabajo en el aula de clase, un mayor nivel de desempeño y un mayor compromiso con la realización de las diferentes actividades.

En Padua Colombia, Ordoñez (2016) elaboró una unidad didáctica para mejorar el proceso enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico en estudiantes del grado décimo, partiendo de las ideas previas, los obstáculos epistemológicos y modelos explicativos de los estudiantes antes de orientar el tema, y la planificación, secuenciación y los criterios de selección de actividades según lo propuesto por Jorba y Sanmartí (1994). Al analizar los resultados obtenidos de la aplicación se observa de manera general cierto avance en la concepción del concepto enlace químico en los estudiantes.

En Bogotá D.C. Colombia, Torres y Beltrán (2011) con base en el modelo de Halpern (2006), diseñaron y aplicaron un programa de intervención cognitiva a través de la enseñanza de la Química Orgánica, en estudiantes de educación media con edades entre los 16 y 17 años. Este modelo considera las siguientes habilidades cognitivas: comprobación de hipótesis, razonamiento verbal, análisis de argumentos, probabilidad e incertidumbre, toma de decisiones y solución de problemas. El programa de intervención cognitiva aportó elementos básicos para comprender conceptos disciplinares y

desarrollar habilidades de pensamiento crítico en estudiantes de educación media, al permitirles articular los conceptos de esta disciplina con la solución consciente, reflexiva, crítica y responsable de situaciones problema de la vida cotidiana.

En Neiva Colombia, Narváez (2011) plantea la aplicación del modelado molecular como una alternativa didáctica en la búsqueda de aprendizaje significativo de conceptos inherentes a la temática del enlace químico, con estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad Surcolombiana. Producto de la aplicación de la estrategia didáctica de construcción espacial molecular con el sistema de esferas de casquetes perforados, se evidenció en los estudiantes un avance significativo en el manejo conceptual de la temática del enlace químico.

En Itagüí Colombia, Delgado (2017) formuló un proyecto de aula sobre la enseñanza del enlace químico y su relación con las propiedades físicas de la materia, mediante la aplicación de software educativo con estudiantes de grado décimo. Esta metodología, que incluyó guías didácticas introductorias al tema basadas en simulaciones interactivas y animaciones, contribuyó a que los estudiantes mejoraran su comprensión y apropiación de los conceptos al identificar la naturaleza del enlace químico y los tipos de fuerzas intermoleculares presentes en diferentes compuestos, y cómo éstas afectan propiedades físicas como la solubilidad, puntos de fusión y ebullición de sustancias puras y mezclas.

En Santiago de Cali Colombia, García y Posso (2017) implementaron situaciones didácticas en la enseñanza del enlace químico con estudiantes de grado noveno. Con esta propuesta se alcanzó una mayor efectividad en el aprendizaje del enlace químico y su modelización; más autonomía y mayor participación por parte de los estudiantes.

2.4. Marco legal del enlace químico en educación media

A continuación, se describe los aspectos más importantes de la fundamentación legal y conceptual sobre la temática de enlace químico planteados en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, Lineamientos Curriculares del Área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental y en el contexto de la evaluación de Química en la Prueba Saber -11°. Por último, se presenta una propuesta curricular alternativa sobre los modelos explicativos de enlace químico metálico, iónico, covalente reticular, covalente molecular y atracciones intermoleculares con un enfoque electrostático de orden general (Taber, 2001; Chamizo et al., 2006).

2.4.1. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales

El MEN (2004), en la serie guías N° 7, estableció los Estándares Básicos de Competencias (EBC) en Ciencias Naturales. Para los grados décimo a undécimo, se plantean tres estándares desglosados en acciones de pensamiento y producción concretas, que se conectan con los conocimientos propios de las Ciencias Naturales dentro de los procesos: biológicos, químicos y físicos; además del eje ciencia, tecnología y sociedad.

El estándar "Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico", es la directriz de los procesos químicos. El enunciado "Explico la relación entre la estructura de los átomos y los enlaces que realiza", es la principal acción de pensamiento y de producción concreta, que los estudiantes deben realizar sobre los modelos explicativos de enlace químico (MEN, 2004). De esta manera, se justifica la inclusión en la asignatura de Química de la educación media la propuesta alternativa de contenidos curriculares sobre enlace químico, con un enfoque electrostático de orden general (Taber, 2001; Chamizo et al., 2006).

Además, para los grados sexto a séptimo y octavo a noveno, de educación básica secundaria, dos de los estándares propuestos involucran aspectos relacionados con los modelos explicativos de enlace químico. A continuación, en las tablas 8, 9 y 10 se presentan los estándares y las acciones de pensamiento y de producción concretas relacionadas con los modelos explicativos de enlace químico.

Tabla 8. EBC en Ciencias Naturales grado décimo a undécimo

| Estándar | Acciones de pensamiento relacionadas con enlace químico |
|--|---|
| Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico. | <ul style="list-style-type: none"> • Explico la estructura de los átomos a partir de diferentes teorías. • Explico la relación entre la estructura de los átomos y los enlaces que realiza. • Identifico cambios químicos en la vida cotidiana y en el ambiente. • Explico los cambios químicos desde diferentes modelos. • Relaciono la estructura del carbono con la formación de moléculas orgánicas. • Relaciono grupos funcionales con las propiedades físicas y químicas de las sustancias. • Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano. • Explico la obtención de energía nuclear a partir de la alteración de la estructura del átomo. • Explico cambios químicos en la cocina, la industria y el ambiente (Eje de ciencia, tecnología y sociedad). |
| Identifico aplicaciones de diferentes modelos biológicos, químicos y físicos en procesos industriales y en el desarrollo tecnológico; analizo críticamente las implicaciones de sus usos. | <ul style="list-style-type: none"> • Explico la relación entre el ADN, el ambiente y la diversidad de los seres vivos. • Explico el funcionamiento de neuronas a partir de modelos químicos y eléctricos. |
| Explico las fuerzas entre objetos como interacciones debidas a la carga eléctrica y a la masa. | <ul style="list-style-type: none"> • Establezco relaciones entre las fuerzas macroscópicas y fuerzas electrostáticas. |

Fuente: MEN. Serie Guías N° 7, 1994 (p. 38)

Tabla 9. EBC en Ciencias Naturales grado octavo a noveno

| Estándar | Acciones de pensamiento relacionadas con enlace químico |
|---|---|
| Explico condiciones de cambio y conservación en | Entorno físico: |

| | |
|---|---|
| diversos sistemas teniendo en cuenta transferencia y transporte de energía y su interacción con la materia. | <ul style="list-style-type: none"> • Comparo sólidos, líquidos y gases teniendo en cuenta el movimiento de sus moléculas y las fuerzas electroestáticas. • Verifico las diferencias entre cambios químicos y mezclas. • Establezco relaciones cuantitativas entre los componentes de una solución. • Comparo los modelos que sustentan la definición ácido-base. • Establezco relaciones entre las variables de estado en un sistema termodinámico para predecir cambios físicos y químicos y las expreso matemáticamente. • Comparo los modelos que explican el comportamiento de gases ideales y reales. <p>Entorno vivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconozco la importancia del modelo de la doble hélice para la explicación del almacenamiento y transmisión del material hereditario. • Establezco relaciones entre los genes, las proteínas y las funciones celulares. |
|---|---|

Fuente: MEN. Serie Guías N° 7, 1994 (p. 36)

Tabla 10. EBC en Ciencias Naturales grado sexto a séptimo

| Estándar | Acciones de pensamiento relacionadas con enlace químico |
|--|--|
| Establezco relaciones entre las características macroscópicas y microscópicas de la materia y las propiedades físicas y químicas de las sustancias que la constituyen. | <p>Entorno físico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verifico la acción de fuerzas electrostáticas y magnéticas y explico su relación con la carga eléctrica. • Describo el desarrollo de modelos que explican la estructura de la materia. • Explico y utilizo la tabla periódica como herramienta para predecir procesos químicos. • Explico la formación de moléculas y los estados de la materia a partir de fuerzas electrostáticas. <p>Entorno vivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explico la estructura de la célula y las funciones básicas de sus componentes. • Verifico y explico los procesos de ósmosis y difusión. |

Fuente: MEN. Serie Guías N° 7, 1994 (p. 34)

2.4.2. Lineamientos Curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental

En los Lineamientos Curriculares del Área de Ciencias Naturales expedidos por el Ministerio de Educación Nacional en Julio de 1998, se establecen los contenidos curriculares básicos de Química para los grados décimo y undécimo, en torno a cuatro ejes: estructura atómica y propiedades de la materia, explicaciones acerca de las

propiedades de la materia, cambios químicos, la tierra y su atmósfera (Escobedo y Figueredo, 1998). En la tabla 11, se relacionan los Conocimientos de procesos químicos de los grados décimo y undécimo, propuestos en los Lineamientos Curriculares del Área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

Tabla 11. Conocimientos básicos de procesos químicos, grados décimo y undécimo.

| Conocimientos de Procesos químicos | Contenidos curriculares básicos |
|--|--|
| Estructura atómica y propiedades de la materia | <ul style="list-style-type: none"> • La tabla periódica de los elementos: un modelo científico. • La tabla y los modelos atómicos. • La tabla, los modelos atómicos y la predicción de resultados en las reacciones químicas. • Nomenclatura química. • Oxidación-Reducción. • Moléculas biológicamente importantes: carbohidratos, proteínas, lípidos. Ácidos nucleicos |
| Explicaciones acerca de las propiedades de la materia. | <ul style="list-style-type: none"> • Notación y propiedades químicas de la materia. • La notación química, los modelos atómicos, las reacciones y las ecuaciones químicas. • Sustancias psicoactivas (alcaloides, neurolépticos...). • Explicar en términos de la estructura de la materia las propiedades de los compuestos y la forma de hacerlos y deshacerlos. |
| Cambios químicos | <ul style="list-style-type: none"> • Óxido-reducción. • Predicciones cualitativas y cuantitativas de las reacciones químicas desde los modelos atómicos y la notación química. • Las reacciones químicas como respaldo empírico de los modelos atómicos. |
| La tierra y su atmósfera | <ul style="list-style-type: none"> • La formación de rocas como proceso fisicoquímico. • Influencia del pH en la agricultura. • La evolución de la atmósfera como proceso fisicoquímico y biológico. • La evolución del planeta y el intercambio de energía entre el planeta con su atmósfera y con el espacio exterior. |

Fuente: MEN, 1998 (p. 140)

Según sus autores, el listado de contenidos básicos es una propuesta que no excluye la posibilidad de incluir otros o sustituir algunos de acuerdo con el Proyecto Educativo Institucional (PEI). Si bien en la anterior lista de contenidos no se menciona directamente el enlace químico, este es un concepto estructurante (Gagliardi y Giordan, 1986) que es crucial dentro de la Química (Solbes y Vilches, 1991) para la comprensión de los modelos sobre la estructura atómica (nivel microscópico) y su relación con las propiedades de las

sustancias (nivel macroscópico) (Johnstone, 2006). Además, el enlace químico es esencial para generar explicaciones sobre las propiedades macroscópicas de los diversos materiales porque las propiedades físicas y químicas de los compuestos dependen de su estructura molecular o reticular (Blutrow, 1861). Por otra parte, la comprensión del enlace químico evita que el estudio de los cambios químicos y de las reacciones químicas con sus mecanismos, se reduzca en un aprendizaje puramente memorístico (Allinger, 1984).

2.4.3. Contexto de la evaluación de Química en la Prueba Saber -11

La Prueba Saber 11° de Química diseñada por el ICFES gira en torno a dos ejes articuladores y diferenciadores: el sistema sustancias (elementos y compuestos) y el sistema mezclas. En cada uno de estos dos sistemas se tiene en cuenta su estado, sus interacciones y su dinámica. En la tabla 12 se relacionan las preguntas que permiten abordar el estudio de los sistemas materiales en un instante determinado (estado), las interacciones internas y externas del sistema en un instante determinado o cuando cambian las condiciones de interacción (interacciones) y los procesos en los que cambia el sistema (dinámica) (González et al., 2000; Cárdenas et al., 2007).

Tabla 12. Estado, interacciones y dinámica de los sistemas materiales

| Estado de un sistema | Interacciones | Dinámica del sistema |
|--|--|---|
| ¿Qué clase de entidades conforman los sistemas materiales? | ¿Cuáles son los tipos de relaciones que se dan entre las entidades que conforman los sistemas o entre éste y otros sistemas? | ¿Qué cambios pueden ocurrir en la estructura, composición y propiedades de los sistemas materiales cuando cambian las condiciones de interacción? |
| ¿Cuánto tienen estos materiales de cada tipo de entidad? | | ¿Cuáles son las condiciones termodinámicas en las que el sistema puede reaccionar y/o cambiar? |
| ¿Cuáles son las condiciones termodinámicas de un sistema? | | |

Fuente: González et al., 2000 (pp. 82-83-84-85)

En lo relacionado con los modelos explicativos de enlace químico, para dar respuesta a los interrogantes planteados en la tabla 12, es imprescindible partir de la naturaleza

discontinua o corpuscular del sistema material sustancia; dado que una sustancia es un tipo de material conformado por un sólo sistema multiatómico, multiiónico y/o multimolecular.

Las preguntas sobre el estado del sistema se refieren a la caracterización de los materiales como sustancias o como mezclas a través del estudio de su composición y estructura (Cárdenas et al., 2007). La caracterización del estado de un elemento químico involucra conceptos como átomo, elemento, periodicidad química, así como el análisis del estado termodinámico (sólido, líquido o gaseoso) y de las propiedades físicas y químicas (punto de fusión, punto de ebulición, etc.), y de aspectos fundamentales de la teoría cinética de los gases y del gas ideal. Por otra parte, la caracterización del estado de un compuesto implica los conceptos mol, masa molar, reactividad, fuerzas intermoleculares e intramoleculares, propiedades físicas y químicas, leyes de las proporciones múltiples y definidas, así como elementos básicos de la estequiometría (González et al., 1999 / 2007).

Las preguntas sobre las interacciones en los sistemas elemento y compuesto, comprenden los conceptos de enlace químico (interacciones intermoleculares y/o intramoleculares) y electronegatividad. Las preguntas sobre la dinámica del sistema sustancia, incluyen los conceptos de ruptura y formación de enlaces en una reacción química o de cambio físico cuando se forma una mezcla (González et al., 1999 / 2007).

En consecuencia, la comprensión de los sistemas elemento y compuesto químico desde la perspectiva de su estado, sus interacciones y su dinámica; implica una apropiación conceptual de los modelos de enlace químico y de fuerzas de atracción intermoleculares y su relación con las propiedades macroscópicas de los materiales. Lo anterior, repercutirá en el buen desempeño de los estudiantes en las pruebas Saber -11° para que les brinde la oportunidad de continuar su proceso formativo en la educación superior.

Los componentes conceptuales que conforman la estructura de la prueba de Química Saber -11°, son: aspectos analíticos y fisicoquímicos de sustancias y de mezclas; aspectos que se describen brevemente en la tabla 13.

Tabla 13. Los componentes conceptuales de la prueba de química Saber -11

| Componentes | Descripción |
|---|--|
| Aspectos Analíticos de Sustancias | Se refieren a: <ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis cualitativo de las sustancias, para determinar sus componentes y las propiedades características que permiten diferenciar las sustancias y 2. Análisis cuantitativo, para determinar la cantidad de los componentes de una sustancia. |
| Aspectos Fisicoquímicos de las Sustancias | Involucran conceptos relacionados con la composición, estructura y características de las sustancias desde: <ol style="list-style-type: none"> 1. La teoría atómico-molecular (discontinuidad) que permite explicar la relación átomos, iones o moléculas para formar compuestos. 2. Desde las condiciones termodinámicas, que más inciden en los cambios físicos y químicos de las sustancias. |
| Aspectos Analíticos de las Mezclas | Incluyen: <ol style="list-style-type: none"> 1. A nivel cualitativo, las características que permiten diferenciar una mezcla de otra e identificar los componentes de estas. 2. A nivel cuantitativo la proporción de los componentes de una mezcla. Estos aspectos involucran las propiedades físicas o mecánicas en las que se fundamenta el reconocimiento o separación de mezclas. |
| Aspectos Fisicoquímicos de las Mezclas | Involucran conceptos relacionados con la composición y propiedades de las mezclas desde: <ol style="list-style-type: none"> 1. El modelo atómico-molecular, o discontinuo de la materia, para explicar la constitución y la interacción de los átomos, iones o moléculas, para formar las mezclas. 2. Desde la termodinámica (interacción energética con el medio): las condiciones de presión, volumen, temperatura y número de partículas, en las que los materiales pueden conformar las mezclas. |

Fuente: Cárdenas et al., 2007 (pp. 272-273)

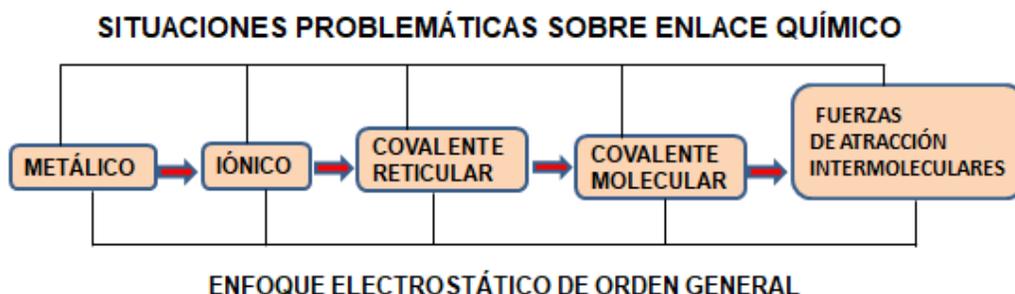
2.4.4. Propuesta alternativa de contenidos curriculares sobre enlace químico para educación media

Para la secuenciación de los contenidos curriculares se consideró la propuesta realizada por Taber (como se citó en González, 2017) a la cual se le incorporó las fuerzas de

atracción intermoleculares. Como lo plantea este mismo autor, se partirá de un enfoque basado en principios explicativos de orden electrostático, expuesto por los investigadores Chamizo et al. (2006).

La secuenciación de los modelos de enlace químico es la siguiente: metálico, iónico, covalente reticular, covalente con moléculas diatómicas y poliatómicas; las fuerzas de atracción intermolecular (fuerzas de van der Waals, puentes de hidrógeno, dipolo -dipolo, ión-dipolo) (Figura 13). Estas últimas, se explicitarán en el modelo de enlace químico que corresponda para explicar las propiedades físicas de las respectivas sustancias.

Figura 13. Secuenciación de los modelos de enlace químico.



Fuente: Elaboración propia

Además, esta secuenciación se realizó combinando el enfoque epistemológico con la lógica de la enseñanza de esta disciplina científica. Igualmente, se tuvo en cuenta las investigaciones sobre las dificultades presentadas por los estudiantes y la experiencia docente. Todo esto en el marco de la educación en ciencias y los lineamientos curriculares y estándares establecidos por el Ministerio de Educación Nacional.

Los didactas, Carrascosa et al. (1991) abogan por un currículo flexible, pero con profundidad, en el que el docente asuma el rol de organizar y dirigir actividades de investigación de los alumnos. Estos autores proponen partir de problemas creativos, donde la inclusión de aspectos procedimentales, históricos, tecnológicos y humanísticos facilite el aprendizaje y fomenten una actitud positiva hacia la ciencia.

Al respecto, estos investigadores sostienen que las programaciones curriculares de Química deben concretarse en una planificación de actividades y tareas, para trabajar en el aula los contenidos de aprendizaje seleccionados. Más aún como señalan Driver y Oldham (1986), quizás, la implicación más importante del modelo constructivista sea "concebir el currículo, no como un conjunto de conocimientos y habilidades, sino como el programa de actividades a través de las cuales dichos conocimientos y habilidades puedan ser construidos y adquiridos" (Carrascosa et al., 1990, p.18).

2.4.5. Clasificación de los contenidos curriculares de Química

De acuerdo con las metas y los objetivos en la enseñanza de las ciencias, los contenidos curriculares a enseñar deben ser: conceptuales (saber), procedimentales (saber hacer) y actitudinales (ser). Dichos contenidos tienen el objetivo de fomentar el aprendizaje de hechos, conceptos, principios, técnicas, estrategias, actitudes, normas y valores éticos. Además, según investigaciones realizadas por Pozo y Gómez (2000), estos tres tipos de contenidos se corresponden con las tres clases de dificultades de aprendizaje de la Química presentadas por los estudiantes.

En la tabla 15, se presentan de manera clara y bien diferenciada los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales sobre los modelos explicativos de enlace químico. Pero, desde el punto de vista didáctico, esta tríada de contenidos han de ser tratados de manera integrada, envolvente y transversal. Eso es así, porque cuando enseñamos conceptos fisicoquímicos, simultáneamente estamos enseñando procedimientos y generando en los estudiantes desarrollos actitudinales positivos hacia la química y sus implicaciones sociales.

- **Contenidos conceptuales**

Los contenidos conceptuales o verbales del currículo de ciencias incluyen los hechos, datos, conceptos, principios, teorías y modelos científicos (Pozo y Gómez, 2000). En la

actualidad emerge una tendencia de diseño de una ciencia escolar basada en los llamados conceptos estructurantes que impliquen a todos los demás, siendo la propuesta de tramas conceptuales una línea de investigación fructífera (García et al., 2003).

Las tramas conceptuales son un instrumento para organizar los contenidos que se van a trabajar en las unidades didácticas en forma de espiral. Estas tramas, son un conjunto de enunciados progresivos de un mismo concepto en forma de frases y no de simples términos. La organización de los conceptos responde a la lógica de una progresión epistemológica más que una estricta cronología. Las tramas conceptuales explicitan una red de relaciones, tanto verticales como horizontales, entre los conceptos constituyentes de un campo conceptual dado (García et al., 2003). En la tabla 15, los contenidos conceptuales se organizan en forma de frases interrelacionadas y no como las tradicionales listas de términos. Aquí se toma como referencia la propuesta de tramas conceptuales del grupo DIDAQUIM, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- **Contenidos procedimentales**

Los procedimientos se conciben como “un conjunto de acciones ordenadas, orientadas a la consecución de una meta”. Col y Valls (como se citó en Pozo y Gómez, 2000 p. 54). Los contenidos procedimentales también se pueden concebir como el conjunto de técnicas y estrategias para dar solución a situaciones problemáticas. El desarrollo de destrezas cognitivas y de razonamiento químico, de destrezas experimentales y de resolución de situaciones problemáticas, requiere que los contenidos procedimentales ocupen un lugar relevante para la enseñanza de la química.

Las técnicas, también llamadas destrezas, habilidades, hábitos; consisten en rutinas de acción automatizadas, como por ejemplo observar, clasificar, comparar, entre otras. En cambio, las estrategias, también denominadas planes o tácticas, son procesos mentales complejos que implican el uso deliberado y planificado de procedimientos para alcanzar una determinada meta. De esta manera, los procedimientos se diferencian del

conocimiento verbal o conceptual en que implican saber hacer algo, no solo decirlo o comprenderlo (Pozo y Gómez, 2000). Los contenidos procedimentales se clasifican en manipulativos y cognitivos.

Los procedimientos de tipo manipulativo se refieren a destrezas o habilidades manuales, como la realización de mediciones, el manejo de instrumental, reactivos y la realización de montajes de laboratorio. Además, construcción de aparatos, máquinas, maquetas, entre otras. Según Pozo y Postigo (como se citó en Pozo y Gómez, 2000,) los procedimientos de tipo cognitivo incluyen habilidades de investigación, de adquisición, interpretación, comprensión de información y habilidades de comunicación.

Entre las habilidades de investigación están: identificación de problemas, emisión y comprobar hipótesis. Diseño de experiencias de laboratorio. Identificación de relaciones entre variables. Construcción de diagramas de flujo y de tablas. Análisis de datos, gráficas y resultados. Elaboración de conclusiones.

Las habilidades de adquisición, interpretación y comprensión de información; requieren los siguientes procedimientos: selección, búsqueda de información en diversas fuentes, y estrategias de repaso. Decodificación de información y de generación de modelos para interpretar situaciones. Análisis y comparación de información, estrategias de razonamiento, realización de inferencias, resolución de problemas. Comprensión de material escrito o videos y establecimiento de relaciones conceptuales.

Dentro de las habilidades de comunicación, se destacan: capacidad para cuestionar y planteo de preguntas. Capacidad para escuchar y expresar puntos de vista de forma oral o escrita. Además, capacidad para interactuar en pequeños grupos, trabajo cooperativo y elaboración de informes de trabajos prácticos. En esta propuesta curricular alternativa, los contenidos procedimentales manipulativos y cognitivos, sobre el enlace químico, se relacionan en la tabla 8.

- **Contenidos actitudinales**

Además de promover valores éticos como responsabilidad, puntualidad, solidaridad, cooperación y tolerancia, el currículo debe fomentar en los estudiantes actitudes hacia la química en general y en particular hacia el aprendizaje del enlace químico y actitudes hacia las implicaciones sociales de esta área del conocimiento (Pozo y Gómez, 2000).

En las actitudes hacia la Química se debe promover: el interés por aprenderla, el gusto y el rigor y precisión en el trabajo; la curiosidad, creatividad y espíritu de investigación. Además, actitud crítica y reflexiva ante los problemas que plantea el desarrollo de la ciencia, la sensibilidad por el orden y limpieza del material de trabajo y respeto por el ambiente. Dentro de las actitudes hacia el aprendizaje de la Química, se debe fomentar: el aprendizaje con sentido y significado, la generación de un autoconcepto positivo y la capacidad para aprenderla. Así mismo se debe fomentar la aceptación o ejecución con agrado de las tareas o actividades y el rol activo, es decir, participación efectiva y comprometida del estudiante en las actividades, en las tareas y en la resolución de situaciones problemáticas. Pozo y Gómez (como se citó en Alvear, 2011)

En cuanto a las actitudes hacia las implicaciones sociales de la Química, dentro del marco de las CTSA, se debe buscar que el estudiante valore críticamente los usos sociales de la ciencia y sus consecuencias. En este mismo marco se debe propender por el desarrollo de hábitos de conducta y de consumo y que el estudiante reconozca la relación entre el desarrollo de la ciencia y el cambio social (Pozo y Gómez, 2000).

- **Competencias específicas de Química a construir**

Para el área de Ciencias Naturales se han definido siete competencias específicas, pero sólo tres de ellas: *Uso comprensivo del conocimiento científico, indagación y explicación de fenómenos (UIE)* son evaluadas en las pruebas SABER-11°. En la tabla 14, se presenta una propuesta de competencias a construir en lo referente al enlace químico.

Las otras cuatro competencias: *Comunicar, trabajar en equipo, disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y disposición para aceptar la naturaleza cambiante del conocimiento*, dado su carácter metodológico y actitudinal no se evalúan en las pruebas de estado. Pero, por ser tan importantes para la formación en ciencias, aspectos relacionados con estas cuatro competencias se incluyen en los contenidos procedimentales y actitudinales de la tabla 14.

Tabla 14. Competencias específicas de Química a construir.

| Uso comprensivo del conocimiento científico | Indagación | Explicación de fenómenos |
|--|--|---|
| Relaciono la estructura molecular o cristalina de las sustancias y las fuerzas de atracción intermoleculares con las propiedades físicas y químicas de sustancias y materiales de uso cotidiano. | Planteo preguntas, busco y selecciono información, expreso puntos de vista y procedimientos para resolver situaciones problemáticas cotidianas sobre los modelos explicativos de enlace químico. ¿Cómo las interacciones electrostáticas conducen a la formación de los diversos tipos de enlace químico? ¿Por qué se unen los átomos? | Con base en un enfoque electrostático de orden general puedo explicar, predecir y representar las interacciones atractivas de los átomos; así como las propiedades macroscópicas de las sustancias formadas, bajo los modelos de enlace metálico, iónico, covalente reticular, covalente molecular y las fuerzas de atracción intermoleculares. |
| Aplico los conceptos inherentes a los modelos explicativos de enlace químico en la resolución de situaciones problemáticas cotidianas. | | |

Fuente: *Elaboración propia*

- **Pre- requisitos curriculares de Química**

En la programación curricular de Química de la institución Educativa San Juan Bosco de Palermo-Huila, el enlace químico está precedido de las siguientes temáticas: sistemas materiales, estado gaseoso, modelos atómicos y periodicidad química (Alvear, 2013). Este orden se plantea en consideración a las investigaciones realizadas con estudiantes de los grados décimo y undécimo, por los docentes Cuellar et al., (2004) y el grupo IREC de la Universidad Pedagógica Nacional. Además, esta secuencia tiene en cuenta los trabajos investigativos sobre las tramas conceptuales (García et al., 2003). Y sobre dificultades específicas en el aprendizaje de la Química (Pozo y Gómez, 2000). De acuerdo con estas investigaciones y nuestra experiencia docente se propone los

siguientes pre- requisitos, para abordar las temáticas relacionadas con los modelos explicativos de enlace químico:

- Naturaleza corpuscular de la materia: discontinuidad, vacío. Teoría cinético molecular. Estados de agregación de la materia.
- Nombres y fórmulas de compuestos inorgánicos como: óxidos, hidróxidos, ácidos y sales.
- Número atómico. Ley de Coulomb. Carga nuclear, núcleo, electrones, fuerzas de atracción electrostáticas.
- Estados de oxidación y valencia.
- Propiedades periódicas: energía de ionización, electronegatividad, afinidad electrónica, tamaño atómico, carácter metálico.
- Modelo cuántico del átomo, niveles de energía, configuración electrónica. Electrones de valencia.
- Diferencias entre cambios físicos y químicos.
- Propiedades físicas: punto de ebullición y fusión, conductividad eléctrica, dureza, fragilidad, maleabilidad, ductilidad, resistencia mecánica. Solubilidad.
- Estrategias, habilidades y destrezas para trabajar en equipo y resolución de situaciones problemáticas.
- Técnicas de presentación de informes.
- Normas de seguridad y de trabajo en el laboratorio de Química.

Tabla 15. Propuesta alternativa curricular Enlace Químico educación media.

| Conceptual | Procedimental (Cognitivos y manipulativos) | Actitudinal |
|---|--|--|
| El enlace químico es el conjunto de fuerzas de atracción electrostáticas que mantienen unidos a los átomos en las moléculas y a los iones en los cristales que se caracterizan por propiedades físicas y químicas determinadas. | Conocer el lenguaje químico relacionado con los modelos explicativos de enlace químico: metálico, iónico, covalente reticular o molecular y fuerzas de atracción intermoleculares. | Asumir una actitud positiva hacia el conocimiento de los modelos explicativos de |
| Para formar un enlace, dos átomos maximizan sus interacciones atractivas y minimizan sus interacciones | | |

| Conceptual | Procedimental (Cognitivos y manipulativos) | Actitudinal |
|--|--|--|
| <p>repulsivas. Existen básicamente tres maneras, en que las atracciones sean mayores que las repulsiones para que se pueda dar una situación de enlace, que se correspondan con: a) Modelo de enlace metálico, b) Modelo de enlace iónico y c) Modelo de enlace covalente reticular o molecular. Los anteriores modelos de enlace permiten explicar y predecir propiedades como: forma cristalina o estructura molecular, conductividad eléctrica, solubilidad, punto de fusión, punto de ebullición, dureza, fragilidad, de las diferentes sustancias.</p> | <p>Elaborar un modelo que explique las atracciones que se presentan entre los iones positivos y los electrones libres en un metal.</p> <p>Relacionar la estructura de los metales con el hecho que sean sólidos duros, maleables, dúctiles y buenos conductores del calor y la electricidad.</p> | <p>enlace químico.</p> <p>Reconocer los cambios en los modelos científicos y validez de modelos alternativos explicativos del enlace químico con un enfoque electrostático de orden general.</p> |
| <p>El enlace metálico es el responsable de la estructura cristalina de los metales. Un metal es un conjunto de iones positivos (M⁺), que se encuentran vibrando en una malla cristalina, a los cuales acompaña un electrón libre por cada uno de los iones. Entre los iones positivos (M⁺), se encuentran los electrones moviéndose libremente, que sirven de pantalla a la repulsión entre los iones positivos y los enlazan.</p> | <p>Representar las estructuras cristalinas que predominan en los metales.</p> <p>Identificar el tipo de atracciones electrostáticas responsables del enlace metálico.</p> | <p>Escuchar activamente a mis compañeros y reconocer otros puntos de vista, los comparo con los míos y puedo modificar lo que pienso ante argumentos más sólidos.</p> |
| <p>En este modelo, denominado mar de electrones o gas electrónico, se considera que el enlace no es entre átomos, sino entre cationes metálicos y los que fueron sus electrones externos. Los metales son aglomeración de cationes bañados por un mar de electrones o sumergidos en un gas electrónico. Los electrones de valencia no pertenecen a átomos individuales, sino que todos ellos son comunes al conjunto de átomos que forman la red cristalina.</p> | <p>Elaborar un modelo que explique las atracciones que se presentan entre los cationes y aniones en un cristal iónico.</p> <p>Representar las estructuras cristalinas que predominan en los compuestos iónicos.</p> | <p>Demostrar interés por la investigación escolar, la resolución de situaciones problemáticas cotidianas sobre enlace químico.</p> <p>Buscar información actual para participar en debates y en la</p> |
| <p>Las estructuras cristalinas que predominan en los metales son: cúbica centrada en el cuerpo (BBC): Ba, Cr, Fe, Na, Li, K, Rb; cúbica centrada en la cara (FCC): Ag, Au, Al, Ca, Cu, Ni, Pb, Pt y Hexagonal compacta (HCP): Be, Cd, Co, Mg, Ti, Zn.</p> | <p>Explicar a nivel microscópico el proceso de disolución de un compuesto iónico en agua.</p> <p>Identificar el tipo de atracciones electrostáticas responsables del enlace iónico.</p> | <p>Relacionar la estructura microscópica de los enlaces químicos en los compuestos iónicos con los elevados puntos de fusión y ebullición.</p> |
| <p>Los núcleos de los metales se organizan en estructuras ordenadas de naturaleza cristalina ("celda unitaria"). Los metales son buenos conductores del calor y de la electricidad, debido al libre movimiento de sus electrones. Los puntos de fusión de los metales son muy elevados, porque las interacciones entre los cationes y los electrones son multidireccionales. Los metales son maleables y dúctiles ya que los cationes metálicos pueden "resbalar" unos sobre otros, gracias a la capa de electrones móviles que los separa; esto ocurre cuando son sometidos a una presión externa, el metal se deforma, pero no se rompe.</p> | <p>Relacionar la estructura microscópica de los enlaces químicos en los compuestos iónicos con los elevados puntos de fusión y ebullición.</p> <p>Explicar por qué las sustancias iónicas en estado sólido no conducen la electricidad y sí lo hacen cuando están disueltas en agua.</p> | <p>Buscar información actual para participar en debates y en la</p> |

| Conceptual | Procedimental (Cognitivos y manipulativos) | Actitudinal |
|---|--|--|
| <p>pareja de electrones mucho más cerca de A; con lo que A se convierte en un ion negativo, A- y C en un ion positivo, C+. Los iones C+ y A- se agrupan de tal forma que cada ion negativo (anión) queda rodeado de iones positivos y viceversa, cada ion positivo (catión) queda rodeado de iones negativos.</p> | <p>Establecer la relación entre la estructura microscópica de los enlaces químicos en los compuestos iónicos y el hecho que estos sean materiales duros y frágiles a la vez.</p> | <p>resolución de situaciones problemáticas sobre temas actuales relacionados con los</p> |
| <p>Se presenta enlace iónico, cuando se une un metal con baja electronegatividad, con un no-metal con electronegatividad alta. Se efectúa transferencia de electrones formando iones positivos (cationes) y negativos (aniones), entre los cuales existen fuerzas de atracción electrostáticas multidireccionales, lo cual da origen a una estructura reticular o malla cristalina. La diferencia de electronegatividad entre los elementos que se enlazan debe ser mayor a 1.7 como lo definió Linus Pauling.</p> | <p>Realizar comparaciones entre el átomo de sodio con el catión sodio y entre el átomo de cloro y el anión cloruro.</p> | <p>los modelos explicativos de enlace químico.</p> |
| <p>Las estructuras cristalinas que predominan en los compuestos iónicos son: Cúbico: NaCl, KCl, PbS, FeS₂, CaF₂; MgO, CaO, Tetragonal: SnO₂ TiO₂. Ortorrómico: BaSO₄, HgCl₂. Monoclínico: CaSO₄.H₂O, KClO₃, As₂S₃. Triclínico: CuSO₄.5H₂O, K₂Cr₂O₇. Hexagonal: Al₂O₃</p> | <p>Realizar una comparación entre las propiedades físicas y químicas del cloro, sodio y cloruro de sodio.</p> | <p>Cumplir con las normas de trabajo y seguridad en el laboratorio de química.</p> |
| <p>La fuerte atracción de los iones fijos en la estructura cristalina explica la no conductividad eléctrica de las sustancias iónicas en estado sólido; pero, cuando estas se funden, o se disuelven en agua, los iones se vuelven móviles y la sustancia fundida o la solución es conductora de la electricidad. Las sustancias con enlace iónico al disolverse en agua se disocian, es decir, se separan en iones, debido a que las moléculas de agua tienen polos positivos y negativos. Así, los polos positivos de la molécula de agua atraen a los iones con carga negativa (aniones), mientras que los cationes (iones con carga positiva) son atraídos por el polo negativo de la molécula.</p> | <p>Explicar el incremento en los puntos de ebullición, el descenso del punto de congelación y la disminución de la presión de vapor en las soluciones salinas.</p> | <p>Asumir con responsabilidad, objetividad y puntualidad la elaboración de las tareas personales y grupales.</p> |
| <p>La presencia de iones calcio (Ca⁺²), potasio (K⁺¹), sodio (Na⁺¹), cloro (Cl⁻¹) los fluidos corporales y líquidos celulares son claves para que se efectúen los procesos químicos y eléctricos. Los cationes y aniones son esenciales para mantener la presión osmótica y el equilibrio ácido-base de las células y en el funcionamiento de la bomba sodio-potasio.</p> | <p>Elaborar un modelo que explique las atracciones que se presentan entre los átomos en un cristal covalente.</p> | <p>Cumplir con mi función cuando trabajo en equipo y respetar las funciones de mis compañeros.</p> |
| <p>Los puntos de ebullición y de fusión de estos compuestos son altos, debido a que el enlace iónico es multidireccional. Los sólidos iónicos son duros, debido a su estructura ordenada; pero también son frágiles o quebradizos, cuando por acción de una fuerza externa, hay un deslizamiento de las capas de iones, enfrentándose iones del mismo signo con lo cual surge una enorme repulsión que tiende a romper el cristal.</p> | <p>Relacionar la estructura microscópica de los enlaces químicos de las sustancias covalentes reticulares con los elevados puntos de fusión y ebullición.</p> | <p>Elevar la autoestima y desarrollar la creatividad, curiosidad y generar ambientes de trabajo favorables.</p> |
| | <p>Comparar la estructura reticular y las propiedades físicas del grafito y del diamante y del grafito.</p> | |
| | <p>Relacionar el enlace químico con la dureza de algunos materiales.</p> | |
| | <p>Elaborar un modelo que explique las atracciones que se presentan entre los núcleos y los electrones de valencia en</p> | <p>Proceder con rigor y</p> |

| Conceptual | Procedimental (Cognitivos y manipulativos) | Actitudinal |
|---|--|--|
| <p>La presencia de iones en las soluciones acuosas ocasiona un incremento en los puntos de ebullición, un descenso del punto de congelación y una disminución de la presión de vapor. Estas propiedades denominadas coligativas, en las soluciones salinas dependen directamente de la cantidad de iones presentes en las mismas.</p> | <p>los compuestos covalentes moleculares.</p> | <p>precisión y persistencia en la realización</p> |
| <p>En el enlace covalente, un electrón externo del átomo A y otro electrón externo del átomo B, se colocan entre los dos núcleos (A: B), con lo cual serán atraídos por ambos y se evitará la repulsión directa de un núcleo con el otro. El par de electrones ejerce un efecto pantalla que aminora la repulsión entre los dos núcleos, gracias a la presencia de nuevas fuerzas atractivas electrostáticas entre electrones y núcleos.</p> | <p>Establecer las semejanzas y diferencias entre el modelo de enlace covalente reticular y el modelo de enlace covalente molecular.</p> | <p>de las experiencias de laboratorio y con honestidad en la recolección</p> |
| <p>En el enlace covalente reticular los átomos comparten un par de electrones conformando una estructura cristalina, debido a la formación de enlaces covalentes multidireccionales. Las sustancias covalentes reticulares (sólidos covalentes), tienen puntos de fusión y ebullición elevados, a causa de la formación de enlaces multidireccionales.</p> | <p>Identificar el tipo de atracciones electrostáticas enlace covalente molecular.</p> | <p>de datos, información y su validación.</p> |
| <p>El diamante y el grafito son sólidos con enlaces covalentes entre átomos de carbono arreglados de manera diferente. En el diamante cada átomo de carbono se enlaza con otros cuatro átomos de carbono, en una estructura tetraédrica; en cambio en el grafito cada átomo de carbono se enlaza con otros tres átomos de carbono en el mismo plano formando una estructura hexagonal. El grafito es buen conductor de la electricidad en cambio el diamante no. En el dióxido de silicio SiO₂ (cuarzo), cada átomo de silicio está unido a cuatro átomos de oxígeno y cada átomo de oxígeno está enlazado a dos átomos de silicio, formando una red tridimensional infinita, cuya a estructura está basada en tetraedros.</p> | <p>Reconocer los grupos funcionales de las principales funciones químicas orgánicas.</p> | <p>Valorar los logros alcanzados e identificar y superar las dificultades</p> |
| <p>Se forma un enlace covalente molecular cuando dos átomos que tienen electronegatividades similares o iguales comparten electrones de valencia formando moléculas, de tal manera que los átomos adquieren configuración electrónica del gas noble más cercano. En las moléculas los enlaces son unidireccionales, debido a las fuerzas de atracción entre los núcleos y los electrones de enlace. En una molécula dos o más átomos se unen en una proporción definida y con una geometría y propiedades fisicoquímicas determinadas.</p> | <p>Identificar la valencia de los elementos carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno en los compuestos orgánicos.</p> | <p>presentadas en el proceso de resolución de situaciones problemáticas.</p> |
| <p>El diamante y el grafito son sólidos con enlaces covalentes entre átomos de carbono arreglados de manera diferente. En el diamante cada átomo de carbono se enlaza con otros cuatro átomos de carbono, en una estructura tetraédrica; en cambio en el grafito cada átomo de carbono se enlaza con otros tres átomos de carbono en el mismo plano formando una estructura hexagonal. El grafito es buen conductor de la electricidad en cambio el diamante no. En el dióxido de silicio SiO₂ (cuarzo), cada átomo de silicio está unido a cuatro átomos de oxígeno y cada átomo de oxígeno está enlazado a dos átomos de silicio, formando una red tridimensional infinita, cuya a estructura está basada en tetraedros.</p> | <p>Escribir fórmulas estructurales de guiones de los principales compuestos orgánicos.</p> | <p>Reconocer los aportes de los conocimientos cotidianos y populares diferentes al conocimiento científico sobre enlace químico.</p> |
| <p>Se forma un enlace covalente molecular cuando dos átomos que tienen electronegatividades similares o iguales comparten electrones de valencia formando moléculas, de tal manera que los átomos adquieren configuración electrónica del gas noble más cercano. En las moléculas los enlaces son unidireccionales, debido a las fuerzas de atracción entre los núcleos y los electrones de enlace. En una molécula dos o más átomos se unen en una proporción definida y con una geometría y propiedades fisicoquímicas determinadas.</p> | <p>Identificar carbonos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en moléculas orgánicas.</p> | <p>Reconocer los aportes de los conocimientos cotidianos y populares diferentes al conocimiento científico sobre enlace químico.</p> |
| <p>Se forma un enlace covalente molecular cuando dos átomos que tienen electronegatividades similares o iguales comparten electrones de valencia formando moléculas, de tal manera que los átomos adquieren configuración electrónica del gas noble más cercano. En las moléculas los enlaces son unidireccionales, debido a las fuerzas de atracción entre los núcleos y los electrones de enlace. En una molécula dos o más átomos se unen en una proporción definida y con una geometría y propiedades fisicoquímicas determinadas.</p> | <p>Predecir las formas de enlazarse cierto número de átomos de carbono con átomos de otros elementos.</p> | <p>Reconocer los aportes de los conocimientos cotidianos y populares diferentes al conocimiento científico sobre enlace químico.</p> |
| <p>Se forma un enlace covalente molecular cuando dos átomos que tienen electronegatividades similares o iguales comparten electrones de valencia formando moléculas, de tal manera que los átomos adquieren configuración electrónica del gas noble más cercano. En las moléculas los enlaces son unidireccionales, debido a las fuerzas de atracción entre los núcleos y los electrones de enlace. En una molécula dos o más átomos se unen en una proporción definida y con una geometría y propiedades fisicoquímicas determinadas.</p> | <p>Construir fórmulas estructurales de guiones y nombrar compuestos orgánicos con cadenas carbonadas lineales, ramificadas y cíclicas.</p> | <p>Valorar la importancia de la estabilidad energética en los procesos químicos y sociales.</p> |
| <p>Se forma un enlace covalente molecular cuando dos átomos que tienen electronegatividades similares o iguales comparten electrones de valencia formando moléculas, de tal manera que los átomos adquieren configuración electrónica del gas noble más cercano. En las moléculas los enlaces son unidireccionales, debido a las fuerzas de atracción entre los núcleos y los electrones de enlace. En una molécula dos o más átomos se unen en una proporción definida y con una geometría y propiedades fisicoquímicas determinadas.</p> | <p>Reconocer cuando dos o más compuestos orgánicos son isómeros constitucionales.</p> | <p>Reconocer la importancia biológica del hecho de que</p> |
| <p>Se forma un enlace covalente molecular cuando dos átomos que tienen electronegatividades similares o iguales comparten electrones de valencia formando moléculas, de tal manera que los átomos adquieren configuración electrónica del gas noble más cercano. En las moléculas los enlaces son unidireccionales, debido a las fuerzas de atracción entre los núcleos y los electrones de enlace. En una molécula dos o más átomos se unen en una proporción definida y con una geometría y propiedades fisicoquímicas determinadas.</p> | <p>Predecir si un enlace es polar, no polar o iónico con base en la</p> | <p>Reconocer la importancia biológica del hecho de que</p> |

| Conceptual | Procedimental (Cognitivos y manipulativos) | Actitudinal |
|--|---|--|
| <p>Dos átomos del mismo elemento o de diferentes elementos químicos, pueden compartir uno, dos o tres pares de electrones de valencia, formando enlaces covalentes sencillos, dobles y triples, respectivamente. Las moléculas diatómicas H₂, O₂, N₂ forman enlaces sencillos dobles y triples respectivamente. Pero, estos enlaces también están presentes en los millones de compuestos orgánicos, que se clasifican en las siguientes funciones químicas: hidrocarburos alifáticos (alcanos, alquenos, alquinos, cicloalcanos y cicloalquenos) y aromáticos; alcoholes, fenoles y éteres; aldehídos y cetonas; ácidos carboxílicos y derivados (amidas, ésteres), aminas y nitrilos.</p> | <p>diferencia de la electronegatividad de los átomos enlazados. Relacionar la estabilidad de los compuestos con la estructura de gas noble de los átomos enlazados.</p> | <p>las sales como cloruro de sodio y de potasio se disocian disolviéndose en agua.</p> |
| <p>Los principales elementos químicos en las moléculas orgánicas son: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Según la teoría estructural propuesta en 1858 por Kekulé, Couper y Butlerov, en los compuestos orgánicos: 1. El carbono es tetravalente, el oxígeno es divalente, el nitrógeno es trivalente, el hidrógeno y los halógenos son monovalentes y 2. Los átomos de carbono y nitrógeno pueden formar enlaces sencillos, dobles y triples; el oxígeno sólo puede formar dos enlaces sencillos o uno doble y el hidrógeno un enlace sencillo.</p> | <p>Establecer relaciones entre la estructura molecular y los puntos de ebullición, puntos de fusión y la solubilidad en agua de los compuestos covalentes polares y no polares. Explicar por qué algunos compuestos orgánicos son más volátiles que otros.</p> | <p>Valorar el papel crucial e imprescindible de la bomba de sodio-potasio en la regulación del volumen celular, mantenimiento del potencial eléctrico de membrana en reposo y en la conducción de impulsos nerviosos en las fibras musculares y nerviosas.</p> |
| <p>La estructura de las moléculas orgánicas se puede representar con fórmulas estructurales y modelos moleculares tridimensionales. Las fórmulas estructurales de guiones introducidas por Couper en 1858, indican la conectividad de los átomos en una molécula y los modelos moleculares tridimensionales de esferas y palillos, permiten introducir conceptos de longitud y ángulos de enlace y diferenciar la geometría tetragonal, trigonal y digonal en las moléculas orgánicas.</p> | <p>Representar y explicar la formación de puentes de hidrógeno, atracciones dipolo - dipolo y fuerzas de van der Waals en compuestos orgánicos. Establecer relaciones entre las fuerzas de atracción intermoleculares y las propiedades físicas: punto de ebullición y de fusión, solubilidad en agua de los compuestos covalentes.</p> | <p>Reconocer la importancia de las propiedades coligativas debidas a la presencia de los iones para solucionar problemas cotidianos y tecnológicos.</p> |
| <p>Los compuestos orgánicos se nombran actualmente bajo la nomenclatura sistemática (IUPAC), en la cual el nombre de un compuesto orgánico consta de una raíz nominativa, que indica el número de carbonos y una terminación genérica, que designa la función química.</p> | <p>Diferenciar los cambios en las propiedades fisicoquímicas de los elementos al formar un compuesto. Relacionar el tipo de enlace químico de las sustancias y el hecho que algunas huelan y otras no.</p> | <p>Valorar el consumo de alimentos ricos en iones: Ca⁺², K⁺¹, Na⁺¹, Cl⁻¹ y la práctica de ejercicio que favorezcan mi salud.</p> |
| <p>El enlace covalente puede ser no polar o polar. El enlace covalente es no polar, cuando los átomos comparten los electrones de manera simétrica, dado que la diferencia de electronegatividades entre los dos átomos es cero o cercana a éste (0- 0,5), como ocurre en los elementos químicos moleculares: H₂, O₂, N₂, Cl₂. Pero cuando la compartición electrónica no es simétrica, dado que la diferencia de</p> | <p>Relacionar las propiedades químicas, mecánicas, ópticas y térmicas y aplicaciones de los plásticos con su composición química, estructura molecular y</p> | |

| Conceptual | Procedimental (Cognitivos y manipulativos) | Actitudinal |
|--|--|--|
| <p>electronegatividades entre los dos átomos es considerable (0,5 – 1,7), el enlace covalente es polar. En el enlace covalente polar, el átomo más electronegativo atrae hacia a él, el par de electrones alterando la distribución de cargas al interior de la molécula, generando cargas parciales negativas (\ominus) y positivas (\oplus), formando un dipolo.</p> | <p>fuerzas de van der Waals y los puentes de hidrógeno.</p> | <p>Reconocer el papel del</p> |
| <p>Algunos compuestos inorgánicos como el agua (H_2O), cloruro de hidrógeno (HCl), sulfuro de hidrógeno (H_2S) y los ácidos: sulfúrico (H_2SO_4), nítrico (HNO_3), carbónico (H_2CO_3) y fosfórico (H_3PO_4) son sustancias covalentes polares. Pero en los compuestos orgánicos predomina el enlace covalente, que puede ser no polar como en alcanos, alquenos y alquinos y de carácter polar, como en los alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, amidas y aminas.</p> | <p>Elaborar analogías entre las estructuras moleculares de los polímeros y situaciones de la vida cotidiana.</p> | <p>sulfato de aluminio y del cloro en el tratamiento del agua para consumo humano y evitar enfermedades como la Hepatitis A, el Cólera, la fiebre Tifoidea y las enfermedades</p> |
| <p>Blutrow (1861) empleó el término “estructura química” y estableció que las propiedades físicas y químicas de un compuesto son definidas por su estructura molecular. Las sustancias con enlace covalente polar son solubles en agua, debido a que interactúan con los dipolos de esta molécula. Las sustancias con enlace covalente no polar no son solubles en agua porque no presentan dipolos permanentes. Generalmente, las sustancias con enlace covalente no conducen la corriente eléctrica, pues tienen a sus electrones bien localizados (sin movilidad) en la región internuclear; sin embargo, las sustancias polares disueltas en agua son conductoras de la electricidad. Los compuestos con enlace covalente pueden presentarse en los tres estados de la materia a temperatura ambiente.</p> | <p>Explicar por qué sólo algunos plásticos se pueden reciclar por métodos mecánicos.</p> | <p>humano y evitar enfermedades como la Hepatitis A, el Cólera, la fiebre Tifoidea y las enfermedades</p> |
| <p>Los puntos de fusión y ebullición de las sustancias covalentes dependen: 1) de cómo se enlazan sus átomos; ya sea para formar moléculas polares o no polares, o estructuras reticulares con enlaces multidireccionales y 2) de las atracciones intermoleculares que pueden ser: fuerzas de van der Waals, puentes de hidrógeno o atracciones dipolo-dipolo.</p> | <p>Comparar las propiedades físicas de las sustancias metálicas, iónicas y covalentes. Diseñar experiencias de laboratorio para identificar el modelo de enlace químico y propiedades físicas de una sustancia química.</p> | <p>diarreicas agudas.</p> |
| <p>Las fuerzas de van der Waals son atracciones débiles entre moléculas no polares; en estas moléculas se forman dipolos temporales o transitorios, ya que los electrones no están quietos; su movimiento genera en un momento dado la aparición de polos temporales con de carga parcial negativa (\ominus) y con carga parcial positiva (\oplus). Debido a estas débiles fuerzas de atracción, las moléculas no polares de los alcanos, alquenos y alquinos tienen puntos de fusión y ebullición muy bajos y son en consecuencia muy volátiles e insolubles en agua.</p> | <p>Escuchar opiniones, expresar los puntos de vista, cuestionar y formular preguntas en las puestas en común.</p> | <p>Fomentar acciones ambientales para proteger las fuentes de agua, debido a que es el líquido de la vida.</p> |
| | <p>Seleccionar la explicación mejor argumentada sobre situaciones cotidianas relacionadas con los modelos explicativos de enlace químico, propiedades físicas de los materiales y fuerzas de atracción intermoleculares.</p> | <p>Reconocer que los puentes de hidrógeno son claves en la formación de la estructura y propiedades químicas de macromoléculas como el ADN y las proteínas que son fundamentales en los seres vivos.</p> |
| | <p>Aplicar técnicas y estrategias personales en la resolución de situaciones problemáticas cotidianas.</p> | <p>Valorar que la gran variedad</p> |
| | <p>Elaborar el mayor número de hipótesis que puedan explicar una situación cotidiana relacionada con los modelos de enlace químico.</p> | |
| | <p>Contextualizar los conceptos con su entorno y transferir los conocimientos, procedimientos y habilidades adquiridos durante la resolución de situaciones</p> | |

| Conceptual | Procedimental (Cognitivos y manipulativos) | Actitudinal |
|---|---|--|
| <p>Las atracciones dipolo-dipolo permanentes son atracciones electrostáticas más fuertes que las de van der Waals y más débiles que los puentes de hidrógeno y se presentan entre moléculas polares, como en los aldehídos y cetonas.</p> | <p>problemáticas sobre enlace químico a otras situaciones académicas y de la vida cotidiana.</p> | <p>de plásticos de uso cotidiano está relacionada con su</p> |
| <p>Los puentes de hidrógeno son fuerzas de atracción entre las moléculas polares, que tienen un átomo de hidrógeno enlazado a un átomo de oxígeno o de nitrógeno. Los puentes de hidrógeno son producto de las atracciones electrostáticas entre los dipolos de dos o más moléculas. Como consecuencia de estas fuertes interacciones intermoleculares, las sustancias polares como el agua, alcoholes, ácidos carboxílicos, ésteres y aminas tienen puntos de fusión y ebullición altos. Además, los puentes de hidrógeno son claves en la formación de la estructura y propiedades químicas de macromoléculas como el ADN y las proteínas que son fundamentales en los seres vivos.</p> | <p>Aplicar las técnicas de presentación de informes de trabajos experimentales.</p> <p>Manipular correctamente y con precaución instrumental de laboratorio y reactivos químicos.</p> | <p>composición química, estructura molecular y fuerzas de atracción intermoleculares.</p> |
| <p>Los plásticos son polímeros que están formados por cadenas carbonadas lineales y ramificadas con enlace covalentes sencillos o dobles. Los plásticos son materiales versátiles, duraderos, resistentes, baratos y livianos; aunque grandes contaminantes. De acuerdo con su composición química y estructura molecular, existen diversas clases de plásticos; entre los termoplásticos más importantes están: polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de alta densidad (PEAD), polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el policloruro de vinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET) y policarbonato (PC). La estructura molecular y las fuerzas de atracción intermoleculares, como los puentes de hidrógeno y las fuerzas de van der Waals, juegan un rol importante en las propiedades: elasticidad, rigidez, resistencia mecánica, cristalinidad, flexibilidad, tenacidad y temperatura de transición vítrea, de los anteriores plásticos.</p> | | <p>Valorar la importancia de las propiedades de los metales como consecuencia de su estructura cristalina, en la vida diaria, en el desarrollo científico y tecnológico y en las decisiones de la geopolítica mundial.</p> |
| <p>La gran variedad de usos de los plásticos se debe a que presentan propiedades químicas, mecánicas, ópticas y térmicas excepcionales; directamente relacionadas, con su composición química, estructura y fuerzas de atracción intermoleculares.</p> | | <p>Valorar críticamente las consecuencias sociales, ecológicas y políticas de la producción industrial a gran escala de diversas sustancias metálicas, iónicas y covalentes.</p> |
| <p>El polietileno es el plástico más conocido y popular. La resistencia química y la dureza del polietileno de alta densidad (PEAD) son superiores a las del polietileno de baja densidad (PEBD). El PEAD es un polímero formado por cadenas carbonadas lineales con mayor cristalinidad, debido a la facilidad de atracción entre las cadenas carbonadas; en cambio, el PEBD está constituido por cadenas carbonadas con ramificaciones, lo cual no facilitan la cristalización ni la atracción de las cadenas. Las bolsas</p> | | |

| Conceptual | Procedimental (Cognitivos y manipulativos) | Actitudinal |
|------------|---|-------------|
|------------|---|-------------|

plásticas de amplio uso cotidiano están hechas con El PEBD; en cambio el plástico para embalajes y los contenedores que requieren de una mayor rigidez, están fabricados con PEAD.

El polipropileno es uno de los plásticos más utilizados y versátiles; se emplea en la fabricación de bolsas para cocinar alimentos, suelas de zapatos, objetos sanitarios, envases para alimentos, piezas interiores de automóviles, máquinas, juguetes, botellas, o sillas apilables. Las macromoléculas del PP se componen de una cadena principal de átomos de carbono enlazados entre sí, de la cual cuelgan radicales metilo (CH_3). El polipropileno puede ser isotáctico o sindiotáctico, dependiendo de la ubicación de los grupos metilo del mismo lado o alternados en la cadena principal respectivamente.

El PP isotáctico es más resistente, en cambio, el polipropileno sindiotáctico es más elástico, pero menos resistente, porque la ubicación de los grupos metilo del mismo lado de una cadena carbonada, permite que haya mayor atracción entre las cadenas carbonadas adyacentes, manteniendo un orden para formar estructuras cristalinas.

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 3. Metodología propuesta

3.1. Metodología

El diseño metodológico de la presente investigación en el área de enseñanza de la Química es de carácter cuasi experimental, porque incluye la utilización de prueba post-test y pre- test, con un grupo cautivo, donde se busca probar la existencia de relación causal entre las variables dependientes, como son el aprendizaje de los modelos explicativos de enlace químico y desarrollo de algunas habilidades cognitivas propias del pensamiento crítico, con la variable independiente que es la propuesta pedagógica basada en la resolución de situaciones problemáticas. El método de esta investigación es cuasi experimental y las técnicas son: observación, aplicación de pre- test, post- test, aplicación de situaciones problemáticas y realización de entrevista.

- **Caracterización de la Institución Educativa y grupo de estudiantes**

El Municipio de Palermo, está ubicado al noroccidente del departamento el Huila, con una población de 35.500 habitantes; comarca con vocación agrícola y minera. Entre sus planteles educativos se destaca la Institución Educativa San Juan Bosco, de carácter oficial, con 1300 estudiantes en los niveles de: preescolar, educación básica, media académica y técnica. Esta institución, tiene además jornada nocturna y sabatina para jóvenes y adultos. Asimismo, la Institución está articulada con el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en el ofrecimiento de formación técnica en áreas como: Desarrollo de Aplicaciones, Redes y Multimedia, y Técnica en Electrónica Automotriz.

La presente investigación se realizó con estudiantes de grado décimo (2019) y continuó con los mismos estudiantes en el grado undécimo (2020). El grupo estuvo conformado por 32 estudiantes, 15 mujeres y 17 hombres, con edades distribuidas porcentualmente así: 14 años (3,12%), 16 años (43,75%), 17 años (31,25%), 18 años (12,5%), 19 años (6,25%), y 21 años (3,12%). Los estudiantes pertenecen a los estratos socioeconómicos

1 y 2. Los estudiantes que participaron en esta investigación alcanzaron un puntaje promedio de 57,57 puntos, en la prueba de Ciencias Naturales y en la prueba de Lectura crítica del examen de Estado Saber 11°. La Institución Educativa ocupó el primer puesto a nivel municipal y el décimo a nivel departamental en las Pruebas Saber 11°, 2020, entre los planteles oficiales.

- **Metodología e interacciones con los estudiantes**

La experiencia pedagógica se inició de manera presencial en el aula, con la presentación de la propuesta investigativa por parte del docente a los estudiantes que estaban culminando el grado décimo; quienes participaron activamente realizando preguntas sobre la metodología de trabajo y el tipo de situaciones a resolver. Los estudiantes libremente conformaron equipos de tres personas. Por otra parte, como parte de la actividad pre- estrategia, los estudiantes resolvieron individualmente la prueba pre- test y de manera grupal 4 situaciones problemáticas

Luego, en el grado undécimo con los mismos estudiantes se continuó la implementación de la estrategia pedagógica. El docente realizó una presentación de los principales aspectos relacionados con los modelos de enlace químico y las fuerzas de atracción intermoleculares y elaboró un protocolo sobre los modelos de enlace químico como material de apoyo para los estudiantes.

Antes de iniciar los procesos de resolución de un problema, el docente presentó la temática de manera contextualizada para motivar y generar interés cognoscitivo en los estudiantes. En pequeños grupos, los estudiantes realizaron una lectura comprensiva y discusión de la situación problemática; el docente formuló algunas preguntas generales a los equipos de estudiantes, quienes en plenaria compartieron, discutieron y complementaron sus ideas; finalmente, el docente moderó las intervenciones e hizo algunos aportes para reorientar el trabajo en equipo.

Para la resolución de la mayoría de las situaciones problemáticas se empleó una metodología de búsqueda parcial, mediante la cual los estudiantes trabajando en equipo dentro del aula, en la sala audiovisual y en el laboratorio de Química. En el transcurso de sus sesiones de trabajo, los estudiantes discutieron y diseñaron estrategias para resolver inicialmente las preguntas y las actividades orientadoras, utilizando libros de texto, el protocolo sobre modelos de enlace químico y las diapositivas elaboradas por el docente. Además, los estudiantes, realizaron consultas en Internet e intercambio de conceptos entre los equipos de trabajo y el docente. Después, en plenaria se socializó, discutió, analizó lo referente a las reflexiones consultas, propuestas y respuestas realizadas por los diferentes equipos de trabajo de los estudiantes; con el objeto de complementarlas y enriquecerlas. En esta etapa, el docente realizó un proceso de retroalimentación a nivel del general con el grupo y de manera particular con los equipos de estudiantes que más dificultades presentaron.

De esta manera, al interior del aula los estudiantes elaboraron un borrador del informe; borrador que complementaron fuera del aula y en el cual incluyeron la respuesta a la pregunta central de la situación problemática. En la fecha acordada con los estudiantes se recibió el informe escrito a mano. Una vez revisado se realizó el proceso de retroalimentación, a través de un diálogo argumentado y crítico entre el profesor y los estudiantes; en el cual se clarificó los conceptos y se destacaron las fortalezas, los logros y los aspectos a superar. Finalmente, los grupos con mayores dificultades reelaboraron sus trabajos y se procedió a una nueva valoración de los mismos. Cabe señalar, que algunas de las situaciones problemáticas seleccionadas por los estudiantes fueron resueltas por ellos de manera autónoma como una actividad extraclase, pero que siempre se contó con la asesoría por parte docente.

Posteriormente, por las restricciones sanitarias a raíz de la pandemia del COVID-19, se prosiguió con el desarrollo de la propuesta pedagógica de manera remota o forma virtual, a través de las aplicaciones tecnológicas WhatsApp, Meet y Zoom Video. La interacción con todo el grupo de estudiantes por medio de video conferencias se realizó durante tres

períodos semanales de 40 minutos cada uno. En estas sesiones se efectuó la lectura y discusión de cada situación problemática, la resolución de algunas preguntas y la ejecución de algunas actividades orientadoras. Cada equipo de estudiantes creó un grupo de WhatsApp para exponer y aportar sus ideas, discutir y ponerse de acuerdo para llegar a conclusiones y resolver las situaciones propuestas. Cada equipo de trabajo envió los informes al correo electrónico del docente; quien a su vez por este mismo medio tecnológico, WhatsApp y llamadas telefónicas interactuó con los grupos de estudiantes, hizo las correcciones, acompañamiento y retroalimentaciones pertinentes durante todo el desarrollo de la estrategia pedagógica.

Cabe anotar que debido a la pandemia del COVID-19, las entrevistas a los estudiantes seleccionados y debidamente autorizados por sus padres se efectuaron a través de una videollamada utilizando la plataforma Meet. En este importante diálogo entre el docente investigador y cada uno de los estudiantes se formularon las mismas preguntas del cuestionario que había sido elaborado previamente.

3.2. Fases de la investigación

La investigación propuesta tuvo seis fases: construcción de la propuesta, prueba inicial, aplicación de la propuesta, prueba final, análisis y discusión de resultados, elaboración y presentación del informe final. Estas fases se describen a continuación:

3.2.1. Primera fase: construcción de la propuesta

En esta fase se construyó un marco conceptual con los siguientes aspectos: el primero, sobre los fines y objetivos de la educación científica; el segundo aspecto, trató sobre el pensamiento crítico, en lo referente a las habilidades y disposiciones de pensamiento crítico. En el tercer elemento, se abordó la relación entre pensamiento crítico y resolución de problemas; en el cuarto apartado, denominado enlace químico, se hizo una síntesis de las principales investigaciones realizadas sobre concepciones alternativas de los

estudiantes sobre los modelos de enlace químico y una teorización relacionada con el enfoque electrostático de orden general de los modelos explicativos de enlace químico. En el quinto aspecto, se describió la estrategia de resolución de situaciones problemáticas de Química y se hizo una reseña de algunas investigaciones relacionadas sobre la estrategia didáctica de resolución de problemas en el área de Química.

Finalmente, se diseñó una estrategia didáctica basada en la resolución de situaciones problemáticas, para el aprendizaje de los modelos explicativos de enlace químico y desarrollo de algunas habilidades cognitivas propias del pensamiento crítico. En esta etapa se diseñaron situaciones problemáticas y se realizó una secuenciación alternativa de las mismas.

3.2.2. Segunda fase: prueba inicial

En esta fase se realizó un diagnóstico sobre los modelos explicativos del enlace químico, el enfoque electrostático del mismo y sobre las propiedades macroscópicas que presentan las sustancias, mediante la aplicación a los estudiantes de una prueba pre-test con preguntas abiertas. Además, en esta fase se les solicitó a los estudiantes realizar como actividad pre- estrategia la resolución de tres situaciones problemáticas: La copa mundo, Vida salada y Huevos cocidos; relacionadas con aspectos de la vida cotidiana y que involucran temáticas de los modelos explicativos de enlace químico y propiedades de las sustancias.

También se hizo un diagnóstico de algunas habilidades de pensamiento crítico, aplicadas al contexto de los modelos explicativos del enlace químico; para lo cual los estudiantes, como actividad pre, resolvieron la situación problemática Un Chico Plástico.

3.2.3. Tercera fase: aplicación de la propuesta

Se implementó la propuesta pedagógica alternativa basada en la resolución de situaciones problemáticas sobre los modelos explicativos de enlace químico, bajo un enfoque electrostático de orden general. Inicialmente, se presentó a los estudiantes la propuesta pedagógica diseñada para el estudio de los modelos de enlace químico, y se explicó por parte del docente el interés pedagógico, didáctico e investigativo de la estrategia didáctica. Igualmente, se motivó e invitó a los estudiantes a conformar equipos de trabajo de tres estudiantes, para efectuar la resolución de las situaciones problemáticas, relacionadas en el anexo 2.

Para la secuencia de resolución de las situaciones problemáticas, se consideró la propuesta realizada por Taber (como se citó en González, 2017) a la cual se le incorporaron las fuerzas de atracción intermoleculares. Como lo plantea este mismo autor, se partió de un enfoque basado en principios explicativos de orden electrostáticos, asumiendo la propuesta de enseñanza de los modelos de enlace químico, con un enfoque electrostático de orden general, expuesta por los investigadores Chamizo et al. (2006).

La secuenciación de enseñanza de los modelos de enlace químico fue la siguiente: metálico, iónico, covalente reticular, covalente con moléculas diatómicas y compuestos covalentes volátiles; fuerzas de atracción intermoleculares (fuerzas de van der Waals, puentes de hidrógeno, dipolo -dipolo, ión -dipolo).

3.2.4. Cuarta fase: prueba final

Se aplicó una prueba post- test (el mismo pre- test) con preguntas abiertas; se efectuó la resolución de las tres situaciones problemáticas aplicadas en la fase dos, la situación problemática “Un Chico Plástico” como actividad post- estrategia, para evaluar algunas habilidades de pensamiento crítico, y se realizó a siete estudiantes una entrevista con

preguntas abiertas sobre los modelos explicativos de enlace químico y sobre aspectos generales de la propuesta pedagógica.

3.2.5. Quinta fase: análisis de resultados

En esta fase, se efectuó la valoración de las respuestas de las preguntas dadas por los estudiantes en cada uno de los instrumentos aplicados, de acuerdo con los indicadores establecidos para las dimensiones conceptuales de las preguntas en cada instrumento aplicado durante esta investigación. Para la valoración de las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas de las situaciones problemáticas, entrevista y prueba pre y post- test, se utilizaron los siguientes criterios: 0 = Respuesta incorrecta. 1 = Respuesta correcta, sin justificación o explicación. 2 = Respuesta correcta, con justificación o explicación adecuada (Rivas y Saiz, 2008).

Se realizó el análisis de los resultados obtenidos al comparar la valoración de las respuestas dadas por los estudiantes en cada una de las preguntas abiertas del pre- test y post- test. Asimismo, se determinó las medidas de tendencia central de las pruebas pre y post- test, para proceder a realizar la prueba de hipótesis.

De igual manera, se efectuó el análisis de los resultados producto de la comparación de la valoración de las respuestas dadas por los estudiantes en las preguntas de las cuatro situaciones problemáticas pre- estrategia y post- estrategia. Con base en la sumatoria de los puntajes y porcentajes de respuesta correcta obtenidos por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de las doce situaciones problemáticas, se elaboró el análisis respectivo. También se llevó a cabo el análisis de las respuestas dadas por los estudiantes en cada una de las preguntas abiertas de la entrevista.

Finalmente, se realizó el análisis comparativo de los resultados obtenidos de la prueba pre y post- test, de las 16 situaciones problemáticas aplicadas y de la entrevista efectuada a algunos estudiantes.

3.2.6. Sexta fase: elaboración y sustentación del informe final

Se procedió a la elaboración del documento final, siguiendo los lineamientos establecidos por la Universidad Surcolombiana y se someterá a la valoración del jurado que designe la dirección de la Maestría.

3.3. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en esta investigación fueron los siguientes: una prueba pre-test y post- test sobre modelos explicativos de enlace químico, tres situaciones problemáticas iniciales (Pre) – finales (Post), 12 situaciones problemáticas, de las cuales se seleccionaron algunas por parte de los estudiantes para ser resueltas en clase y una situación problemática que se aplicó al inicio y al final de la experiencia, para evaluar algunas habilidades de pensamiento crítico en los estudiantes. Una entrevista con preguntas abiertas sobre los modelos explicativos de enlace químico y aspectos generales de la propuesta pedagógica alternativa que se aplicó a siete estudiantes.

3.3.1. Prueba pre y post- test sobre modelos explicativos de enlace químico

La prueba pre- test y post- test sobre modelos explicativos de enlace químico, constó de 10 preguntas abiertas sobre situaciones cotidianas relacionadas con los modelos de enlace metálico, iónico, covalente y fuerzas de atracción intermoleculares (anexo1). En la tabla 1 se especifica la dimensión y los indicadores de evaluación para cada una de las preguntas del pre y post- test.

Tabla 16. Preguntas, dimensión e indicadores del pre y post- test

| Pregunta | Dimensión | Indicador |
|----------|---|---|
| 1 | Modelo de enlace metálico. Mar de electrones. | Interacciones electrostáticas cationes y electrones libres. |
| 2 | Modelo de enlace iónico. | |

| | | |
|----|--|---|
| | | Estructura cristalina. Atracción electrostática multidireccionales catión –anión. |
| 3 | Modelo de enlace iónico. Propiedades físicas: dureza y fragilidad. | Deslizamiento o Movimiento de las capas de iones. Fuerzas de repulsión. |
| 4 | Modelo de enlace covalente polar. Fuerzas de atracción intermoleculares. | Formación de puentes de hidrógeno. |
| 5 | Modelo de enlace iónico. Propiedad física: conductividad de la electricidad. | Movilidad de los iones. |
| 6 | Modelo de enlace covalente. Propiedad física: puntos de ebullición. Volatilidad. | Volatilidad y Bajos puntos de ebullición. |
| 7 | Fuerzas de atracción intermoleculares. | Interacciones ion –dipolo. |
| 8 | Modelos de enlace metálico, iónico y covalente con enfoque electrostático común. | Atracciones electrostáticas. Maximización de interacciones atractivas y minimización de interacciones repulsivas. |
| 9 | Modelos de enlace iónico y covalente. Fuerzas de atracción intermoleculares. Propiedades físicas: puntos de fusión y ebullición. | Interacciones electrostáticas multidireccionales y unidireccionales. |
| 10 | Modelo de enlace polar y no polar. | Diferencia en electronegatividad. Atracciones electrostáticas núcleo – electrones de enlace. |

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Situaciones problemáticas sobre modelos explicativos enlace químico

Para la realización de esta investigación se diseñaron 16 situaciones problemáticas sobre los modelos explicativos de enlace químico metálico, iónico, covalente reticular, covalente molecular y fuerzas de atracción intermoleculares. Las situaciones problemáticas número: 1. La copa mundo, 2. Vida salada y 3. Huevos cocidos; se aplicaron como una prueba inicial (pre) y final (post) a todos los estudiantes. Por otra parte, de las doce situaciones problemáticas restantes, cada grupo de estudiantes escogió y resolvió seis situaciones que incluían los modelos de enlace

y las fuerzas de atracción intermoleculares (anexo 2). En la tabla 17 para cada una de las Situaciones problemáticas, se indica la clase de modelo de enlace, las habilidades cognitivas y los principales conceptos a construir por los estudiantes en el proceso de resolución de cada situación.

Tabla 17. Situaciones problemáticas sobre modelos enlace químico

| N° | Título y resumen | Modelo de enlace | Habilidades de pensamiento | Conceptos |
|----|-----------------------|------------------|----------------------------|---|
| 1 | La copa mundo | Metálico | Explicar Describir | Modelo de enlace metálico. Atracciones electrostáticas. Metales preciosos. Aleaciones. Cationes. Dureza. Maleabilidad. Ductilidad. Puntos de ebullición y fusión. Conductividad eléctrica y del calor. Modelo Mar de electrones. Estructura cristalina. Celda unitaria. Interacciones multidireccionales. |
| 2 | Vida salada | Iónico | Describir | Modelo de enlace iónico. Cationes y aniones. Funciones biológicas de los iones Na^{+1} , K^{+1} , Cl^{-1} . Disociación de sales inorgánicas. Solvatación. Atracciones ion-dipolo. Atracciones electrostáticas multidireccionales. Estructura cristalina. Celda unitaria. Hipertensión arterial. |
| 3 | Huevos cocidos | | | |

| N° | Título y resumen | Modelo de enlace | Habilidades de pensamiento | Conceptos |
|----|---|------------------|----------------------------|--|
| | <p>La sustancia responsable del olor característico de los huevos es el sulfuro de hidrógeno que se genera por la descomposición de las proteínas al elevar su temperatura durante el proceso de cocción. Aquí, se muestra la relación de la estructura de los compuestos covalentes moleculares como el sulfuro de hidrógeno con la volatilidad.</p> | Covalente | Predecir Explicar | <p>Modelo de enlace covalente. Desnaturalización y coagulación de proteínas. Puentes de disulfuro. Estructura molecular del sulfuro de hidrógeno. Estructura del sulfuro de hierro (2) y (3). Atracciones electrostáticas unidireccionales entre núcleo y electrones. Fuerzas de atracción intermoleculares. Volatilidad y bajo punto de ebullición. Solubilidad. Valor nutricional del huevo. Atracciones electrostáticas entre cationes y aniones.</p> |
| 4 | <p>Los floreros de Llorente</p> | Metálico iónico | Explicar | <p>Modelos de enlace iónico y metálico. Atracciones electrostáticas. Estructura cristalina. Celda unitaria. Interacciones multidireccionales. Relación enlace metálico con la dureza maleabilidad y ductilidad. Relación enlace químico con la fragilidad y maleabilidad. Composición química y aplicaciones del yeso. Modelo Mar de electrones. Aplicaciones terapéuticas del yeso.</p> |

| N° | Título y resumen | Modelo de enlace | Habilidades de pensamiento | Conceptos |
|----|-------------------------------|------------------|----------------------------|--|
| 5 | “Los que se mueven” | Iónico | Explicar | Modelo de enlace iónico. Iones. Punto de congelación. Punto de ebullición. Presión de vapor del solvente. Conductividad eléctrica. Relación iones y propiedades coligativas de las disoluciones. Aplicaciones cotidianas de las propiedades coligativas. |
| 6 | El tour del banano | Iónico | Predecir Describir | Modelo de enlace iónico. Atracciones electrostáticas multidireccionales. Funciones de los iones. K^{+1} y Cl^{-1} . Bomba sodio potasio. Disociación y solvatación de sales haloideas. Atracciones ion – dipolo. Funciones biológicas de los iones K^{+} Na^{+1} . |
| 7 | “Agüita para mi gente” | Iónico | Describir Explicar | Modelo de enlace iónico. Cationes y aniones. Purificación de agua. Coagulación y floculación. Coloides. Disociación y solvatación. Atracciones electrostáticas multidireccionales. Estructura o red cristalina. Atracciones |

| N° | Título y resumen | Modelo de enlace | Habilidades de pensamiento | Conceptos |
|----|--|---------------------|--------------------------------|---|
| | compuesto y la explicación de las interacciones de las moléculas de agua con los iones Al^{+3} y SO_4^{-2} en los procesos de floculación y coagulación en la potabilización del agua. | | | ion–dipolo. Relación enlace iónico y solubilidad. |
| 8 | Solteros son tóxicos, pero casados son comestibles | Iónico | Explicar Comparar | Enlace iónico. Propiedades periódicas configuración electrónica. Estructura de Lewis. Aniones. Cationes. Tamaño atómico y de los iones. Energía de enlace. Conductividad eléctrica de sustancias iónicas en solución. Estabilidad energética de los compuestos iónicos. Cambios físicos y químicos. Relación enlace iónico con puntos de fusión y ebullición. Comparación de las propiedades de los iones y de los átomos. Estructura cristalina cúbica y atracciones electrostáticas multidireccionales. |
| 9 | “Los 33” En la película Los 33, se recrea la historia sucedida en Chile donde 33 mineros quedaron atrapados 700 metros bajo tierra, tras el derrumbe de una mina. En la perforación de las rocas para rescatar a los mineros con taladros provistos de brocas con puntas de diamante. El diamante y el grafito están | Covalente reticular | Comparar Formular hipótesis | Modelo de enlace covalente reticular. Estructura cristalina reticular. Grafito. Diamante. Atracciones electrostáticas multidireccionales. |

| N° | Título y resumen | Modelo de enlace | Habilidades de pensamiento | Conceptos |
|----|--|---------------------|--------------------------------|--|
| | constituidos por átomos de carbono, pero tienen diferentes propiedades físicas y químicas, como la dureza. Esto sucede como consecuencia de las diferencias en las fuerzas de atracción entre los átomos de carbono en la estructura reticular del grafito y del diamante. | | | Forma y Geometría molecular. Propiedades físicas: Conductividad eléctrica. Puntos de fusión. Dureza, escala de Mohs. Estructura cristalina hexagonal y tetraédrica. Comparación entre las propiedades del grafito y del diamante. Número de enlace covalentes carbono-carbono. |
| 10 | El material del futuro | Covalente reticular | Explicar Formular hipótesis | Modelo de enlace covalente reticular. Grafito, Fullerenos y Nanotubos de carbono. Elasticidad. Dureza. Resistencia. Conductividad del calor y electricidad. Atracciones electrostáticas. unidireccionales y multidireccionales. Movilidad de electrones. Atracciones intermoleculares. Punto de fusión. Red cristalina bidimensional. Aplicaciones tecnológicas, industriales y en medicina del grafeno. |
| 11 | Parejas muy estables | Covalente puro con | Explicar Diferenciar | Modelo de enlace covalente. Enlace covalente polar y no |

| N° | Título y resumen | Modelo de enlace | Habilidades de pensamiento | Conceptos |
|----|--|---|----------------------------|---|
| | diatómicas mediante enlaces covalentes sencillos, dobles y triples respectivamente, lo que confiere gran estabilidad a estas moléculas. Además, en este problema se aborda la formación de moléculas polares como el agua y el cloruro de hidrógeno. | moléculas diatómicas | | polar. Enlace covalente sencillo, doble y triple. Fórmulas estructurales de guiones. Diferencias entre compuestos iónicos y covalentes. Relación enlace covalente y electronegatividad. Atracciones electrostáticas núcleo par de electrones. Interacciones direccionales. Spin. Energía de enlace. Liberación de energía y estabilidad energética. Dipolo. |
| 12 | Sherlock | Covalente en compuestos moléculas res volátiles | Explicar. Describir. | Modelo de enlace covalente. Atracciones intermoleculares. Punto de ebullición. Solubilidad. Sentido del olfato. Características de moléculas olfativas: bajo peso molecular (pequeñas), volátiles y lipófilas. Funciones químicas orgánicas y grupos funcionales: alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, aminas, sulfuro de hidrógeno. Evaporación y sublimación. |
| 13 | Una molécula muy extraña | Covalente polar. | Explicar. Describir. | Modelo de enlace covalente polar. Puentes |

| N° | Título y resumen | Modelo de enlace | Habilidades de pensamiento | Conceptos |
|----|--|---|--|--|
| | <p>excepcional, insólita y única; sin ella no hay vida. Es una sustancia completamente fuera de lo común, es líquida a temperatura ambiente cuando debería ser un gas; tiene un punto de ebullición elevado y alcanza su menor densidad cuando se congela, en contravía de los demás sólidos. Estas atípicas propiedades están relacionadas con su estructura molecular y las fuerzas de atracción intermoleculares.</p> | <p>Fuerzas de atracción intermoleculares.</p> | | <p>de hidrógeno. Atracciones electrostáticas direccionales entre núcleo y electrones de enlace. Dipolo. Cargas parciales positivas y negativas. Punto de ebullición. Fórmula molecular de guiones. Polaridad.</p> |
| 14 | <p>Se iluminó la bombilla</p> <p>Tomando como criterio la conductividad eléctrica de algunas sustancias en solución, de algunos metales y de algunos plásticos y moléculas orgánicas, se pretende predecir y establecer experimentalmente la clase de enlace químico y deducir el tipo de atracciones electrostáticas presentes en una determinada sustancia química.</p> | <p>Metálico, iónico, covalente</p> | <p>Describir Formular hipótesis Predecir</p> | <p>Disociación. Movilidad de los iones y de los electrones. Relación tipo de enlace y conductividad eléctrica. Enlace metálico, iónico, covalente polar y conductividad de la electricidad. Disociación. Atracciones ion-dipolo. Atracciones electrostáticas núcleo y electrones, cationes y aniones, cationes y electrones libres. Solvatación de sustancias iónicas y polares. Puentes de hidrógeno. Relación intensidad de la luz y tipo de enlace. Electrólitos. Soluciones. Circuito eléctrico.</p> |
| 15 | <p>“El puente está quebrado”</p> <p>Entre las moléculas de algunos compuestos orgánicos como el etanol, etanal, ácido fórmico y propano, existen</p> | <p>Fuerzas de atracción</p> | <p>Explicar. Seleccionar y clasificar el</p> | <p>Enlace covalente polar y no polar. Intensidad de fuerzas de atracción</p> |

| N° | Título y resumen | Modelo de enlace | Habilidades de pensamiento | Conceptos |
|----|---|-------------------|----------------------------|--|
| | fuerzas de atracción de distinta intensidad las cuales dependen de la estructura y polaridad de sus enlaces. Se busca establecer como estas diferentes fuerzas de atracción intermoleculares son las responsables de las marcadas diferencias en propiedades físicas como los puntos de fusión y ebullición, la solubilidad o insolubilidad en agua de compuestos orgánicos de uso cotidiano. | intermoleculares. | mejor argumento. | intermoleculares: fuerzas de van der Waals, atracciones dipolo-dipolo, puentes de hidrógeno, ión -dipolo. Fórmulas moleculares con guiones. Funciones químicas orgánicas y grupos funcionales. Puntos de ebullición. Solubilidad. Estructura molecular. Volatilidad, evaporación y sublimación. Cargas parciales. Solvatación. |

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Situación problemática pre- post para evaluar habilidades de pensamiento crítico

Con la situación problemática, Un Chico Plástico, con formato de preguntas abiertas y algunas preguntas cerradas, se realizó un diagnóstico al grupo de estudiantes, sobre algunas habilidades de pensamiento crítico. Esta situación problemática con modificaciones en algunas preguntas o actividades orientadoras se aplicó como prueba post al finalizar esta experiencia didáctica, para establecer los posibles cambios en las habilidades pensamiento crítico de los estudiantes. En la tabla 18, se presenta un resumen, las habilidades de pensamiento y los principales conceptos a construir por los estudiantes en el proceso de resolución de esta situación problemática.

Tabla 18. Un Chico Plástico para evaluar pensamiento crítico

| N° | Título y Resumen | Modelo de enlace | Habilidades de pensamiento | Conceptos |
|----|---|--|--|---|
| 16 | Un Chico Plástico | | | |
| | William H, era un chico aficionado a recorrer el país en su motocicleta, siempre acicalado con la indumentaria necesaria; gran parte de ella elaborada con materiales plásticos. Por razones del destino se dedicó a llevar encargos a domicilio. Cierta día, le solicitaron que comprara varios artículos de plástico. Camino a su barrio sufrió un accidente estrellándose contra un poste; afortunadamente el casco le protegió su cabeza e inteligencia y ningún artículo se rompió; así, aprendió que hay artículos que son hechos de materiales similares, pero que no son de igual resistencia y pudo inferir que debe existir alguna relación entre el enlace químico, la estructura molecular y las propiedades de las diversas clases de polímeros. | Enlace covalente. Fuerzas de atracción intermoleculares. | Formular el mayor número de hipótesis. Seleccionar y clasificar el mejor argumento. Elaborar conclusiones. Construir analogías relacionadas con la vida cotidiana. Elaborar modelos explicativos y justificar respuestas. Elaborar argumentos e inferencias. | Enlace covalente sencillo y doble. Clases de plásticos: termoplásticos y plásticos termoestables. Estructuras de monómeros y polímeros. Cadenas carbonadas lineales y ramificadas. Resistencia química y dureza de los plásticos. Fuerzas de Van der Waals. Interacciones dipolo-dipolo. Puentes de hidrógeno. Orientación espacial de grupos metilo. |

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Entrevista a estudiantes sobre los modelos explicativos de enlace químico

En la tabla 19 se relaciona las dimensiones y los indicadores de las preguntas de la entrevista realizada a algunos estudiantes de grado undécimo sobre los modelos explicativos de enlace químico y aspectos generales de la propuesta pedagógica.

Tabla 19. Dimensiones e indicadores entrevista estudiantes grado undécimo

| Pregunta | Dimensión | Indicador |
|----------|---|--|
| 1 | Concepto de enlace químico. | Interacciones atractivas mayores que las repulsivas. Fuerzas de atracción electrostáticas. |
| 2 | Relación entre los tres tipos de modelos de enlace químicos | Fuerzas de atracción electrostáticas. |
| 3 | Modelo de enlace metálico | Atracciones electrostáticas multidireccionales entre cationes y electrones externos. |
| 4 | Modelo de enlace iónico y puntos de fusión. | Atracciones electrostáticas multidireccionales entre cationes y aniones. |
| 5 | Modelo de enlace covalente. | Atracciones electrostáticas direccionales, entre los núcleos de los átomos y el par de electrones de enlace. |
| 6 | Relación entre enlace metálico y conductividad eléctrica. | Movilidad de los electrones. |
| 7 | Relación enlace iónico con la maleabilidad, ductilidad y dureza. | Deslizamiento o movimiento de las capas de cationes. Fuerzas de repulsión. |
| 8 | Relación entre enlace covalente y solubilidad de compuestos orgánicos. | Polaridad y fuerzas de atracción intermoleculares. |
| 9 | Relación entre el enlace covalente polar y no polar, el punto de ebullición y la volatilidad de algunas sustancias. | Bajos puntos de ebullición y fuerzas de atracción intermoleculares muy débiles. |
| 10 | Relación enlace iónico y conductividad eléctrica de las disoluciones. | Disociación de las sales. Fuerzas de atracción ion - dipolo. Movilidad de los iones. |
| 11 | Relación enlace covalente y propiedades de los plásticos. | Fuerzas de van der Waals. Atracciones dipolo-dipolo. Presencia de ramificaciones y cristalinidad. |

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4. Resultados

De acuerdo con el diseño metodológico, a continuación, se expone el análisis y discusión de los resultados obtenidos durante la implementación de la propuesta investigativa. En primer lugar, se presenta los resultados obtenidos por los estudiantes en las tres situaciones problemáticas resueltas antes y después de la estrategia pedagógica, las que se numeran del 1 al 3; situaciones donde se aborda los modelos explicativos de enlace metálico, iónico y covalente.

Luego, se describen los resultados alcanzados por los estudiantes en las doce situaciones problemáticas aplicadas dentro de la estrategia pedagógica, las cuales se numeran del 4 al 15. En estas situaciones se estudia los siguientes modelos explicativos de enlace químico: metálico, iónico, covalente puro en moléculas diatómicas, covalente reticular, covalente en compuestos volátiles. En ellas se incluyen, además, conceptos relacionados con las fuerzas de atracción intermoleculares así: fuerzas de van der Waals, atracciones dipolo-dipolo, puentes de hidrógeno y atracciones ión- dipolo.

Después se explicitan los resultados conseguidos por los estudiantes en la situación problemática 16, Un chico plástico, que fue resuelta antes y después de esta estrategia pedagógica. Con la resolución de esta situación se pretende determinar el desarrollo de algunas habilidades de pensamiento crítico. Seguidamente, se relaciona los resultados de la entrevista final sobre los modelos explicativos de enlace químico y aspectos generales de la propuesta pedagógica alternativa, realizada a 7 estudiantes de grado undécimo.

Por último, se presentan los resultados de la prueba pre y post- test acerca de los modelos explicativos de enlace químico y fuerzas de atracción intermoleculares, aplicada a 32 estudiantes al finalizar el grado décimo y a los mismos estudiantes en primer período del grado undécimo. En esta última fase, se muestra el análisis comparativo de los

resultados de la prueba pre y post- test, las 16 situaciones problemáticas aplicadas y de la entrevista realizada a algunos estudiantes.

4.1. Resolución de tres situaciones problemáticas

A continuación, se describe los resultados obtenidos por los estudiantes en la resolución de las tres situaciones problemáticas sobre modelos explicativos de enlace químico pre-estrategia y post- estrategia. Para cada una de las situaciones problemáticas resueltas antes y después de la estrategia, se presenta la sumatoria de los puntajes y los porcentajes obtenidos por los equipos de estudiantes en cada una de las preguntas. Este porcentaje equivale a las respuestas correctas de los equipos de estudiantes, teniendo en cuenta que 26 puntos es el máximo puntaje posible por pregunta.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 1. La copa mundo**

En la tabla 20 se presenta el mejoramiento porcentual en las respuestas dadas por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de la situación problemática 1 La copa mundo.

Tabla 20. Mejoramiento porcentual en las respuestas de la situación problemática 1

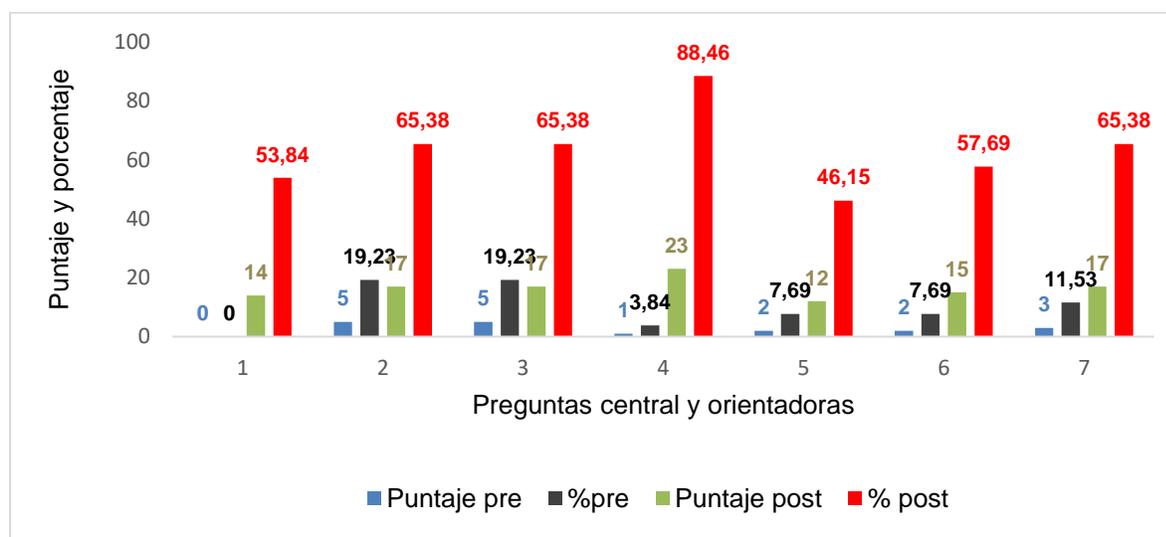
| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras | Porcentaje de mejora |
|--------|---|----------------------|
| 1 | <i>¿A qué se debe que los metales preciosos, a pesar de ser tan diferentes, tengan propiedades físicas y mecánicas similares?</i> | 53,84 |
| 2 | Elabora un modelo que explique las atracciones que se presentan entre los iones positivos y los electrones libres en un metal. | 45,15 |
| 3 | ¿Qué relación existe entre la estructura de los metales y el hecho que sean sólidos, duros, maleables o dúctiles? | 45,15 |
| 4 | ¿Qué relación existe entre la estructura de los metales y el hecho que sean buenos conductores del calor y la electricidad? | 84,62 |

| | | |
|---|--|-------|
| 5 | Representa la estructura de los iones de hierro en una puntilla, de cobre en un alambre, de oro y plata en el trofeo de la copa mundo. | 38,46 |
| 6 | ¿Existe alguna relación entre la estructura del oro, plata, cobre, platino y sus elevados puntos de fusión? | 50 |
| 7 | Si un metal está constituido por una sola clase de átomos ¿Cómo se explica que exista el enlace metálico? | 53,85 |

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 14 se indica la sumatoria de los puntajes y porcentajes obtenidos por los equipos de estudiantes, en las preguntas de la situación problemática 1 La copa mundo.

Figura 14. Sumatoria resultados pre y post- tes situación problemática 1



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la situación problemática 1, después de la aplicación de la estrategia pedagógica permiten realizar el siguiente análisis. Los equipos de estudiantes, en su mayoría, establecieron que la buena conductividad del calor y la electricidad del hierro, oro, cobre y plata es debida a la gran movilidad de los electrones en la estructura cristalina de estos metales; relacionando así lo microscópico (estructura cristalina) con propiedades macroscópicas de los metales (conductividad del calor y electricidad).

Además, los resultados post- estrategia, indican que los estudiantes mejoraron en la comprensión de las atracciones electrostáticas multidireccionales entre cationes y los que fueron sus electrones externos. También se observó, en estos equipos de estudiantes, un mejoramiento al relacionar la estructura microscópica de los metales con propiedades macroscópicas como la dureza, ductilidad, maleabilidad y el elevado punto de fusión de metales como el hierro, oro, cobre y plata. Sin embargo, los estudiantes presentaron algunas dificultades para establecer que el elevado punto de fusión obedece a las interacciones multidireccionales entre los cationes y los electrones de estos metales.

Los resultados también muestran que la mayor dificultad que presentaron los equipos de estudiantes fue la representación de las estructuras cristalinas metálicas, de acuerdo con la celda unitaria. Es decir, los estudiantes tuvieron dificultades al dibujar la estructura cúbica centrada en la cara (FCC) para los metales oro, plata, cobre y la estructura cúbica centrada en el cuerpo (BBC) en el caso del hierro. En concordancia con estos resultados, De posada (1997) encontró que sólo muy pocos estudiantes son capaces de dibujar una red metálica. A pesar de esta dificultad, la mayoría de los equipos elaboró dibujos con los símbolos de estos cationes rodeados de los electrones externos de acuerdo con el modelo del “mar de electrones”. Estos resultados pueden obedecer al hecho que las estructuras cristalinas eran desconocidos para los estudiantes porque estas temáticas no se abordan en el bachillerato, a la poca transferencia de conceptos de geometría para representar las celdas unitarias y a que los estudiantes asocian erróneamente el término cristal, con un material transparente como el vidrio de las ventanas o de los vasos que usan a diario.

En general, los resultados post- estrategia permiten afirmar que la resolución de la situación problemática 1 La copa mundo, generó en los estudiantes un mejoramiento en la comprensión de conceptos relacionados con el enlace metálico. Esto se evidencia en que antes de la aplicación de la estrategia pedagógica, la sumatoria de los puntajes

obtenidos por los equipos de estudiantes fue de 18 puntos, es decir un 9,88% y después de la estrategia pedagógica dicho valor fue de 115 puntos, equivalente a un 63,18% del máximo puntaje posible (182 puntos), generándose un porcentaje de mejora del 53,3%.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 2. Vida salada**

En la tabla 21 se relaciona el mejoramiento porcentual en las respuestas dadas por los equipos de estudiantes en cada una de las preguntas de la situación problemática 2. Vida salada.

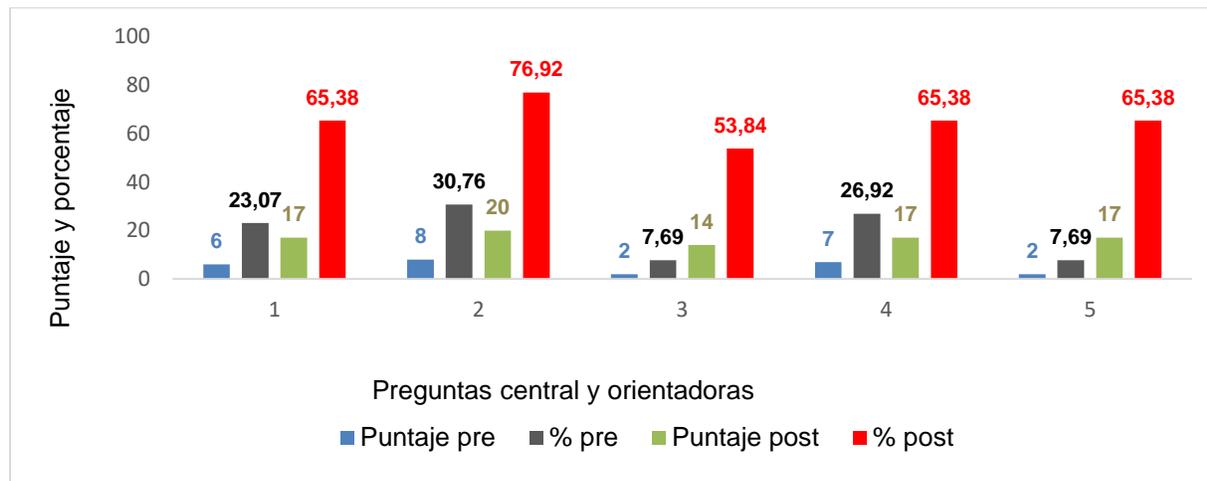
Tabla 21. Mejoramiento porcentual de las respuestas en la situación problemática 2

| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras | Porcentaje de mejora |
|---------------|--|-----------------------------|
| 1 | ¿Qué le sucede al cloruro de sodio cuando se efectúa la solvatación con moléculas de agua? | 42,31 |
| 2 | Elabora un modelo de la estructura del cloruro de sodio e indica la clase de enlace químico formado. | 46,16 |
| 3 | ¿Qué importancia biológica tiene el hecho que la sal sea soluble en agua? | 46,15 |
| 4 | ¿Qué tipo de interacciones se presentan entre el cloruro de sodio y el agua? | 38,46 |
| 5 | ¿Cómo son las atracciones entre los iones sodio y cloro en el cloruro de sodio? | 57,69 |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se muestra la sumatoria de los puntajes y porcentajes obtenidos por los equipos de estudiantes en las preguntas de la situación problemática 2 Vida salada.

Figura 15. Sumatoria resultados pre y post test estrategia situación problemática 2



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la situación problemática 2, después de la aplicación de la estrategia pedagógica permiten realizar el siguiente análisis. La mayoría de los estudiantes manifestó que en el cloruro de sodio se forman enlaces iónicos y dibujó la estructura cristalina cúbica, indicando con diferentes colores los cationes Na^+ y los aniones Cl^- . Los resultados post- estrategia, muestran también que los estudiantes mejoraron en la comprensión de las atracciones electrostáticas multidireccionales entre los cationes Na^+ y aniones Cl^- . El hecho de representar la estructura cúbica del cloruro de sodio (NaCl), superó los resultados obtenidos con estudiantes de edades similares en España (Valcárcel et al., 2005) y en ciudad de México (García & Garritz, 2006). Estos resultados pueden obedecer al hecho que el cloruro de sodio es un compuesto muy conocido para los estudiantes, a la representación cúbica de esta sal presente en los textos de química para bachillerato y a que los estudiantes construyeron modelos de estructuras cristalinas tridimensionales utilizando esferas de casquete perforado.

Así mismo, estos resultados indican que la mayor dificultad que presentaron los estudiantes fue la comprensión del proceso de disociación del cloruro de sodio por solvatación con moléculas de agua. Es decir, los estudiantes indicaron la disociación del

NaCl en iones Na^+ y Cl^- , pero la mayoría no explicó que la ruptura de las atracciones electrostáticas entre los iones en el cristal es debida a las interacciones por estos iones con las moléculas de agua. Casi todos los estudiantes elaboraron dibujos de cationes sodio y aniones cloro, rodeados por moléculas de agua; sin embargo, son muy pocos los estudiantes que expresaron que este tipo de solvatación involucra interacciones ion-dipolo. Estas dificultades también se observaron cuando a los estudiantes se les pidió que expliquen la importancia de los procesos de disociación en las células y seres vivos.

Las anteriores dificultades presentadas por los estudiantes pueden deberse a los siguientes hechos: la poca familiaridad con esta temática, la falta de relación del enlace iónico con los procesos de disociación por solvatación y las interacciones ion-dipolo, en los textos de química de bachillerato; el nivel de abstracción y la carencia de conceptos previos que involucren interacciones electrostáticas y aspectos termodinámicos de las disoluciones.

Básicamente, los resultados post- estrategia, permiten afirmar que la resolución de la situación problemática 2, generó en los estudiantes un mejoramiento en la comprensión de conceptos relacionados con el enlace iónico. Esto se aprecia en la diferencia evidente entre la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes, antes y después de la estrategia fue de 25 puntos (19,23%) y 85 puntos, (65,38%) respectivamente (del máximo puntaje posible 130 puntos), observándose una mejora del 46,07%.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 3. Huevos cocidos**

En la tabla 22 se observa el mejoramiento porcentual en las respuestas de los estudiantes en cada una de las preguntas de la situación problemática 3 Huevos cocidos.

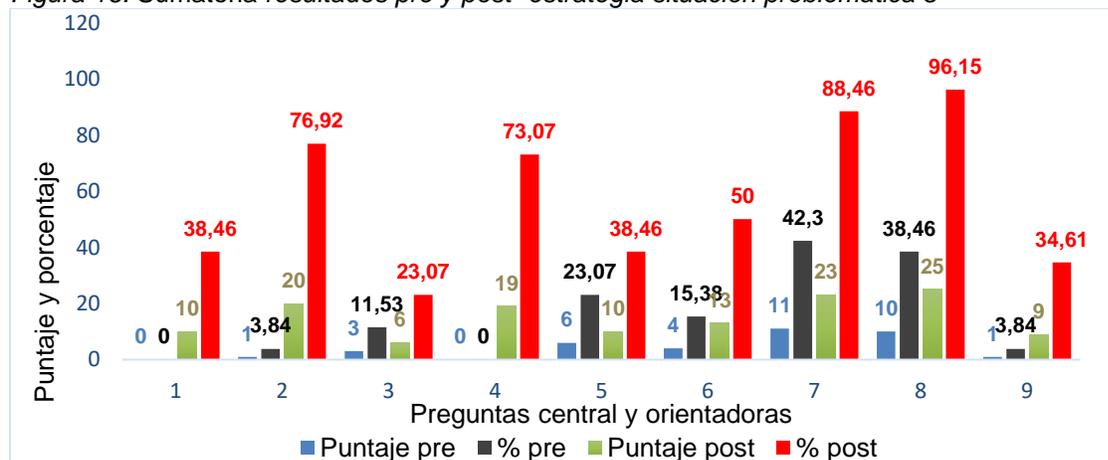
Tabla 22. Mejoramiento porcentual de las respuestas en la situación problemática 3

| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras | Porcentaje de mejora |
|--------|--|----------------------|
| 1 | ¿Existe alguna relación entre el tipo de enlace químico de las sustancias y el que algunas de ellas huelan y otras no? | 38,46 |
| 2 | ¿Qué crees que sucede cuando las proteínas se desnaturalizan por acción del calor? | 73,08 |
| 3 | ¿Por qué crees que la adición de agua o bajar la temperatura con hielo disminuye el olor y evita el cambio de color de la yema de huevo? | 11,54 |
| 4 | ¿El sulfuro de hidrógeno es soluble en agua? ¿Por qué lo sería? | 73,07 |
| 5 | ¿Qué características crees que tiene el sulfuro de hidrógeno para llegar hasta nuestras fosas nasales y ser detectado fácilmente? | 15,39 |
| 6 | ¿Qué es lo que hace que los átomos de azufre e hidrógeno permanezcan unidos? | 34,62 |
| 7 | ¿Qué clase de enlace químico se forma en el sulfuro de hidrógeno? | 46,16 |
| 8 | Elabora un modelo de la estructura molecular del sulfuro de hidrógeno. | 57,69 |
| 9 | Elabora una explicación de lo que sucede cuando el sulfuro de hidrógeno reacciona con el hierro. | 30,77 |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se indica la sumatoria de los puntajes y porcentajes obtenidos por los estudiantes, en las preguntas de la situación problemática 3. Huevos cocidos.

Figura 16. Sumatoria resultados pre y post- estrategia situación problemática 3



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la situación problemática 3, posterior a la aplicación de la estrategia pedagógica permiten realizar el siguiente análisis. La mayoría de los equipos de estudiantes mejoró la representación del sulfuro de hidrógeno, mediante la fórmula estructural de guiones, señalando que es una molécula con enlace covalente polar, lo cual le permite establecer interacciones electrostáticas con los dipolos de las moléculas de agua. Los resultados post estrategia, indican asimismo, que los equipos de estudiantes mejoraron la comprensión de que por acción del calor las proteínas presentes en la clara de huevo se desnaturalizan, debido a la ruptura de atracciones débiles como puentes de disulfuro y de hidrógeno; estableciendo así una relación entre la desnaturalización y el hecho que la clara de huevo se solidifique, adquiera color blanco y que el olor característico de los huevos cocidos es debido a la formación de sulfuro de hidrógeno.

En los resultados también se observa que los equipos de estudiantes presentaron dificultades para explicar lo siguiente: la volatilidad del sulfuro de hidrógeno, la reacción del sulfuro de hidrógeno con el hierro, la disminución del olor característico de los huevos cocidos al contacto con agua fría y cómo evitar los cambios en el color característico de la yema de los huevos cocidos al disminuir la temperatura con agua fría o con hielo, después de la cocción. Estos resultados pueden ser debidos al hecho que el efecto de la temperatura en la solubilidad de los gases (ley de Henry) y la comprensión de las reacciones químicas, eran aspectos desconocidos para los estudiantes. La solubilidad de un gas como el sulfuro de hidrógeno en el agua, aumenta al disminuir la temperatura, debido a que se incrementan las interacciones del gas con las moléculas de agua y como consecuencia la disminución del olor característico de los huevos cocidos. La volatilidad del sulfuro de hidrógeno está relacionada con el bajo peso molecular y el bajo punto de ebullición debido a las débiles interacciones intermoleculares.

El estudio de las reacciones químicas a nivel de bachillerato se realiza con posterioridad al enlace químico; este desconocimiento dificulta en los estudiantes la comprensión de la reacción del sulfuro de hidrógeno con el hierro presente en la yema de huevo. La

formación de los compuestos sulfuro de hierro (2) y sulfuro de hierro (3), le dan respectivamente, la coloración gris y verde a la yema de los huevos cocidos. Por lo tanto, el enfriamiento de los huevos cocidos evita que se presente la anterior reacción, conservando el color amarillo de la yema de los huevos.

De acuerdo con los resultados post- estrategia, la resolución de la situación problemática 3 ocasionó en los estudiantes un mejoramiento en la comprensión de conceptos relacionados con el enlace covalente. Lo anterior se confirma con la diferencia existente entre la sumatoria de los puntajes alcanzados por los equipos de estudiantes, que fue respectivamente 36 puntos (15,38%) y 135 puntos (57,69%) antes y después de la estrategia (del máximo puntaje posible 234 puntos), generándose una mejora del 42,31%.

4.2. Resolución de situaciones problemáticas 4-15

A continuación, se presentan las sumatorias de los puntajes con los porcentajes obtenidos por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas referidas a las situaciones problemáticas (4 al 15) resueltas durante la implementación de la estrategia.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 4 Los floreros de Llorente**

En la tabla 23 se relaciona la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática 4. Los floreros de Llorente.

Tabla 23. Preguntas de la situación problemática 4 Los floreros de Llorente

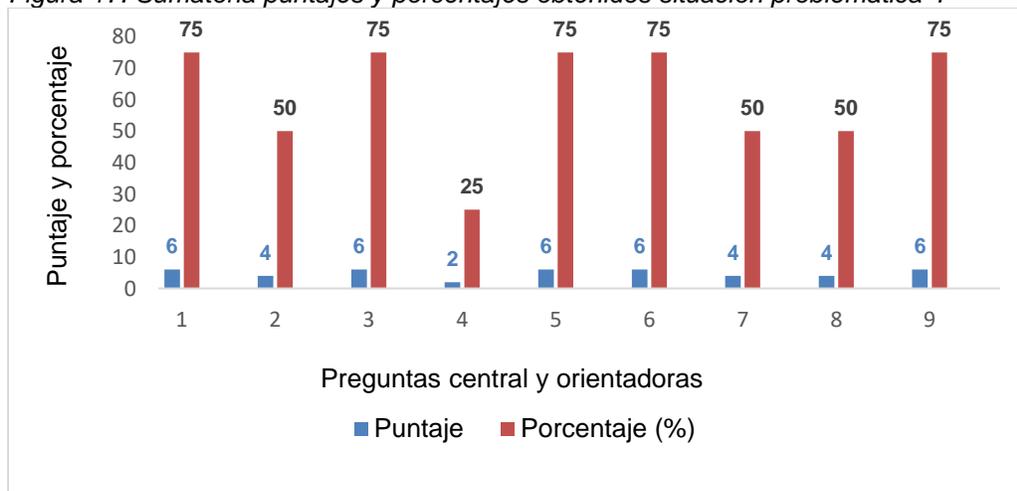
| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|---------------|--|
| 1 | <i>¿Por qué el florero de yeso se rompe, en cambio, el de plata sólo se deforma?</i> |
| 2 | ¿Cuál es la composición química del yeso? |

- 3 ¿Qué clase de enlace químico hay en las sustancias constituyentes de estos dos floreros?
- 4 Elabora modelos que expliquen las atracciones electrostáticas en el sulfato de calcio y en la plata.
- 5 ¿Qué relación existe entre la estructura microscópica de los enlaces químicos en el yeso y el hecho que éste sea un material duro y frágil a la vez?
- 6 ¿Qué relación existe entre la estructura microscópica de los enlaces químicos en la plata y el hecho que este sea un metal maleable y dúctil?
- 7 Las láminas de Dry Wall (prefabricados de yeso) son aislantes térmicos que se usan en techos y paredes de las casas de climas cálidos. ¿Qué relación existe entre la estructura microscópica de los enlaces químicos del yeso y la propiedad de ser un mal conductor del calor?
- 8 ¿Qué relación existe entre el enlace químico y las propiedades macroscópicas de fragilidad y maleabilidad?
- 9 ¿Por qué se usa el yeso y no un metal en el recubrimiento de fracturas de huesos?

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17 se indica la sumatoria de los puntajes y porcentajes de respuesta correcta obtenidos por los equipos de estudiantes, en las preguntas de la situación problemática cuatro (4).

Figura 17. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 4



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la situación problemática 4, que aborda los modelos explicativos de enlace iónico y metálico permiten realizar el siguiente análisis. La mayoría de los equipos de estudiantes manifestó lo siguiente: propiedades físicas como la dureza y la no conductividad del yeso son debidas a la fuerte atracción de los iones fijos en la estructura cristalina de compuestos iónicos en estado sólido. El yeso se rompe por acción de una fuerza externa, a causa de un deslizamiento de las capas de iones y el enfrentamiento de iones del mismo signo ocasiona una repulsión capaz de fracturar el cristal de este material. Propiedades físicas como la maleabilidad y la ductilidad de la plata, son debidas a que los cationes Ag^+ se pueden “resbalar” unos sobre otros gracias a la existencia de una capa de electrones móviles que los separan, cuando sobre el metal se ejerce una fuerza externa. De esta manera, los equipos estudiantes establecieron una relación entre lo microscópico (estructura cristalina) y las propiedades macroscópicas (maleabilidad, ductilidad, dureza y conductividad del calor) de la plata y del yeso.

Los resultados también indican que la mayor dificultad que presentaron los equipos de estudiantes fue la representación de los modelos de las estructuras cristalinas del sulfato de calcio (yeso) y de la plata. Estos resultados pueden deberse a la complejidad y poca familiaridad con las estructuras cristalinas metálicas e iónicas; como también a la poca transferencia de conceptos geométricos necesarios para dibujar estructuras cúbicas (FCC) en el caso de la plata y tetraédricas en el caso del sulfato de calcio.

Por otra parte, el que la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes, fuera de 22 puntos (61,11%) de un máximo de 36 puntos, muestra que en general, la resolución de esta situación problemática generó un mejoramiento en la comprensión de algunos conceptos relacionados con los modelos de enlace iónico y metálico.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 5. “Los que se mueven”**

En la tabla 24 se relaciona la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática 5 “Los que se mueven”.

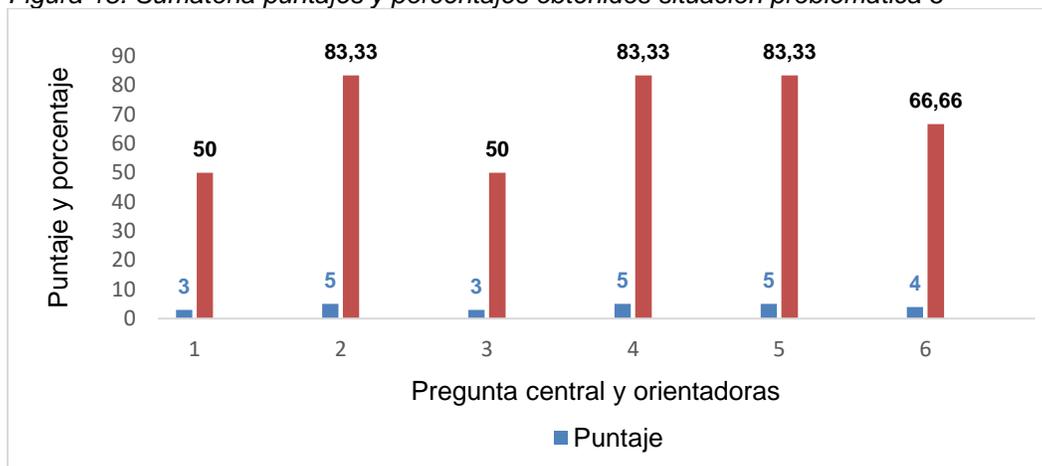
Tabla 24. Preguntas de la situación problemática 5. “Los que se mueven”.

| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|--------|--|
| 1 | ¿Cómo se explica que la presencia de iones en una disolución modifique el punto de congelación, el punto de ebullición y la presión de vapor del solvente? Se tiene dos beakers: uno contiene agua lluvia y el otro, agua de mar ¿Cuál es más fácil de congelar y por qué? |
| 2 | ¿Por qué los peces del océano ártico, que viven a temperaturas inferiores a 0°C, suelen tener en la sangre concentraciones elevadas de Na ⁺ y de Cl ⁻ ? |
| 3 | ¿Por qué el agua potable alcanza su punto de ebullición antes que el agua de mar? |
| 4 | ¿Cuál de las siguientes soluciones hierve a mayor temperatura: una salina o una azucarada? Justifica tu respuesta. |
| 5 | ¿Por qué las pantalonetas que usamos al bañarnos en el mar se demoran más en secarse, que las pantalonetas usadas al bañarnos en un río? |

Fuente: Elaboración propia

Los datos registrados en figura 18 corresponden a la sumatoria de los puntajes y porcentajes de respuesta correcta, obtenidos por los equipos de estudiantes en cada una de las preguntas de la situación problemática 5.

Figura 18. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 5



Fuente: Elaboración propia

El análisis de los resultados de la situación problemática 5, permite señalar que la mayoría de los equipos de estudiantes estableció que la presencia de iones disueltos en el agua ocasiona variaciones en su punto de ebullición y punto de congelación. Los estudiantes consideran que los iones hacen que a las moléculas de agua les cueste más moverse y desplazarse, lo que provoca que sea más difícil llegar al punto de ebullición. Además, los estudiantes relacionaron que la presencia de iones provoca que el agua se congele a menor temperatura; pero, no elaboraron mayores explicaciones al respecto. Algunos estudiantes solo mencionaron que hay una disminución de la presión de vapor del agua y admitieron la presencia de interacciones electrostáticas entre los iones y los dipolos de las moléculas de agua.

En los resultados también se observa que las mayores dificultades se presentaron cuando los equipos de estudiantes se enfrentaron a situaciones que involucran propiedades coligativas en contextos diferentes a la química, como las relacionadas con procesos biológicos y físicos. Estos resultados pueden obedecer al desconocimiento de los estudiantes de conceptos relacionados con las propiedades del estado gaseoso y de las soluciones; como lo son la presión de vapor, el mecanismo cinético del proceso de vaporización (ley de Raoult), la molalidad y el proceso de disociación de las sales como el cloruro de sodio por solvatación con moléculas de agua.

La sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes fue de 26 puntos (69,44%) del máximo posible (36 puntos), muestra que la resolución de esta situación problemática generó en los estudiantes un mejoramiento en la comprensión de algunos conceptos relacionados con el modelo de enlace iónico.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 6 El tour del banano**

En la tabla 25 se relaciona la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática 6 El tour del banano.

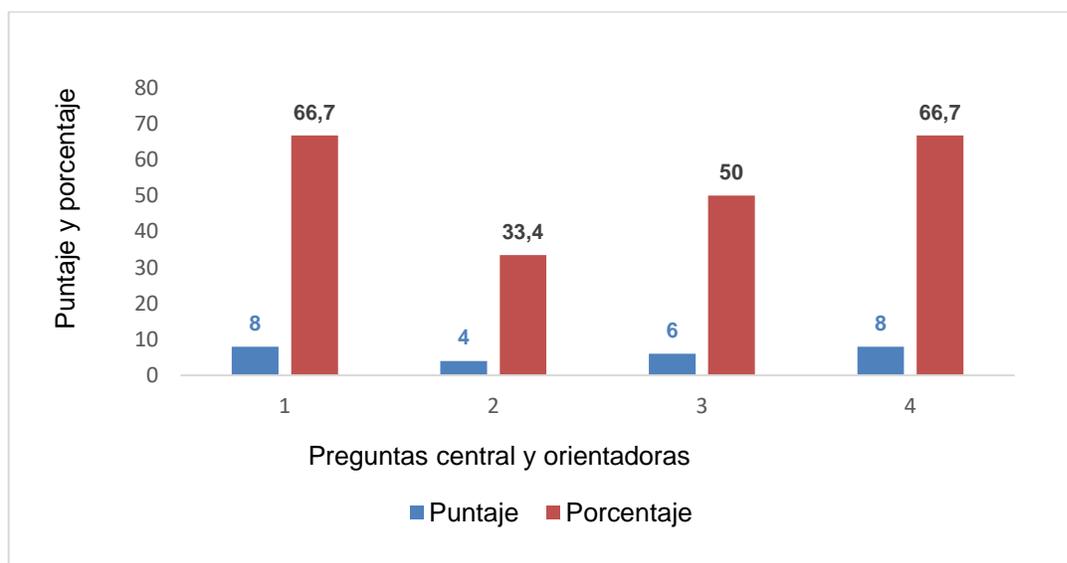
Tabla 25. Preguntas de la situación problemática 6 El tour del banano

| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|--------|--|
| 1 | Elabora un modelo de la estructura del cloruro de potasio, e indica la clase de enlace químico. |
| 2 | ¿Qué importancia biológica tiene el hecho que esta sal sea soluble en agua? |
| 3 | Elabora un modelo que explique la disociación y solvatación del cloruro de potasio |
| 4 | ¿Qué tipo de atracciones crees que se puedan presentar entre las moléculas de agua y los iones potasio (K^+) y cloruro (Cl^-)? |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 se indica la sumatoria de los puntajes y porcentajes alcanzados por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de la situación problemática 6 El tour del banano.

Figura 19. Sumatoria puntajes y porcentajes de respuesta situación problemática 6



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los resultados indica que posteriormente a la resolución de la situación problemática 6, la mayoría de los equipos de estudiantes manifestó que en el cloruro de potasio hay enlaces iónicos y dibujaron la estructura cristalina cúbica, indicando con

colores diferentes los cationes K^+ y los aniones Cl^- . En los resultados se ve que los estudiantes mejoraron en la comprensión de las atracciones electrostáticas multidireccionales entre los cationes K^+ y aniones Cl^- . Los estudiantes señalaron igualmente, que los iones potasio y cloruro, establecen atracciones electrostáticas con los dipolos de las moléculas de agua. Estos resultados pueden ser consecuencia de lo siguiente: el cloruro de potasio es un compuesto con estructura cristalina muy similar al cloruro de sodio, la representación cúbica de esta sal se encuentra en los textos de química para bachillerato y a qué, los estudiantes construyeron modelos de estructuras cristalinas tridimensionales utilizando esferas de casquete perforado.

Los resultados dejan ver que los equipos de estudiantes presentaron mayor dificultad, cuando se enfrentaron a situaciones que involucran la comprensión del proceso de disociación del cloruro de potasio por solvatación con moléculas de agua en contextos relacionados con procesos biológicos, como ejemplo, el funcionamiento de la bomba sodio-potasio en la membrana celular. La mitad de los equipos de estudiantes elaboró dibujos de cationes sodio y aniones cloro, rodeados por moléculas de agua; sin embargo, muy pocos estudiantes expresaron que este tipo de solvatación involucra interacciones ion-dipolo.

Las anteriores dificultades pueden estar relacionadas con el tratamiento dado en los textos de química de bachillerato, donde no se contextualiza el enlace iónico con los procesos de solvatación, las fuerzas de Interacción ion -dipolo y los fenómenos de transporte de iones a nivel celular. De otro lado, pueden ser explicados por la ausencia en los estudiantes de conceptos previos, relacionados con aspectos energéticos de las disoluciones y por la baja transferencia de conceptos químicos para explicar procesos biológicos a nivel celular.

En general, los resultados permiten afirmar que la resolución de esta situación problemática generó en los estudiantes mayor comprensión de algunos conceptos relacionados con el modelo de enlace iónico. Esto se observa en el puntaje de la

sumatoria obtenido por los equipos de estudiantes, que fue de 13 puntos, (54,16%) de un máximo posible de 24.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 7 “Agüita para mi gente”**

En la tabla 26 se relaciona la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática 7 “Agüita para mi gente”.

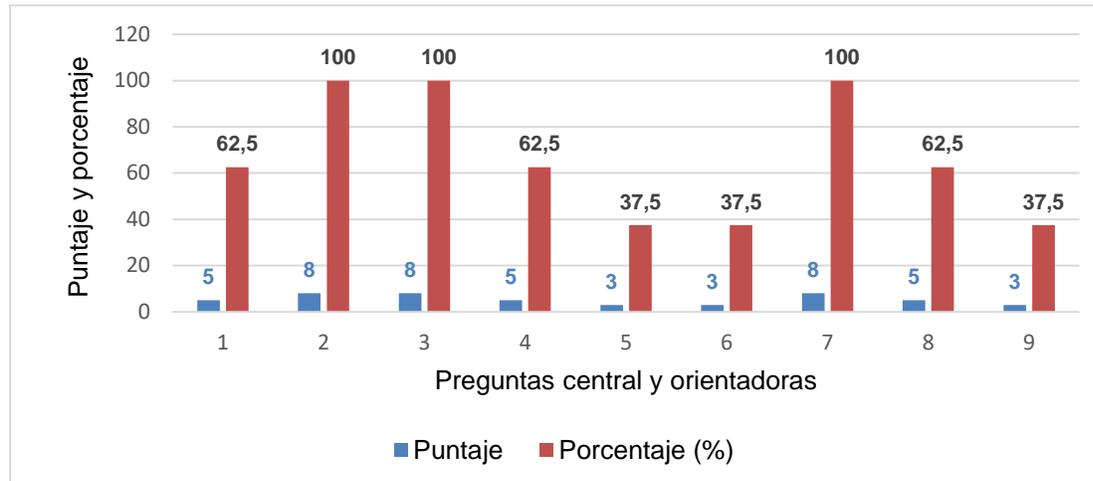
Tabla 26. Preguntas de la situación problemática 7 “Agüita para mi gente”.

| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|--------|---|
| 1 | <i>¿Tiene algo que ver el tipo de enlace químico presente en el sulfato de aluminio con su solubilidad en agua?</i> |
| 2 | ¿Cuál es la diferencia entre coagulación y floculación? |
| 3 | Indica las principales características de los coloides. |
| 4 | ¿A qué se debe la solubilidad del sulfato de aluminio en agua? |
| 5 | Elabora un modelo de la estructura de la red cristalina del sulfato de aluminio e indica la clase de enlace químico. |
| 6 | Elabora un modelo que explique la disociación y solvatación del sulfato de aluminio. |
| 7 | ¿Para qué se le agrega sulfato de aluminio al agua? |
| 8 | ¿Qué crees que sucede cuando el sulfato de aluminio se disuelve en agua? |
| 9 | ¿Qué mecanismos crees que puedan utilizar las moléculas de agua para unirse con los iones aluminio (Al^{+3}) y sulfato (SO_4^{-2})? |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20 se presenta la sumatoria de los puntajes y porcentajes de respuesta correcta obtenidos por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de la situación problemática 7 “Agüita para mi gente”.

Figura 20. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 7



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos por los estudiantes en la situación problemática “Agüita para mi gente”, que aborda el modelo explicativo de enlace iónico, dejan realizar las siguientes inferencias.

Los equipos de estudiantes expresaron con claridad la diferencia entre coagulación y floculación, describieron las principales características de los coloides y explicaron que el sulfato de aluminio se emplea para clarificar el agua potable debido a que es un coagulante, que sedimenta los sólidos en suspensión en el agua. Estos resultados pueden ser debidos a que estos conceptos son de menor complejidad y están presentes en los textos de química de bachillerato, tanto físicos como virtuales.

Los resultados también muestran que las mayores complicaciones para los estudiantes están relacionadas con la representación de la estructura cristalina del sulfato de aluminio y con la explicación del proceso de disociación del sulfato de aluminio por solvatación con moléculas de agua. En lo referente a la estructura cristalina, las representaciones elaboradas por los estudiantes muestran 2 iones Al^{+3} rodeados de 3 iones SO_4^{-2} . Con respecto a la disociación y solvatación, la mayoría de los estudiantes hizo dibujos de cationes aluminio y aniones sulfato, rodeados por moléculas de agua;

pero, no explicitaron que la ruptura de las atracciones electrostáticas entre los iones en el cristal es debida a la interacción con las moléculas de agua. En menor proporción los equipos de estudiantes expresaron que este tipo de solvatación involucra interacciones ion-dipolo.

Los anteriores resultados pueden ser consecuencia de lo siguiente: la complejidad de la estructura del sulfato de aluminio, la poca transferencia de conceptos geométricos necesarios para dibujar estructuras que involucran tetraedros, y a la falta de conexión del enlace iónico con los procesos de disociación por solvatación y con las interacciones ion-dipolo, en los textos de química de bachillerato. Además, podrían deberse al nivel de abstracción de dichos conceptos y a la ausencia de conceptos previos en los estudiantes que involucren interacciones electrostáticas y aspectos termodinámicos de las disoluciones.

Básicamente, la resolución de esta situación problemática mejoró en los estudiantes la comprensión de algunos conceptos relacionados con el modelo de enlace iónico. Esto puede evidenciarse en que la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes fue de 48 puntos, (66,66 %) de un máximo puntaje posible de 72 puntos.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 8 Solteros son tóxicos, pero casados son comestibles**

En la tabla 27 se relaciona la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática 8 Solteros son tóxicos, pero casados son comestibles.

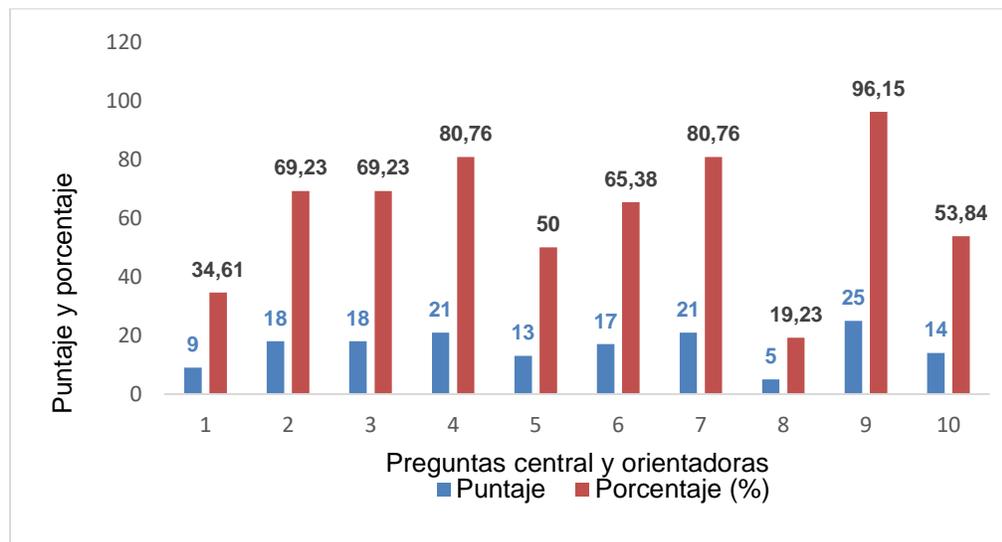
Tabla 27. Preguntas situación problemática 8 Solteros son tóxicos, pero casados son comestibles

| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|--------|--|
| 1 | ¿Qué cambios físicos y químicos deben ocurrir para generarse la anterior situación? |
| 2 | Elabora un modelo de la estructura del cloruro de sodio e indica la clase de enlace químico. |
| 3 | ¿Cómo son las atracciones entre los iones sodio y cloruro? |
| 4 | ¿Por qué el cloruro de sodio no conduce la electricidad en estado cristalino y sí lo hace cuando está disuelto en agua? |
| 5 | ¿Qué se puede deducir de las configuraciones electrónicas y las estructuras de Lewis del sodio y del cloro? |
| 6 | Representa y explica el proceso de formación de los iones sodio y cloro, y, del compuesto cloruro de sodio. |
| 7 | Realiza una comparación del átomo de sodio con el catión sodio y entre el átomo de cloro y el anión cloruro; con base en las siguientes variables: número de protones, número de electrones, tamaño atómico e iónico, electrones de valencia, configuración electrónica. |
| 8 | Durante la formación del enlace entre los cationes sodio y aniones cloruro se libera energía en forma de luz y calor. ¿Cuáles son más estables, los átomos de sodio y cloro antes, o después de enlazarse? |
| 9 | Realiza una comparación entre las siguientes propiedades físicas y químicas del cloro, del sodio y del cloruro de sodio: color, estado físico, punto de fusión y ebullición, reactividad con el agua, toxicidad, estabilidad química. |
| 10 | ¿Qué relación existe entre la estructura microscópica de los enlaces químicos en el cloruro de sodio y el hecho que éste tenga un punto de ebullición elevado? |

Fuente: *Elaboración propia*

En la figura 21 se indica la sumatoria de los puntajes y porcentajes de respuesta correcta alcanzados por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de la situación problemática 8 Solteros son tóxicos, pero casados son comestibles.

Figura 21. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 8



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos para esta situación problemática que trata conceptos relacionados con el modelo explicativo de enlace iónico, permiten realizar algunas deducciones. La mayoría de los equipos de estudiantes establecieron las principales semejanzas y diferencias entre los átomos de sodio y cloro con los cationes sodio y los aniones cloruro, respectivamente. Igualmente, los estudiantes lograron hacer una comparación entre las propiedades físicas y químicas del cloro, sodio y cloruro de sodio. En su mayor parte, ellos explicitaron que la conductividad eléctrica del cloruro de sodio en solución es debida a la movilidad de los iones.

Los resultados demuestran que los estudiantes presentaron dificultades para establecer los cambios físicos y químicos ocurridos, durante la formación del cloruro de sodio y para explicar que este compuesto, tiene mayor estabilidad energética que los átomos de sodio y cloro antes de enlazarse. Solo un bajo porcentaje de los estudiantes argumentó que al formarse el enlace iónico entre el sodio con el cloro se libera energía, en este caso en forma de luz y calor. Igualmente, muy pocos equipos de estudiantes relacionaron los cambios químicos ocurridos durante la obtención del cloruro de sodio, con la formación de cationes Na^{+1} y aniones Cl^{-1} y la estructura cristalina. Esto indica que los estudiantes

tuvieron problema para establecer una relación entre lo microscópico (estructura cristalina) y lo macroscópico (propiedades físicas) del cloruro de sodio. Lo anterior, puede ser efecto del desconocimiento de los cambios energéticos en una reacción química, temática que se aborda con posterioridad al enlace químico; como también por falta de claridad conceptual sobre cambios físicos, cambios químicos, y por la dificultad para identificar estos últimos cambios en una reacción química.

En términos generales, los resultados que muestran como la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes, es de 161 puntos, (61,92%) del máximo posible de 260 puntos, dejan afirmar que la resolución de esta situación problemática mejoró la comprensión en los estudiantes, de varios conceptos relacionados con el modelo de enlace iónico.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 9 “Los 33”**

En la tabla 28 se relaciona la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática “Los 33”.

Tabla 28. Preguntas de la situación problemática 9 “Los 33”

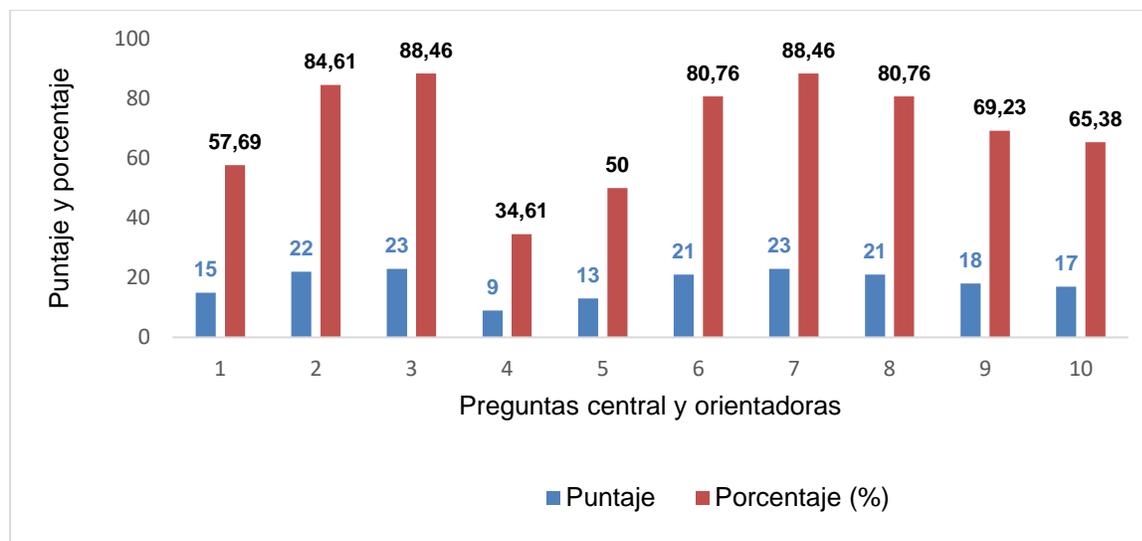
| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|--------|---|
| 1 | <i>¿Por qué si estos materiales están formados por átomos de carbono, tienen propiedades tan diferentes?</i> |
| 2 | Dibuja la estructura reticular del grafito y del diamante. |
| 3 | ¿Qué clase de enlace químico hay entre los átomos de carbono, en el grafito y en el diamante? |
| 4 | ¿Qué relación existe entre el enlace químico y las propiedades físicas como la dureza de estas sustancias? |

-
- 5 ¿Qué diferencia hay entre las interacciones electrostáticas de los átomos de carbono en el diamante y en el grafito?
 - 6 ¿Por qué los puntos de fusión diamante y del grafito son elevados?
 - 7 El grafito es un excelente conductor de la electricidad en cambio el diamante no. Elabora una explicación.
 - 8 Realiza una comparación entre las propiedades del grafito y del diamante.
 - 9 ¿Por qué con los taladros con brocas con puntas de diamante se pudo romper las rocas más duras?
 - 10 ¿Qué crees que sucede con las capas de grafito de un lápiz cuando escribimos un mensaje o pintamos sobre un papel?
-

Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 22 se presenta la sumatoria de los puntajes y porcentajes de respuesta correcta obtenidos por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de la situación problemática 9 “Los 33”.

Figura 22. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 9



Fuente. *Elaboración propia.*

Los resultados obtenidos sobre esta situación problemática que aborda conceptos relacionados con el modelo explicativo de enlace covalente reticular permiten realizar el siguiente análisis.

La resolución de esta situación problemática generó avances conceptuales, en la mayoría de los estudiantes, en los siguientes aspectos: lograron establecer que, tanto en el grafito y como en el diamante, los átomos de carbono se unen mediante enlace covalente reticular y dibujaron correctamente las estructuras cristalinas, hexagonal para el grafito y tetragonal para el diamante. Describieron las principales diferencias entre el diamante y el grafito. Relacionaron el elevado punto de fusión de estos materiales con la naturaleza multidireccional de sus enlaces covalentes, y explicaron que la conductividad eléctrica del grafito es debida a la movilidad de electrones entre los planos de los anillos hexagonales.

En estos resultados también se observa, que los estudiantes tienen inconvenientes para establecer la relación del enlace químico covalente reticular con la dureza del grafito y del diamante, es decir para relacionar el nivel microscópico con el macroscópico. Así, muy pocos grupos de estudiantes relacionaron la dureza con las fuertes atracciones electrostáticas de los átomos de carbono dentro de las estructuras reticulares. De igual manera, muy pocos equipos de estudiantes señalaron que las diferencias en las propiedades del diamante y el grafito son debidas al número de interacciones entre los átomos de carbono y a la geometría de estos materiales, o sea que en el diamante el carbono se enlaza con otros 4 átomos de carbono, dando como resultado una geometría tetragonal y que, en cambio, en el grafito el carbono se enlaza con otros 3 átomos de carbono dando una geometría hexagonal.

Los anteriores resultados pueden obedecer a la poca transferencia de conceptos geométricos; como también, al desconocimiento de los modelos de hibridación sp^2 y sp^3 y la estabilidad energética del diamante y el grafito en estas configuraciones hibridadas. Por otra parte, la hibridación es una temática compleja y abstracta que, en el nivel de

educación media, se aborda con posterioridad al tema de enlace químico, para explicar la geometría y estructura de las moléculas orgánicas.

El mejoramiento logrado en la comprensión de varios conceptos relacionados con el modelo de enlace covalente reticular, luego de la resolución de esta situación problemática, se evidencia al observar que la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes fue de 182 puntos (70%) del máximo posible de 260 puntos.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 10 El material del futuro**

En la tabla 29 se relaciona la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática 10 El material del futuro

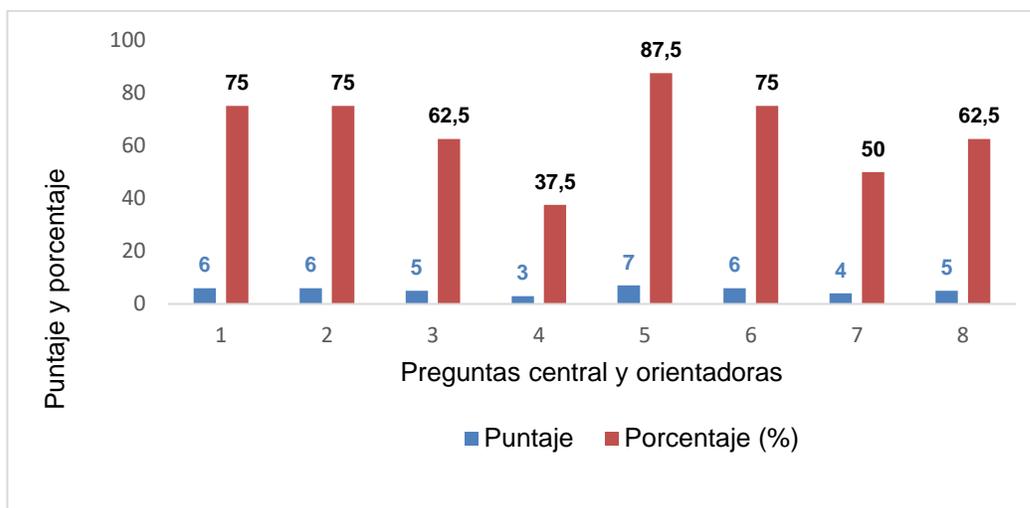
Tabla 29. Preguntas de la situación problemática 10 El material del futuro

| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|--------|--|
| 1 | ¿A qué se debe que el grafeno sea una sustancia, dura, flexible, transparente, elástica, liviana, buena conductora del calor y la electricidad? |
| 2 | Elabora un modelo de la estructura del grafeno. Indica el tipo de atracciones interatómicas en las nanocapa del grafeno. |
| 3 | ¿Qué clases y cuántos enlaces químicos forman los átomos de carbono en el grafeno? |
| 4 | ¿Cómo se explica la gran resistencia del grafeno? |
| 5 | ¿Cómo se explica la alta conductividad eléctrica del grafeno? |
| 6 | ¿Consideras posible que en unos años se utilice el grafeno para realizar implantes que sustituyan los tejidos dañados y para producir medicamentos para curar el cáncer? |
| 7 | Si el grafito, los fullerenos y los nanotubos, están constituidos por grafeno: ¿Qué los diferencia? |
| 8 | ¿Para qué se usa actualmente el grafeno y cuáles serían sus aplicaciones futuras? |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 23 se enseña la sumatoria de los puntajes y porcentajes de respuesta correcta obtenidos por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de la situación problemática 10 *El material del futuro*.

Figura 23. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 10



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos por los equipos de estudiantes en la situación problemática 10, en la cual se estudia conceptos inherentes al modelo explicativo de enlace covalente reticular, llevan a formular las siguientes inferencias.

Los equipos de estudiantes describieron con claridad las propiedades del grafeno, sus posibles aplicaciones en electrónica, informática y a nivel de medicina, dibujaron la estructura reticular del grafeno indicando que el carbono se enlaza de manera covalente con otros 3 átomos de carbono en capas de forma hexagonal. Los anteriores resultados se pueden atribuir a lo novedoso y versátil de este material, lo cual motivó la búsqueda de información en la Web, porque en los textos de química de bachillerato no hay información al respecto.

Los resultados también muestran que los equipos de estudiantes presentaron dificultades para explicar la gran resistencia del grafeno. Así, pocos estudiantes

relacionaron la resistencia del grafeno con las fuertes atracciones electrostáticas, o con la gran cantidad de enlaces multidireccionales de los átomos de carbono en la red hexagonal. Además, sólo parcialmente los equipos de estudiantes expresaron las diferencias existentes entre grafeno, nanotubos y fullerenos. Dichas dificultades pueden obedecer al desconocimiento de la hibridación sp^2 y de los enlaces covalentes tipo sigma, que se establecen entre los átomos de carbono, que le confieren a la red cristalina del grafeno una elevadísima resistencia a la rotura. Los conceptos sobre hibridación sp^2 , enlaces sigma (σ) y pi (π) no se contemplaron en este estudio.

Los resultados generales muestran que la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes fue de 42 puntos (65,62%) de un máximo posible de 64, lo que permite afirmar que la resolución de esta situación problemática mejoró en los estudiantes la comprensión de los conceptos relacionados con el modelo de enlace covalente reticular.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 11 Parejas muy estables**

En la tabla 30 se presenta la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática 11 Parejas muy estables.

Tabla 30. Preguntas de la situación problemática 11 Parejas muy estables

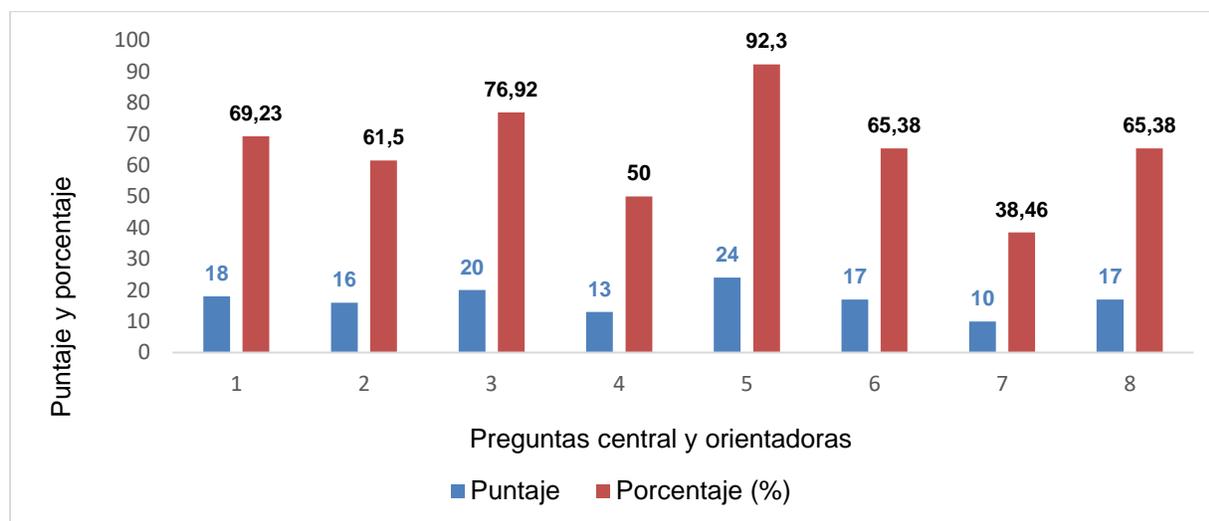
| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|--------|---|
| 1 | <i>¿Por qué las moléculas son más estables que los átomos separados?</i> |
| 2 | ¿Explica cómo son las atracciones que conducen a la formación de los enlaces covalentes en las moléculas de H_2 , O_2 y N_2 ? |
| 3 | ¿Qué relación existe en la electronegatividad y el enlace covalente? |
| 4 | ¿Explica cómo son las atracciones que conducen a la formación de los enlaces polares en las moléculas de H_2O y HCl ? |

- 5 Elabora modelos que representen la formación de los enlaces covalentes en las moléculas de H_2 , O_2 , N_2 , H_2O , CO_2 y HCl .
- 6 Representa las fórmulas estructurales de guiones de los siguientes compuestos orgánicos y explica cómo se enlazan sus átomos para formar las respectivas moléculas: metano (CH_4), etano (C_2H_6), propano (C_3H_8), eteno (C_2H_4), etino (C_2H_2), acetona ($C_3H_6O_2$), ácido acético ($C_2H_4O_2$). Clasifica los compuestos en polares y no polares.
- 7 ¿Cómo se explica que los electrones, siendo partículas con carga negativa, formen parejas sin que haya repulsión entre ellos?
- 8 ¿Qué diferencias existen entre los compuestos con enlace covalente y los compuestos con enlace iónico?

Fuente: Elaboración propia

En la figura 24 se observa la sumatoria de los puntajes y porcentajes de respuesta correcta obtenidos por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de la situación problemática 11 *Parejas muy estables*.

Figura 24. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 11



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la resolución de esta situación problemática que implica conceptos relacionados con el modelo explicativo de enlace covalente con moléculas diatómicas y con moléculas poliatómicas conducen al siguiente análisis.

En primer lugar, se puede afirmar que se observaron avances positivos en la mayoría de los equipos de estudiantes cuando: elaboraron dibujos para representar los enlaces covalentes en las moléculas diatómicas, indicando con puntos los pares de electrones compartidos entre los núcleos de los átomos; cuando establecieron con base en la diferencia de electronegatividad si el enlace covalente es polar o no polar; al expresar qué, en moléculas diatómicas, el enlace covalente es debido a atracciones electrostáticas unidireccionales entre los núcleos de los átomos y los electrones que se comparten. Además, los avances se evidencian cuando los estudiantes representaron con fórmulas estructurales de guiones las moléculas de algunos hidrocarburos y compuestos orgánicos oxigenados, y, cuando relacionaron qué las moléculas tienen mayor estabilidad porque poseen menor energía, debido a que cuando los átomos interaccionan entre sí para formar enlaces desprenden energía. Por otra parte, sólo algunos estudiantes mencionaron el término energía de enlace y sólo una minoría de estudiantes relacionaron la estabilidad de las moléculas con la regla del octeto y con la configuración electrónica de gas noble.

Los resultados, igualmente, muestran que los estudiantes tuvieron dificultades para explicar la no repulsión entre las parejas de electrones del enlace y las interacciones que conducen a la formación de los enlaces polares. Muy pocos estudiantes relacionaron la no repulsión del par electrónico con el spin de los electrones, y la mitad de los equipos de estudiantes indicaron que en las moléculas de agua y cloruro de hidrogeno se forman parcialmente polos positivos y negativos, debido a que los núcleos del oxígeno y del cloro, ejercen mayor atracción electrostática sobre los electrones de enlace. Dichas dificultades pueden obedecer a que los conceptos cuánticos no se contemplaron en este estudio, y, a la falta de comprensión de la compartición asimétrica de los electrones en las moléculas polares.

En general, los resultados obtenidos permiten asegurar que la resolución de esta situación problemática mejora la comprensión de los estudiantes, en varios conceptos relacionados con el modelo explicativo de enlace covalente con moléculas diatómicas y

poliatómicas. Esto puede corroborarse al registrar que la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes, fue de 135 puntos, el 64,9 %, de un máximo de 208 puntos.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 12. Sherlock**

En la tabla 31 se relaciona la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática 12 Sherlock.

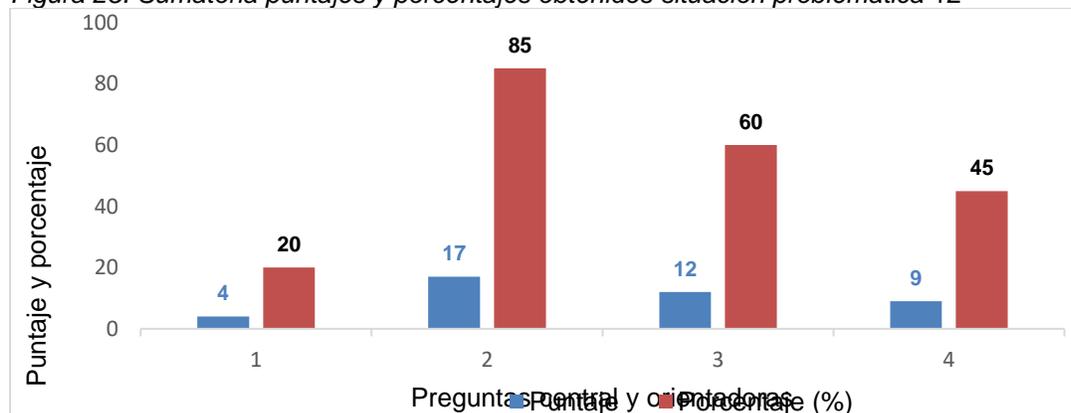
Tabla 31. Preguntas de la situación problemática 12 Sherlock

| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|--------|---|
| 1 | ¿Qué relación existe entre la clase de enlace químico y la posibilidad de detectar olores? |
| 2 | ¿Por qué las sustancias responsables de los olores deben ser volátiles y solubles en agua? |
| 3 | ¿Qué es lo que provoca los diferentes olores? |
| 4 | ¿Por qué hay sustancias que huelen y otras no? |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 25 se indica la sumatoria de los puntajes y porcentajes obtenidos por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de la situación problemática 12. Sherlock.

Figura 25. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 12



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en esta situación problemática, que trata conceptos relacionados con el modelo explicativo de enlace covalente en compuestos volátiles, permiten hacer las siguientes inferencias. En la mayoría de los equipos de estudiantes se observó avances positivos en los siguientes aspectos: las sustancias responsables de los olores deben ser volátiles para que se evaporen con gran facilidad y se propaguen en el aire, y a la vez deben ser solubles en agua para que penetren por la película acuosa y la capa de lípido que recubre las fosas nasales. Además, los estudiantes manifestaron que los olores son producidos por moléculas y mezclas complejas de gases, que generan un cambio químico en la estructura del receptor proteico.

Los resultados también señalan que los equipos de estudiantes presentaron dificultades para relacionar los olores con los grupos funcionales, formas y estructuras de las moléculas orgánicas. Lo anterior puede ser por la complejidad de la temática y la relación con aspectos biológicos que no se contemplaron en este estudio. Por otro lado, los conceptos relacionados con la estructura y geometría de las moléculas orgánicas responsables de los diversos olores hacen parte del estudio de la química orgánica y se abordan parcialmente a nivel de educación media con posterioridad al estudio del enlace químico.

Los resultados globales sobre la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes, de 42 puntos (52.5%) de un máximo posible de 80 puntos, indican que la resolución de esta situación problemática generó en los estudiantes un mejoramiento en la comprensión de varios conceptos relacionados con el modelo de enlace covalente en compuestos volátiles.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 13 Una molécula muy extraña**

En la tabla 32 se indica la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática 13 Una molécula muy extraña.

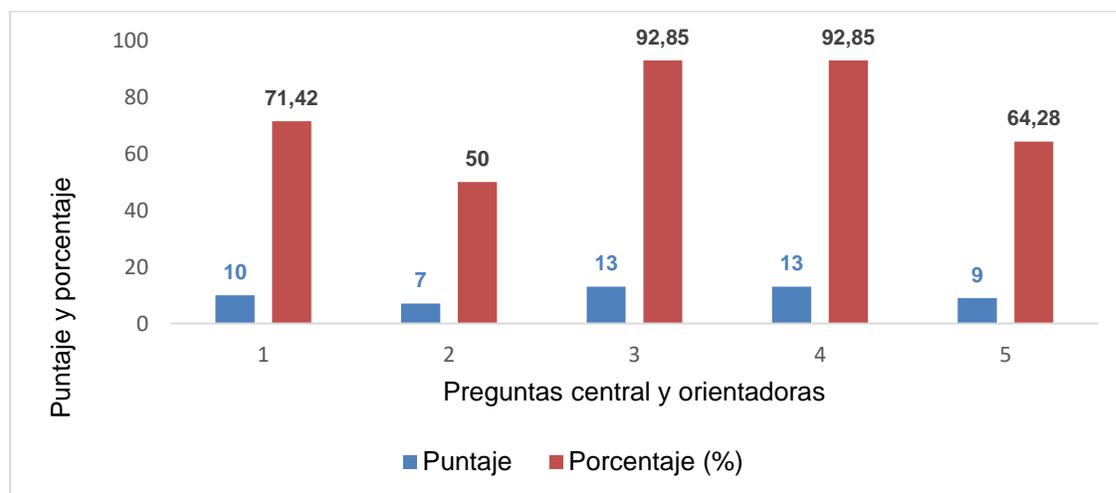
Tabla 32. Preguntas situación problemática 13 Una molécula muy extraña

| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|--------|--|
| 1 | ¿Por qué las moléculas de agua tienen propiedades excepcionales? |
| 2 | Elabora un modelo que explique cómo son las atracciones que conducen a la formación de los enlaces polares en la molécula de agua. |
| 3 | Representa la estructura de una molécula de agua ¿Qué clase de enlace químico se forma? |
| 4 | ¿Cómo crees que se atraen varias moléculas de agua? ¿Qué tipo de fuerzas de atracción intermoleculares intervienen? |
| 5 | ¿Consideras que existe una relación entre la estructura molecular y el hecho que el agua tenga un punto de ebullición elevado? |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 26 se presenta la sumatoria de los puntajes y porcentajes de respuesta correcta obtenidos por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de la situación problemática 13 Una molécula muy extraña.

Figura 26. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 13



Fuente: Elaboración propia

Los resultados logrados por los estudiantes en esta situación problemática, que involucra conceptos relacionados con el modelo explicativo de enlace covalente polar y fuerzas de atracción intermoleculares, permiten realizar el siguiente análisis.

La mayoría de los equipos de estudiantes señaló que, en las moléculas de agua se forman enlaces covalentes polares y representaron la fórmula estructural de guiones de la molécula de agua, indicando las cargas parciales positivas y negativas sobre los átomos de hidrógeno y oxígeno respectivamente. Asimismo, ellos manifestaron que las fuerzas de atracción intermoleculares presentes son los puentes de hidrógeno; interacciones que se indicaron mediante líneas punteadas que conectan los dipolos de varias moléculas de agua. Igualmente, los estudiantes mayoritariamente atribuyen el elevado punto de ebullición del agua, a interacciones intermoleculares fuertes, como son las generadas por los puentes de hidrógeno. Los anteriores resultados se pueden atribuir a la cotidianidad e importancia de la molécula de agua, a la abundante información presente en los textos de química de bachillerato sobre la estructura molecular del agua y a la utilización de modelos físicos de esferas y palillos.

Los resultados también evidencian que los estudiantes presentaron dificultades para explicar las atracciones electrostáticas, que conducen a la formación de los enlaces polares en la molécula de agua. Dichos inconvenientes pueden obedecer a que el agua es una molécula poliatómica y para los estudiantes es más complicado explicar que el núcleo de un sólo del átomo de oxígeno ejerza simultáneamente atracciones electrostáticas, con los electrones compartidos asimétricamente con los dos átomos de hidrógeno. Los resultados dejan ver que persiste en algunos estudiantes la creencia que se forman enlaces para completar ocho electrones de valencia. Igualmente, cabe señalar que estos resultados pueden deberse a que los aspectos relacionados con conocimientos cuánticos no se abordaron en este estudio.

Los resultados conseguidos permiten afirmar que la resolución de esta situación problemática coadyuvó a la comprensión de varios conceptos relacionados con el

modelo explicativo de enlace covalente polar de la molécula de agua y los puentes de hidrógeno. Así, la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes fue de 52 puntos, el 74,28% del máximo puntaje posible de 70 puntos.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 14 Se iluminó la bombilla**

En la tabla 33 se indica la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática 14 Se iluminó la bombilla.

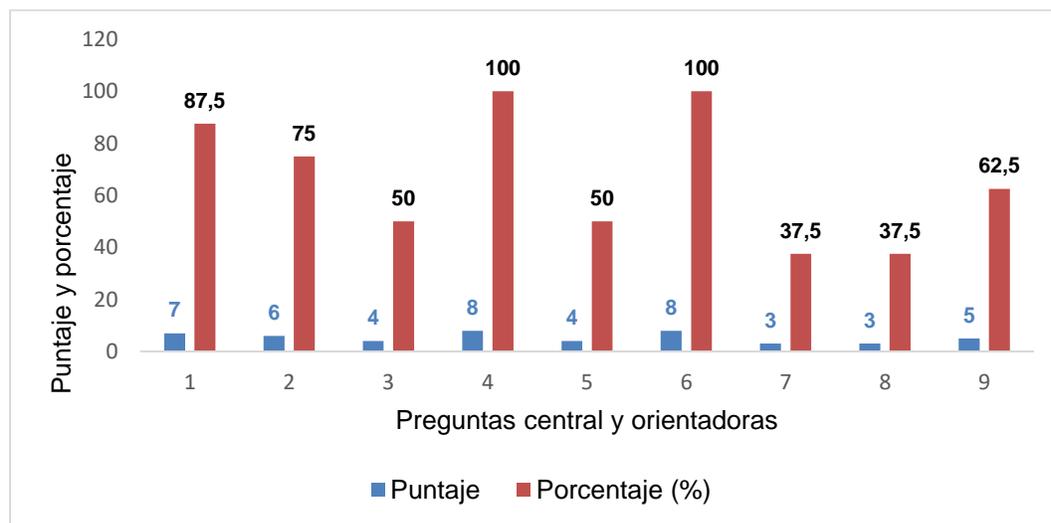
Tabla 33. Preguntas situación problemática 14 Se iluminó la bombilla

| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|--------|--|
| 1 | <i>¿A qué se debe que disoluciones de algunas sustancias conduzcan la electricidad y otras no?</i> |
| 2 | De los siguientes materiales o sustancias: agua, cloruro de sodio, cloruro de sodio en solución, azúcar, azúcar en solución, etanol en solución, vinagre, antiácido, vela, bicarbonato de sodio en solución, sulfato de magnesio en solución, mina de un lápiz, aceite de cocina, aluminio, solución de cloruro de magnesio, policloruro de vinilo (PVC), zinc, papa, soldadura, cobre, límpido, politereftalato de etileno (PET), solución de detergente, banana, gaseosa, zumo de limón, Orina, poliestireno (PS), leche, policarbonato (PC), polietileno (PEAD) y ácido muriático ¿Cuáles conducen la electricidad? |
| 3 | ¿A qué se deben las fuerzas que mantienen unidas a las partículas que componen las sustancias? |
| 4 | ¿Por qué existen sustancias, como el cloruro de sodio que no conducen la electricidad cuando están sólidas y sí lo hacen cuando están disueltas en agua? |
| 5 | ¿A qué se debe que algunas sustancias se disuelvan en agua y otras no? |
| 6 | ¿Será posible que una sustancia no conduzca la electricidad en estado sólido y sí cuando está fundida? ¿Por qué? |
| 7 | ¿Qué modelo de enlace químico permite explicar la conductividad o no conductividad eléctrica de las sustancias empleados en esta experiencia? |
| 8 | Elabora una explicación de lo que sucede cuando el cloruro de sodio se disuelve en agua. ¿Qué relación existe entre la intensidad de la luz de la bombilla y el modelo de enlace |
| 9 | químico de las sustancias empleadas en esta experiencia? |

Fuente: *Elaboración propia*

En la figura 27 se presenta la sumatoria de los puntajes y porcentajes de respuesta correcta obtenidos por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de la situación problemática 14 Se iluminó la bombilla.

Figura 27. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 14



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos por los estudiantes sobre esta situación, en la cual se construyen conceptos relacionados con los modelos explicativos de enlace metálico, iónico y covalente posibilitan hacer el siguiente análisis. Los equipos de estudiantes expresaron que los compuestos iónicos disueltos en agua o fundidos conducen la electricidad, debido a la movilidad de los iones y que igual situación se presenta con compuestos covalentes polares en soluciones acuosas.

Los resultados también indican que los estudiantes tuvieron inconvenientes para realizar una explicación de lo que sucede cuando el cloruro de sodio se disuelve en agua, lo que se puede atribuir a la falta de claridad sobre los procesos de disociación y solvatación de compuestos iónicos. Además, tuvieron dificultad para establecer una relación directa entre algunos de los materiales de uso cotidiano utilizados en la práctica de laboratorio (realizada virtualmente) y el tipo de enlace presente en los dichos materiales. Este hecho puede generarse por el desconocimiento de su composición química y porque muchos

de los materiales utilizados son mezclas formadas por varias sustancias. Sin embargo, la intensidad de la luz de la bombilla les permitió inferir el tipo de enlace químico presente en los materiales de uso cotidiano empleados en esta experiencia.

Así, por los resultados obtenidos se puede confirmar que la resolución de esta situación problemática permitió mejorar la comprensión por parte de los estudiantes de varios conceptos relativos a la conductividad eléctrica y los modelos explicativos de enlace metálico, iónico y covalente; lo que puede corroborarse al observar que la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes, fue de 48 puntos, el 66,66% del máximo puntaje de 72 puntos.

- **Resultados alcanzados por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 15 “El puente está quebrado”**

En la tabla 34 se indica la pregunta central, las preguntas y actividades orientadoras de la situación problemática 15 “El puente está quebrado”.

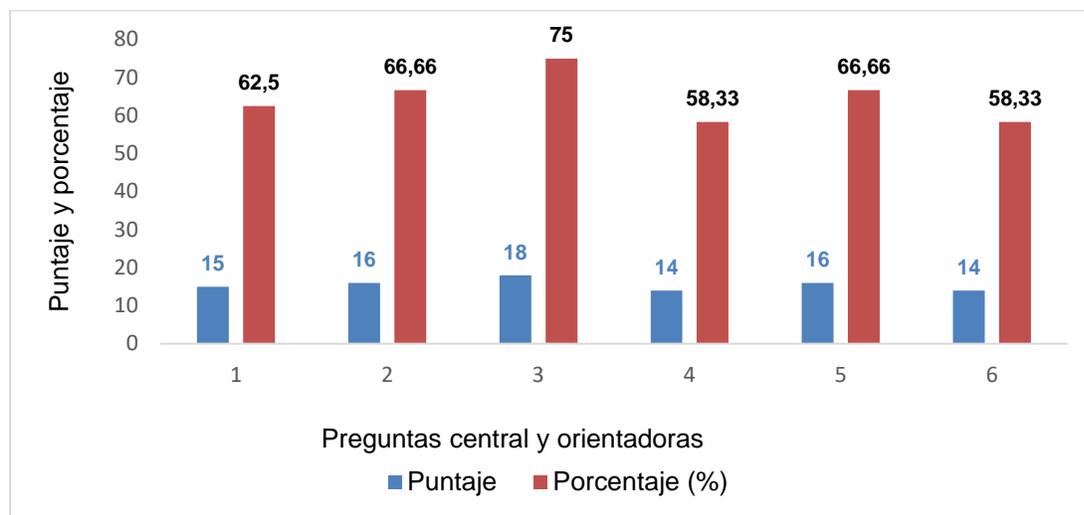
Tabla 34. Preguntas situación problemática 15 “El puente está quebrado”

| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras |
|--------|--|
| 1 | <i>¿Por qué si los anteriores compuestos orgánicos, tienen masas molares similares, presentan puntos de ebullición y solubilidades diferentes?</i> |
| 2 | ¿Por qué algunos compuestos orgánicos son más volátiles que otros? |
| 3 | ¿Qué relación existe entre la estructura molecular y el hecho que algunos compuestos tengan bajos o altos puntos de ebullición? |
| 4 | Ordena los anteriores compuestos en forma creciente de puntos de ebullición. Explica las razones del orden escogido. |
| 5 | De los anteriores compuestos orgánicos cuáles crees que son solubles en agua. Elabora un modelo que explique su solubilidad en agua |
| 6 | Representa y explica el tipo de atracciones entre las moléculas de las siguientes sustancias orgánicas: a) etanol, b) etanal, c) ácido metanoico y d) propano. |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28 se presenta la sumatoria de los puntajes y porcentajes de respuesta correcta obtenidos por los equipos de estudiantes, en cada una de las preguntas de la situación problemática 15 “El puente está quebrado”.

Figura 28. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos situación problemática 15



Fuente: Elaboración propia

Los resultados alcanzados por los equipos de estudiantes en esta situación problemática, en la cual se plantean conceptos relacionados con las fuerzas de atracción intermoleculares, permiten hacer algunas inferencias.

En la mayoría de los estudiantes se observó avances positivos porque establecieron que los valores de los puntos de ebullición dependen de la estructura molecular y comprendieron que los compuestos covalentes no polares tienen puntos de ebullición bajos y son insolubles en agua; y determinaron que los compuestos covalentes polares tienen puntos de ebullición altos y son solubles en agua. Asimismo, casi todos los estudiantes lograron comprender que los valores de los puntos de ebullición y de la solubilidad, están relacionados con la intensidad de las fuerzas de atracción intermoleculares. En consecuencia, ellos entendieron que las moléculas de las sustancias que interactúan con fuerzas de van der Waals son insolubles en agua y

presentan bajos puntos de ebullición, siendo además compuestos muy volátiles. Igualmente, ellos comprendieron que los compuestos cuyas moléculas interactúan por atracciones dipolo- dipolo y puentes de hidrógeno, son solubles en agua y tienen puntos de ebullición altos, debido a que estas fuerzas de atracción intermoleculares son más intensas.

Sin embargo, se observó algunas dificultades en los estudiantes para ordenar los siguientes compuestos: etanol, etanal, ácido metanoico y propano, en forma creciente de puntos de ebullición; en función de la estructura molecular y las fuerzas de atracción intermoleculares. Igualmente, los resultados obtenidos indican que los equipos de estudiantes encontraron algunas dificultades para representar y explicar el tipo de atracciones entre moléculas similares de los siguientes compuestos orgánicos: etanol, etanal, ácido metanoico y propano.

Los resultados sobre la resolución de esta situación problemática muestran de forma general que los estudiantes mejoraron su comprensión de la relación existente entre el tipo de enlace (estructura molecular), las fuerzas de atracción intermoleculares y las propiedades físicas como el punto de ebullición y la solubilidad de algunas moléculas orgánicas; ya que la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes fue de 93 puntos, el 64,58% del máximo puntaje posible de 144 puntos.

4.3. Resultados globales de las situaciones problemáticas

Se presentan los resultados globales obtenidos por los estudiantes en la resolución de cada una de las situaciones problemáticas referidas a los modelos explicativos de enlace químico. Los datos consignados en la tabla 35 corresponden a los porcentajes de mejora global en el puntaje obtenido por los equipos de estudiantes, en cada una de las 16 situaciones problemáticas sobre modelos explicativos de enlace químico, que fueron aplicadas durante esta investigación.

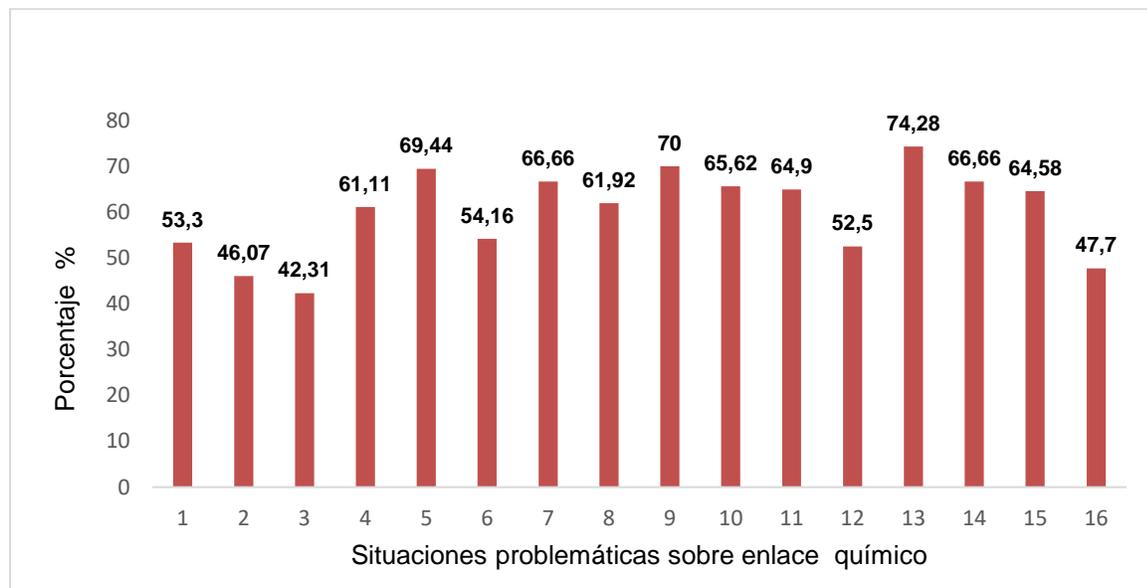
Tabla 35. Porcentaje de mejora situaciones problemáticas sobre enlace químico

| N° | Título | Modelo de enlace | Porcentaje de mejora |
|----|--|--|----------------------|
| 1 | La copa mundo, pre y post | Metálico | 53,3 |
| 2 | Vida salada, pre y post | Iónico | 46,07 |
| 3 | Huevos cocidos, pre y post | Covalente en compuestos volátiles | 42,31 |
| 4 | Los floreros de Llorente | Metálico - iónico | 61,11 |
| 5 | “Los que se mueven” | Iónico | 69,44 |
| 6 | El tour del banano | Iónico | 54,16 |
| 7 | “Agüita para mi gente” | Iónico | 66,66 |
| 8 | Solteros son tóxicos, pero casados son comestibles | Iónico | 61,92 |
| 9 | “Los 33” | Covalente reticular | 70 |
| 10 | El material del futuro | Covalente reticular | 65,62 |
| 11 | Parejas muy estables | Covalente puro con moléculas diatómicas | 64,9 |
| 12 | Sherlock | Covalente en compuestos volátiles | 52,5 |
| 13 | Una molécula muy extraña | Covalente polar. Fuerzas de atracción intermoleculares | 74,28 |
| 14 | Se iluminó la bombilla | Metálico, iónico, covalente | 66,66 |
| 15 | “El puente está quebrado” | Covalente molecular. Fuerzas de atracción intermoleculares | 64,58 |
| 16 | Un chico plástico, pre y post | Covalente molecular. Fuerzas de atracción intermoleculares | 47,7 |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 29 se señala la valoración porcentual de los resultados obtenidos en el puntaje global obtenido por los equipos de estudiantes, en la resolución de las situaciones problemáticas sobre modelos de enlace químico que fueron aplicadas durante esta investigación.

Figura 29. Valoración porcentual situaciones problemáticas modelos enlace químico



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos por los equipos de estudiantes, en las situaciones problemáticas aplicadas durante la estrategia, permiten afirmar que los estudiantes mejoraron en la comprensión de los modelos de enlace: covalente reticular, covalente puro en moléculas diatómicas, covalente molecular y fuerzas de atracción intermoleculares y enlace iónico. Esto se evidencia dado que el promedio de los porcentajes obtenidos por los equipos de estudiantes fue del 60%. Los resultados también muestran que los equipos de estudiantes presentaron dificultades en la comprensión del enlace metálico y del enlace covalente en compuestos volátiles.

En general el mejoramiento en la comprensión de los modelos de enlace químico, pueden ser consecuencia de la motivación y el acompañamiento realizados a los estudiantes, el trabajo en equipo y las temáticas contadas a través de historias en las situaciones problemáticas.

Respecto al enlace iónico: la utilización de compuestos conocidos como algunas sales haloideas, la construcción de modelos de estructuras cristalinas tridimensionales

utilizando esferas de casquete perforado por parte de los estudiantes, además la representación cúbica de estas sales en los textos de química para bachillerato, pudo generar en los estudiantes un mejoramiento en la comprensión de las atracciones electrostáticas multidireccionales entre los cationes y aniones, y sobre el establecimiento de relaciones entre dicha estructura con algunas propiedades macroscópicas de estos materiales de uso cotidiano.

En lo referente al enlace covalente reticular: la utilización de modelos de esferas y palillos para representar la estructura reticular tetragonal del diamante y hexagonal del grafito y del grafeno; sumada a las llamativas aplicaciones del diamante y del grafito, a lo novedoso y a la versatilidad del grafeno; pudieron propiciar la comprensión de la naturaleza multidireccional de este tipo de enlace.

La mejoría en la comprensión del enlace covalente se puede atribuir al abordaje de este modelo de enlace en el agua y en compuestos orgánicos de uso cotidiano o industrial. Igualmente, puede deberse a la escritura de fórmulas estructurales de guiones y a la construcción de modelos de esferas y palillos, para representar moléculas de: agua, hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos y plásticos; que pudieron generar en los estudiantes mayor comprensión de las atracciones electrostáticas unidireccionales, entre los núcleos de los átomos y los electrones que se comparten; permitiéndoles establecer relaciones entre la estructura molecular, las fuerzas de atracción intermoleculares y algunas propiedades físicas.

Algunas dificultades presentadas en la comprensión del enlace metálico pueden obedecer a los siguientes hechos: las preconcepciones erróneas sobre el término cristal, las estructuras cristalinas metálicas eran desconocidos para los estudiantes porque estas temáticas no se abordan en la educación básica secundaria, y a la poca transferencia de conceptos de geometría para representar las celdas unitarias. Respecto al enlace covalente en compuestos volátiles, a los estudiantes se les dificultó relacionar la volatilidad de algunos compuestos covalentes con su bajo peso molecular, su bajo punto

de ebullición y con las débiles interacciones intermoleculares existentes en ellos. Tal vez, esto ocurrió porque los estudiantes no están acostumbrados a relacionar propiedades organolépticas como el olor, con temas tan abstractos como el enlace químico.

4.4. Resultados alcanzados en la resolución de la situación problemática 16 Un chico plástico, Pre y Post

Se realizó un análisis a los resultados obtenidos por los estudiantes en la resolución de la situación problemática 16 Un chico plástico, Pre y Post, sobre algunas habilidades de pensamiento crítico. En la tabla 36 se indica el porcentaje de mejoramiento de los estudiantes, en el desarrollo de algunas habilidades de pensamiento crítico de acuerdo con las respuestas formuladas en las preguntas de la situación problemática 16 Un chico plástico.

Esta situación problemática, fue resuelta antes (pre) y después (post) de la aplicación de la estrategia pedagógica. Las preguntas 6, 7 y 8, únicamente se formularon en la situación post- estrategia. En cambio, las preguntas numeradas del 1 al 5 fueron planteadas en la situación pre y post- estrategia. Por lo tanto, la diferencia porcentual de mejora se refiere solo a las cinco primeras preguntas.

Tabla 36. Mejoramiento porcentual de algunas habilidades del pensamiento

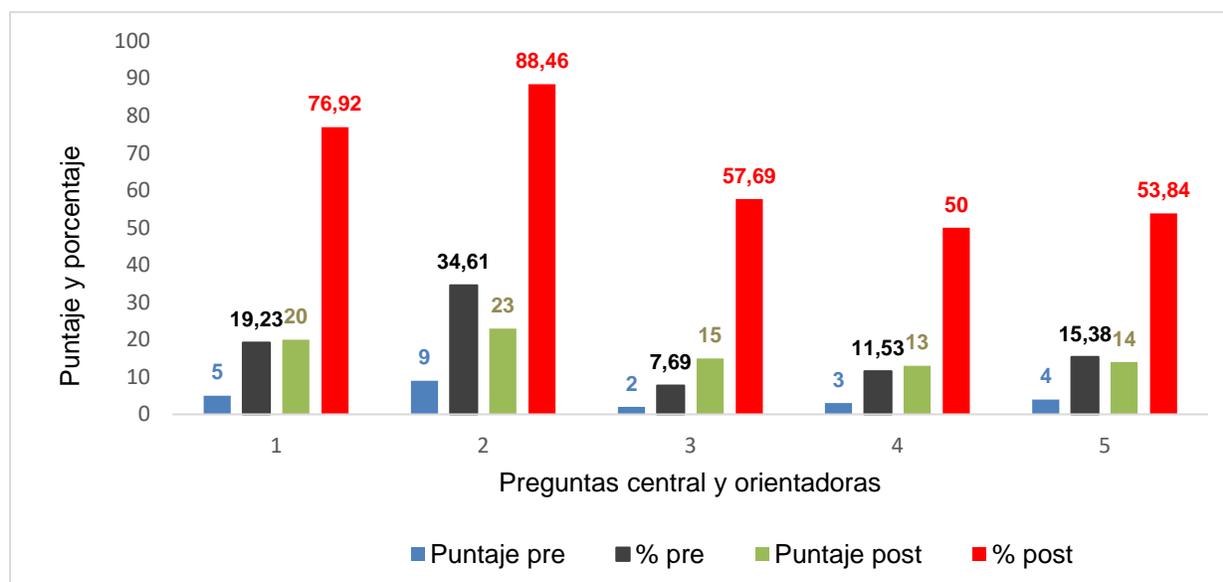
| Número | Pregunta central, preguntas y actividades orientadoras | Habilidad de pensamiento | Porcentaje de mejora |
|--------|--|---------------------------------------|----------------------|
| 1 | <i>¿Si todos los artículos que compró William son de plástico, por qué estos tienen diferente resistencia? Elabora el mayor número de hipótesis que puedan explicar esta situación.</i> | Formular el mayor número de hipótesis | 57,69 |
| 2 | ¿Qué crees que sucedería si los cascos de los motociclistas se fabricaran con PEAD o con PET? Argumenta tu respuesta. (pre) | Elaborar argumentos e inferencias | 53,85 |
| | ¿Qué pasaría si los cascos de los moteros se fabricaran con PVC? Argumenta tu respuesta. (post) | | |

| | | | |
|---|--|---|-------|
| 3 | ¿Consideras que existe alguna relación entre el enlace químico y las propiedades de los plásticos? Elabora una conclusión. | Elaborar conclusiones | 50 |
| 4 | Algunos plásticos se pueden reciclar por el método mecánico, pero otros plásticos no, porque... | Seleccionar y clasificar el mejor argumento | 38,47 |
| 5 | En las estructuras moleculares del polietileno de alta densidad (PEAD) y del polietileno de baja densidad (PEBD) se visualiza la forma como interactúan o se ponen en contacto los átomos de las cadenas carbonadas de cada polímero. Con las siguientes estructuras moleculares (a y b) y las situaciones 1, 2 y 3 establece la analogía correcta y explica las razones de dicha selección. ... | Construir analogías | 38,46 |
| 6 | ¿Por qué el traje amarillo que viste el motociclista es impermeable, pero la ropa que lleva puesta debajo no lo es? Elabora tres modelos explicativos. | Elaborar modelos explicativos y justificación de respuestas | |
| 7 | ¿Se podría fabricar el juguete de Spiderman con PP sindiotáctico? Justifica tu respuesta. | Elaborar modelos explicativos y justificación de respuestas | |
| 8 | El polipropileno isotáctico es más resistente, en cambio el polipropileno sindiotáctico es más elástico, pero menos resistente, por... | Seleccionar y clasificar el mejor argumento | |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 30 se muestra la sumatoria de los puntajes y porcentajes obtenidos por los equipos de estudiantes en el desarrollo de algunas habilidades de pensamiento crítico, de acuerdo con las respuestas dadas en las preguntas de la situación problemática 16 Un chico plástico, antes y después de la aplicación de la estrategia pedagógica.

Figura 30. Sumatoria resultados pre y post estrategia situación problemática 16



Fuente: Elaboración propia

La resolución de la situación problemática 16. Un chico plástico, que plantea conceptos relacionados con el modelo explicativo de enlace covalente y fuerzas de atracción intermoleculares, busca evaluar en el estudiante las siguientes habilidades de pensamiento crítico:

1. Formular el mayor número de hipótesis.
2. Elaborar argumentos e inferencias.
3. Elaborar conclusiones.
4. Seleccionar y clasificar el mejor argumento.
5. Construir analogías relacionadas con la vida cotidiana.

Los resultados obtenidos por los equipos de estudiantes, en la resolución de esta situación problemática permiten realizar el siguiente análisis.

- Los equipos de estudiantes mejoraron su habilidad para formular el mayor número de hipótesis, relacionadas con la diferencia en la resistencia de varios artículos de

plástico. Así, los equipos de estudiantes asociaron la diferencia en la resistencia de los artículos elaborados con plástico con la estructura de los polímeros, con la presencia o ausencia de cadenas carbonadas lineales o ramificadas.

- Igualmente, los estudiantes mejoraron la habilidad para elaborar argumentos e inferencias, en este caso sobre la posibilidad de fabricar cascos de motociclistas con materiales diferentes al policarbonato como el PEAD, PET o el PVC. La mayoría de los estudiantes en los argumentos incluyó las propiedades físico- químicas de los polímeros como son la resistencia química y la dureza de los plásticos.
- Por otra parte, los estudiantes elevaron su habilidad para elaborar conclusiones, demostrándolo al construirlas sobre la relación que existe entre el enlace químico y las propiedades de los plásticos. La mayoría de los estudiantes pudo concluir que propiedades de los plásticos como son la elasticidad, la resistencia y la cristalinidad; dependen del enlace covalente y de las interacciones entre las cadenas de los polímeros.
- Los resultados también muestran que los estudiantes presentaron algunas dificultades en el desarrollo de la habilidad para seleccionar y clasificar el mejor argumento. En la pregunta ¿Por qué algunos plásticos se pueden reciclar por el método mecánico, pero otros plásticos no?; fueron muy pocos los estudiantes que ordenaron las tres alternativas de respuesta desde la menos hasta la más adecuada y argumentaron las razones de dicha clasificación. Esta situación puede obedecer a la falta de comprensión de las propiedades de termoplásticos y plásticos termoestables; como también a falencias en la comprensión lectora. Sin embargo, ante la pregunta ¿Por qué el polipropileno isotáctico es más resistente y el polipropileno sindiotáctico es más elástico? Más de la mitad de los equipos de estudiantes ordenó las tres alternativas de respuesta, desde la menos hasta la más válida y argumentó su clasificación basándose en la orientación espacial de los grupos metilo y las Fuerzas de Van der Waals, entre las cadenas carbonadas de estos polímeros.

- Así mismo, los estudiantes tuvieron problemas para desarrollar la habilidad para establecer relaciones analógicas de situaciones de la vida cotidiana, ya que sólo algunos de ellos lograron establecer la analogía correcta, entre las estructuras moleculares del polietileno de alta densidad (PEAD) y baja densidad (PEBD) con un par de borradores y un par de esferas. Fueron muy pocos los equipos de estudiantes que identificaron que la relación analógica, es la superficie de contacto y la atracción entre los materiales. Estos resultados pueden obedecer a que las estructuras del PEAD y del PEBD eran poco conocidas para los estudiantes, a la poca comprensión de las atracciones electrostáticas entre cadenas carbonadas de compuestos covalentes no polares y, a la baja transferencia de las relaciones analógicas estudiadas en el área de lengua castellana a otras áreas de conocimiento.
- Los resultados también indican que los equipos de estudiantes mostraron habilidades para elaborar modelos explicativos y justificar respuestas. Así, en las preguntas 6 y 7, relacionadas con las posibles aplicaciones del policloruro de vinilo (PVC) y polipropileno (PP) sindiotáctico; los estudiantes justificaron sus respuestas relacionando las propiedades y aplicaciones de estos polímeros con las atracciones dipolo-dipolo en el caso del PVC y con la menor asociación entre cadenas carbonadas del PP sindiotáctico, debido a la ubicación de los grupos metilo.

Por último, el que la sumatoria de los puntajes obtenidos por los equipos de estudiantes fuese de 23 puntos antes de la estrategia y de 85 puntos después de ella, es decir, el 65,38% del máximo posible de 130 puntos con una diferencia porcentual del 47,7%, evidencia una mejora en el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico luego de la aplicación de la estrategia didáctica basada en la resolución de problemas.

Es importante destacar que en la prueba de Ciencias Naturales y en la prueba de Lectura crítica del examen de Estado Saber 11^o del año 2020; los estudiantes que participaron en esta investigación alcanzaron un puntaje promedio de 57,57 puntos. Además, los dos

estudiantes que obtuvieron en el post- test los mejores resultados, fueron también quienes alcanzaron a nivel institucional los dos mejores puntajes en la prueba Saber 11°.

4.5. Resultados de entrevista

Se realiza un análisis a los resultados obtenidos en la entrevista realizada a estudiantes de grado undécimo en la resolución de situaciones problemáticas sobre modelos explicativos de enlace químico. En la tabla 37 se relaciona las preguntas de la entrevista con sus dimensiones conceptuales. La entrevista con cada uno de los siete estudiantes fue realizada a través de una video llamada utilizando la plataforma tecnológica Meet, debido a que no se pudo realizar de manera presencial por las restricciones sanitarias a raíz de la pandemia del COVID-19. Los estudiantes seleccionados aceptaron participar voluntariamente con la debida autorización de sus padres. Entre los que participaron en la entrevista hubo estudiantes con desempeño alto, medio y bajo en la prueba post- test.

Tabla 37. Entrevista realizada a estudiantes

| N° | Pregunta | Dimensión |
|----|---|---|
| 1 | En la vida cotidiana estamos en contacto con muchas sustancias y materiales como el agua, la sal o el aceite. ¿Cómo crees que interactúan los átomos para que se formen estos materiales? | Concepto de enlace químico |
| 2 | En la naturaleza encontramos metales como el hierro y el cobre; compuestos minerales como el cloruro de sodio o el cloruro de potasio y también sustancias orgánicas como las que están presentes en el jabón y en los azúcares. ¿Qué es lo que mantiene unidos a los átomos en estas sustancias tan diferentes? | Modelos de enlace metálico, iónico y covalente con enfoque electrostático común |
| 3 | Los metales preciosos como el oro y la plata son muy usados en joyería. En cambio, metales no preciosos como el hierro, zinc y níquel, son empleados en la fabricación de herramientas, en la industria metalúrgica y de la construcción. ¿Cómo crees que son las interacciones entre los átomos de los metales? | Modelo de enlace metálico |
| 4 | Como tú sabes el agua de mar es salada. Ella contiene entre otras sales, cloruro de potasio, que es utilizado para la producción de fertilizantes. | Modelo de enlace iónico y puntos de fusión. |

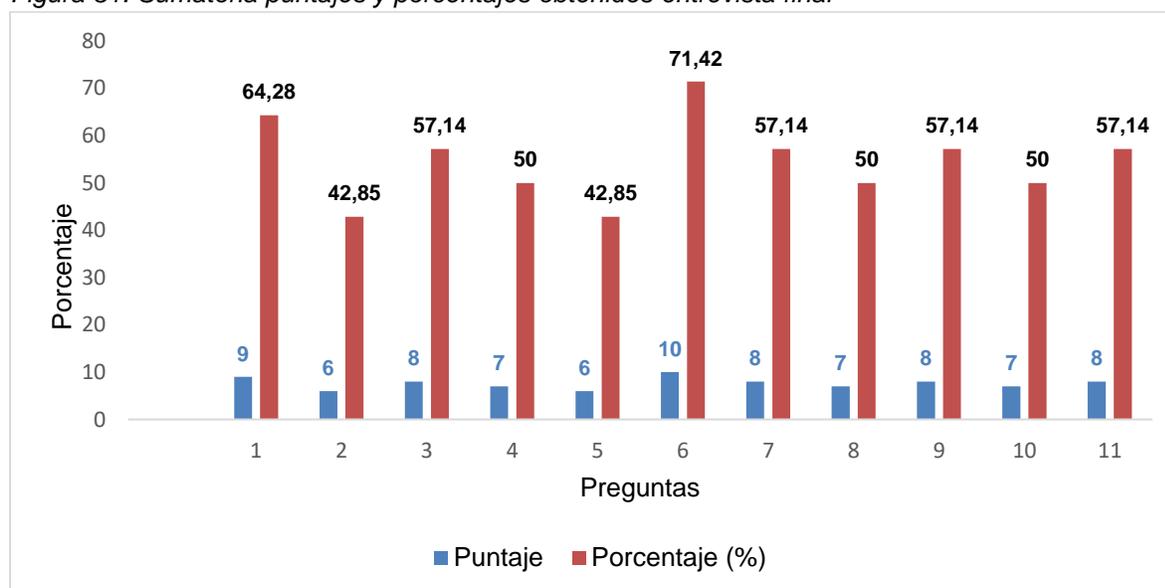
| N° | Pregunta | Dimensión |
|----|---|---|
| | <p>¿Cómo consideras que los átomos de potasio interactúan con los átomos de cloro para formar el cloruro de potasio?</p> <p>¿Por qué compuestos como el cloruro de potasio tienen puntos de fusión muy altos?</p> | |
| 5 | <p>En los compuestos orgánicos los átomos se unen para formar moléculas, como en el propano, gas que empleamos para cocinar los alimentos o en el etanol, presente en el alcohol antiséptico que usamos a diario para desinfectarnos las manos.</p> <p>¿Cómo crees que son las interacciones entre estos átomos que constituyen las moléculas orgánicas?</p> | Modelo de enlace covalente. |
| 6 | <p>El aluminio y el hierro son metales. El aluminio se utiliza en la fabricación de las ollas para cocinar, porque su conductividad térmica es tres veces mayor que la del hierro.</p> <p>¿Qué relación existe entre la estructura de los metales y el hecho que sean buenos conductores del calor y la electricidad?</p> | Relación enlace metálico y conductividad eléctrica. |
| 7 | <p>Cuando lavamos o manipulamos utensilios de cocina, alguna vez se nos cayó un plato de porcelana, el cual se agrietó o se rompió en muchos pedazos; pero si es una olla de aluminio la que sufrió el impacto contra el suelo, únicamente se deforma.</p> <p>¿Por qué algunos utensilios de cocina cuando se caen se rompen y otros solamente se deforman?</p> | Relación enlace iónico y metálico con la maleabilidad, ductilidad y dureza |
| 8 | <p>El vinagre, un excelente aderezo de las ensaladas, se obtiene al disolver ácido acético en agua. En cambio, la gasolina que es una mezcla de heptano y octano no es soluble en agua.</p> <p>¿Por qué crees que, compuestos como el ácido acético, se disuelven en agua, pero, el heptano y el octano son insolubles en agua?</p> | Relación entre enlace covalente y solubilidad de compuestos orgánicos. |
| 9 | <p>Cuando destapamos un frasco con perfume, o estamos cerca de una estación de gasolina, fácilmente percibimos el olor característico de las sustancias presentes en el perfume y en la gasolina. En cambio, cuando abrimos una botella con agua, no percibimos olores.</p> <p>¿Qué relación existe entre la clase de enlace químico, el punto de ebullición y la posibilidad de detectar estos olores?</p> | Relación entre el enlace covalente polar y no polar, el punto de ebullición y la volatilidad de algunas sustancias. |
| 10 | <p>Todos sabemos que no podemos tocar un enchufe o manipular aparatos eléctricos con las manos mojadas; porque el paso de una corriente eléctrica nos puede producir desde un leve cosquilleo hasta ocasionarnos la muerte.</p> <p>¿Qué es lo que hace que nuestro cuerpo sea conductor de la electricidad?</p> | Relación enlace iónico y conductividad eléctrica de las disoluciones. |

| N° | Pregunta | Dimensión |
|----|--|---|
| 11 | Como tú sabes existen muchos tipos de plásticos, pero, el polietileno es el más conocido y popular. El polietileno de alta densidad, por ser más resistente se usa para fabricar envases y contenedores. Con polietileno de baja densidad, por ser más elástico se fabrican las bolsas plásticas que usamos a diario. ¿Qué relación crees que existe entre la estructura molecular y la resistencia o elasticidad de estas clases de polietileno? | Relación enlace covalente y propiedades de algunos plásticos. |

Fuente: *Elaboración propia*

En la figura 31 se representa la sumatoria de los puntajes y porcentajes obtenidos por los estudiantes, en cada una de las preguntas de la entrevista que fue realizada al finalizar la aplicación de la estrategia pedagógica.

Figura 31. Sumatoria puntajes y porcentajes obtenidos entrevista final



Fuente: *Elaboración propia*

Los resultados de la entrevista realizada a siete estudiantes permiten realizar el siguiente análisis:

- En la dimensión conceptual, relación enlace metálico y conductividad eléctrica (pregunta 6): la mayoría de los estudiantes entrevistados manifestó que la buena

conductividad del calor y la electricidad de metales como el hierro y el aluminio es debida a la gran movilidad de los electrones en su estructura cristalina; estableciendo así una relación entre lo microscópico (estructura cristalina) y las propiedades macroscópicas de los metales (conductividad del calor y electricidad).

- En la dimensión conceptual, enlace químico (pregunta 1): la mayoría de los estudiantes expresaron que el enlace químico es la fuerza que mantiene unidos a los átomos en un compuesto. Además, algunos estudiantes manifestaron que, para formar los diversos compuestos o materiales, los átomos interactúan a través de fuerzas de atracción electrostáticas.
- En la dimensión conceptual, modelo de enlace metálico (pregunta 3): varios de los estudiantes expresaron que las interacciones en los metales preciosos como el oro o la plata y los metales no preciosos, como el hierro, zinc y níquel; son debidas a las fuerzas de atracción electrostáticas entre cationes y electrones libres deslocalizados, haciendo referencia al modelo del mar de electrones.
- En la dimensión conceptual, relación enlace iónico y metálico con la maleabilidad, ductilidad y dureza (pregunta 7): los estudiantes expresaron que cuando se golpea o se cae un plato de porcelana estos se lacran, o se rompen a causa de la repulsión generada entre iones de igual carga dentro del cristal iónico. En cambio, cuando una olla de aluminio se cae esta se deforma o se “chupa” sin romperse, debido a que los cationes del metal aluminio pueden deslizarse unos sobre otros.
- En la dimensión conceptual, relación entre el enlace covalente polar y no polar con el punto de ebullición y la volatilidad de algunas sustancias (pregunta 9): los estudiantes relacionaron la volatilidad y los bajos puntos de ebullición con el enlace covalente no polar, como en el caso de los componentes de un perfume o de la gasolina. Por el contrario, la no volatilidad y puntos de ebullición elevados, como en el agua lo asocian con el enlace covalente polar. Así mismo, argumentan que entre menos intensas sean

las fuerzas de atracción entre las moléculas, el punto de ebullición disminuye y en consecuencia aumenta su volatilidad y la posibilidad de percibir los olores.

- En la dimensión conceptual, relación enlace covalente con la resistencia o elasticidad de algunos plásticos como el polietileno (pregunta 11): la mayoría de los estudiantes manifestó que el polietileno de alta densidad (PEAD) es más resistente dado que existe mayor superficie de contacto y atracción entre las cadenas carbonadas, debido a que estas no son ramificadas. En cambio, el polietileno de baja densidad (PEAB) es más elástico debido a que las cadenas carbonadas tienen ramificaciones, por lo cual el contacto y la atracción entre ellas es menor dándole mayor flexibilidad al plástico de las bolsas. Los estudiantes mencionaron en sus explicaciones la analogía, entre las estructuras moleculares del polietileno de alta densidad (PEAD) y baja densidad (PEBD) con un par de borradores y un par de esferas.
- En la dimensión conceptual, modelo de enlace iónico y puntos de fusión (pregunta 4): algunos estudiantes expresaron que sales haloideas como el cloruro de potasio o cloruro de sodio, presentan puntos de fusión elevados debido a gran intensidad de las fuerzas atracción electrostáticas multidireccionales entre los cationes potasio, sodio y los aniones cloruro.
- En la dimensión conceptual, relación entre enlace covalente y solubilidad de compuestos orgánicos (pregunta 8): algunos estudiantes manifestaron que los compuestos orgánicos con enlace covalente polar, como el ácido acético presente en el vinagre son solubles en agua; ya que estas moléculas interactúan con dipolos de la molécula de agua, a través de puentes de hidrógeno. Igualmente, expresaron que los compuestos covalentes no polares, como el heptano y octano componentes de la gasolina, no son solubles porque estas moléculas se repelen con las del agua.
- En la dimensión conceptual, relación del enlace iónico y conductividad eléctrica de las disoluciones (pregunta 10): los estudiantes manifestaron con dificultad que el

cuerpo humano es conductor de la electricidad, debido a la presencia de algunos iones y a la movilidad de estos en la sangre y otros líquidos corporales. Cabe señalar que los estudiantes, generaron mejores explicaciones en situaciones relacionadas con fenómenos químicos que, en contextos relacionados con la biología, como las células o el cuerpo humano.

- La dimensión conceptual, modelos de enlace metálico, iónico y covalente con enfoque electrostático común (pregunta 2): la mayoría de los estudiantes presentó dificultades para expresar, que los iones o los átomos se mantienen unidos por fuerzas de atracción electrostáticas en metales como el hierro y el cobre, compuestos iónicos como el cloruro de potasio y de sodio, sustancias covalentes presentes en el jabón y los azúcares. Es decir, tuvieron dificultades para expresar que en estos tres casos hay un principio explicativo común que es el enfoque electrostático. Pero, paradójicamente los estudiantes, cuando explicaron por separado en cada uno de tres casos de enlace químico, involucraron en sus explicaciones la existencia de fuerzas de interacciones electrostáticas.
- Sobre la dimensión conceptual, modelo de enlace covalente en moléculas orgánicas (pregunta 5): casi todos los estudiantes expresaron que en compuestos como el propano y el etanol existen atracciones electrostáticas; sin embargo, se presentaron algunas dificultades para explicar las interacciones electrostáticas unidireccionales que se presentan entre los núcleos de los átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno y los electrones en los respectivos enlaces covalentes, al interior de estos compuestos de naturaleza orgánica.

Los resultados de la entrevista en la que la sumatoria de los puntajes es de 84 puntos, el 54,54% del máximo posible de 154, dejan afirmar que la aplicación de un enfoque pedagógico alternativo basado en la resolución de situaciones problemáticas; puede generar en los estudiantes un mejoramiento en la comprensión de varios conceptos relacionados con los modelos explicativos de enlace químico.

En la tabla 38 se expone una síntesis de las respuestas y comentarios emitidos por los estudiantes entrevistados, sobre con aspectos generales de esta experiencia pedagógica. Además, se presentan algunas respuestas en la voz directa de los siete estudiantes entrevistados. (R.E. 1. Respuesta Estudiante 1...)

Tabla 38. Respuestas y comentarios de estudiantes sobre experiencia pedagógica

| Preguntas | Síntesis de las respuestas |
|--|---|
| ¿Cuál es tu opinión sobre esta experiencia pedagógica? | <p>Los estudiantes entrevistados manifiestan que: fue una muy buena experiencia y muy interesante porque las situaciones problemáticas están relacionadas y aplicadas con la vida cotidiana; son muy creativas. Nos pone a pensar porqué pasa esto o aquello y a leer críticamente. Fomentó la investigación. Nos permitió aprender cosas que no teníamos ni idea que existieran. Es una manera más divertida para aprender. La temática y la forma de trabajar fue buena, los problemas inventados por el profesor no son comunes y nos lleva a pensar más y a desarrollar capacidades. Nos permitió reforzar conceptos ya vistos y entender otros nuevos, relacionados con las interacciones entre los átomos y las estructuras moleculares y propiedades de los materiales que nos rodean como los plásticos y los metales. Los entrevistados afirmaron que al resolver la prueba post- test se dieron cuenta que han evolucionado bastante en la comprensión de las atracciones y el enlace químico. Pudimos comprender la manera de enlazarse los átomos en las moléculas orgánicas como los alcoholes, alcanos, ácidos carboxílicos, plásticos y la forma cómo éstas se atraen entre sí. Expresaron que les pareció muy interesantes las retroalimentaciones realizadas por el docente con los diversos grupos y con el grado en general; que se sintieron bien durante esta experiencia; que les gustaron mucho las historias contadas en los diversos problemas. También que hubo bastante apoyo, acompañamiento, explicaciones, mucha paciencia por parte del docente y buena colaboración en el trabajo grupal.</p> <p>R. E. 1. “Nos pone a pensar por qué pasa esto o aquello, nos desarrolla el pensamiento crítico”. “ Fue una manera más didáctica y divertida y usted tuvo mucha paciencia con nosotros”</p> <p>R. E. 2. “Me gustó, aprendí bastante, antes no tenía idea, se amplió el conocimiento, aprendí mucho con la lectura crítica, aprendí a analizar” “me sentí bien, usted nos apoya y explica para tener una idea o base para resolver lo que buscamos, el trabajo muy bueno”</p> <p>R. E. 3. “Se pone en práctica, lo ponen a relacionar con el alrededor”</p> <p>R. E. 4. “Muy buena, ya que se aprende más con la actividad práctica”</p> <p>R. E. 5. “Aprendí cosas que no sabía que existían, es muy creativo, hay que investigar”</p> <p>R. E. 6. “Muy interesante, abarcamos la Química aplicada a la vida cotidiana. El problema ayuda a tener un enfoque cuando vaya a la universidad para hacer trabajos con más detalle”</p> <p>R. E. 7. “La temática muy buena y la forma de trabajo también es buena”</p> |

| Preguntas | Síntesis de las respuestas |
|---|---|
| ¿Cuál situación problemática te gustó más y cuál menos? | <p>Las situaciones problemáticas que más les gustó fueron: Huevos cocidos, “Los 33”, Un chico plástico, Solteros son tóxicos, pero casados son comestibles y “El puente está quebrado” y Sherlock, entre otras. Para la mayoría de los encuestados la situación problemática que menos gustó fue la Copa mundo, aunque la mayoría manifestó que todas las situaciones les gustaron.</p> <p>R. E. 1. “Me gustó mucho Huevos cocidos, muy cotidiano se ve a diario, me gustó menos La copa mundo”</p> <p>R. E. 2. “Me gustó Los 33, porque la historia fue un hecho real, pero no sabía lo del diamante. Ninguna me disgustó”</p> <p>R. E. 3. “Me gustó El chico plástico, historia muy chévere, ninguna me disgustó”</p> <p>R. E. 4. “Me gustó Solteros son tóxicos pero casados son comestibles, por el nombre atractivo y analogía”</p> <p>R. E. 5. “Me gustó El chico plástico, por la cantidad de plásticos y la contaminación y propiedades de los plásticos, historia muy buena, me gustó menos La copa mundo”</p> <p>R. E. 6. “El puente está quebrado y El chico plástico”</p> <p>R. E. 7. “Me gustó mucho Huevos cocidos, no sabía que tenía tanta ciencia o los compuestos que existían, ninguna me disgustó”</p> |
| ¿Cómo te fue con el trabajo en equipo? | <p>En general, los entrevistados opinan que esta experiencia pedagógica fortaleció el trabajo en equipo, el cual realizaron al comienzo de manera presencial en el aula y luego, a raíz de la pandemia, a través de los grupos de WhatsApp que cada equipo de trabajo creó. Les permitió exponer y aportar cada uno sus ideas, discutir y ponerse de acuerdo para llegar a conclusiones y a la mejor respuesta. El cambio de lo presencial a lo virtual fue drástico, pero les enseñó a ser más responsables y puntuales en la realización de los trabajos. Algunos entrevistados dijeron que cuando se demoraban en resolver los problemas, o no se ponían de acuerdo, no les iba muy bien. Otros estudiantes contaron que en ocasiones se dividían el trabajo, que interactuaban por WhatsApp para resolver las preguntas y que al final realizaban reuniones por Zoom Video para explicar y solucionar las dudas que tenían.</p> <p>R. E. 1. “Trabajo bueno, los tres repartíamos actividades por el grupo de WhatsApp, se ayudaba y cada uno aportaba” “de presencial a virtual fue muy drástico, pero nos enseñó a ser más responsables, estábamos en la casa y enviamos los trabajos puntualmente, más responsables y conciencia”</p> <p>R. E. 2. “Me sentí bien con mi equipo, me gusta investigar muy bien”</p> <p>R. E. 3. “A veces nos repartíamos el trabajo y luego socializábamos”</p> <p>R. E. 4. “El trabajo en grupo bien, se distribuía trabajo y se socializaba por WhatsApp y buscábamos resolver preguntas o le explicaban para que una entendiera”</p> <p>R. E. 5. “Me sentía saturado de mucho trabajo, porque el grupo a veces no funcionaba, trabajo en equipo se discute para llegar a conclusiones”. “Mucho trabajo por Zoom”</p> <p>R. E. 6. “El trabajo en equipo bueno, pero nosotros ponemos obstáculos porque no hacemos los trabajos rápido, se demora, el trabajo a tiempo queda bien”</p> |

| Preguntas | Síntesis de las respuestas |
|--|--|
| | R. E. 7. "Se divide el trabajo, hay interacción por WhatsApp y reunión por Zoom para solucionar dudas que se tienen" |
| ¿Consideras que desarrollaste habilidades de pensamiento y lectura críticos? | <p>Para los estudiantes entrevistados, esta experiencia les permitió mejorar en la lectura crítica y desarrollar habilidades de pensamiento crítico. Para responder las preguntas tenemos que leer muy bien, interpretar, pensar, comparar, investigar, establecer relaciones y analizar. Nos hace dudar de lo que inicialmente encontramos, ver más allá y no responder lo que primero pensamos; exponer nuestros puntos de vista, buscar las respuestas con mayor sentido. Averiguar a que nos lleva esta pregunta. Consideran que la lectura crítica es la base de todo el conocimiento.</p> <p>Estos estudiantes aseguran que las estrategias y habilidades desarrolladas, las han aplicado en asignaturas como biología, física, matemáticas, lengua castellana, entre otras, ya que esta práctica pedagógica les ha ayudado a tener más habilidad en lectura crítica, el desarrollo de la creatividad y la lógica. Les ha servido para analizar y profundizar en los trabajos que realizan.</p> <p>Los entrevistados coinciden en este enfoque pedagógico alternativo, que además del aprendizaje de la química, les servirá para desempeñarse mejor próximamente en la universidad, para enfocarse más en el estudio porque allá tendrán nuevas cosas más difíciles para resolver, hacer trabajos con mayor detalle, realizar lectura crítica de diversas temáticas e investigar. Estiman que han adquirido buenas bases para continuar estudiando, tienen mayor capacidad para elaborar informes, ensayos y para hablar, discutir y responder preguntas complejas. Además, han desarrollado destrezas para realizar trabajo en equipo e interactuar de manera virtual en la carrera que ellos elijan estudiar.</p> <p>R. E. 1. "Si porque nos pone a pensar. La lectura crítica ayuda a tener más habilidades, nos ayudó en el trabajo de las demás áreas, sirve en Física para analizar situaciones y nos sirve para cuando lleguemos a la USCO, porque además de aprender Química, debemos buscar nuevas cosas para resolver"</p> <p>R. E. 2. "Pensamiento crítico se desarrolla, porque no está explícito, lo lleva a investigar, se hace preguntas y lleva a discutir" "sirve para las otras áreas, se desarrolla la lógica y la lectura crítica para Castellano" "Tengo bases altas para seguir y elaborar trabajos e informes que piden en la universidad, se cómo responder"</p> <p>R. E. .3. "La lectura crítica se desarrolla; para responder hay que analizar, leer bien, el pensamiento crítico lo hemos desarrollado con los problemas"</p> <p>R. E. 4. "La lectura crítica sí, se desarrolla pensamiento crítico, si porque en los trabajos no entendía y tenía que averiguar y analiza y pensar y ser muy específica" "las habilidades sirvieron para Física y Biología"</p> <p>R. E. 5. "No nos hace creer lo que primero encontramos, que veamos más allá, va desarrollando y adquiriendo estrategias de cómo hacerlo" "se pone en práctica en las demás materias y cuando vaya a la USCO"</p> |

| Preguntas | Síntesis de las respuestas |
|---|--|
| | <p>R. E. 6. "Pensamiento crítico desarrollamos no en un 100%, pero si en algún???, mirar más allá a que nos lleva esta pregunta, la lectura crítica es la base de todo." " las habilidades en otras áreas si aplican, no es lo normal, hay que mirar más allá esos trabajos , hay que analizar, hay pensamiento crítico"</p> <p>R. E. 7. "Las habilidades si sirven para las demás áreas del conocimiento, si son temas variados sirve para Biología y Matemáticas" " Si he fortalecido la lectura crítica, buena temática de apoyo, desarrollé bastante pensamiento crítico, exponer un punto de vista, decir si o es correcto o no, cuál es la respuesta de mayor sentido"</p> |
| ¿Qué le cambiarías a esta experiencia pedagógica? | <p>La mayoría considera que la estrategia empleada le gustó mucho como está y que no le harían cambios. Algunos estudiantes sugirieron: que debería haber mayor participación por parte de ellos, que las diapositivas de apoyo sean más interactivas, que haya más trabajo en clase para preguntar más y realizar mayor debate y presentar más videos e incluir más dibujos en las situaciones problemáticas.</p> <p>R. E. 1. "No le cambio nada, así está bien, explica, pone a leer, a interpretar"</p> <p>R. E. 2. "Está bien"</p> <p>R. E. .3. "Está bien"</p> <p>R. E. 4. "Más videos y preguntas ICFES" "temática buena, inventados, no son comunes y nos pone a pensar más y lleva a desarrollar capacidades"</p> <p>R. E. 5. "Hacer cosas más en clase, para poder preguntar y tener más debate"</p> <p>R. E. 6. "Cambios no haría, somos muy flojos, incluir dibujos, esquemas videos. Es muy interesante por la retroalimentación de esta charla"</p> <p>R. E. 7. "Que haya más participación de los estudiantes, en las diapositivas mayor interacción; en los problemas cambios no"</p> |

Fuente: Elaboración propia

Las respuestas y comentarios de los estudiantes sobre aspectos generales de la experiencia pedagógica permiten realizar las siguientes inferencias:

- Los estudiantes tienen una opinión positiva de esta experiencia pedagógica, debido a que los llevó a pensar, a leer críticamente, a investigar, a cuestionar sus propias ideas y a desarrollar sus capacidades y a fortalecer el trabajo en equipo. Igualmente, para ellos la experiencia les permitió comprender las interacciones entre los átomos para formar los diversos tipos de enlaces químicos, las estructuras moleculares y algunas propiedades de materiales cotidianos como metales, plásticos, sales, compuestos orgánicos como alcanos, alcoholes y ácidos carboxílicos. Asimismo, ellos pudieron evaluar su evolución en la comprensión de los modelos de enlace químico y fuerzas

de atracción intermoleculares. El acompañamiento y retroalimentaciones del docente, la colaboración entre compañeros, el buen ambiente de trabajo; les facilitó la comprensión de los conceptos y un crecimiento como personas.

Las situaciones problemáticas en las cuales se contaron historias fueron las de mayor agrado para los estudiantes, como: Huevos cocidos, “Los 33”, Un chico plástico, Solteros son tóxicos, pero casados son comestibles, “El puente está quebrado” y Sherlock. Al parecer, las historias y situaciones que ocurren en su realidad social, en su cotidianidad llevadas al aula como formas de enseñanza, posibilitaron el desarrollo de habilidades comunicativas e investigativas, y provocaron cambios de actitud en los estudiantes, permitiéndoles abordar las temáticas de la Química y apropiarse de los conocimientos de manera novedosa. Las temáticas contadas a través de historias además de llamar la atención y evitar la repetición de contenidos, proveen contexto y sentido a los conceptos, aparte del significado que estos portan en sí, lo que facilita su aprendizaje.

- Se fortaleció el trabajo en equipo, realizado de manera presencial en el aula de clase y luego de forma virtual a raíz de la pandemia del COVID -19, a través de las aplicaciones tecnológicas Whats App, Meet y Zoom Video. Los equipos de trabajo programaron encuentros para que cada integrante pudiese exponer y aportar sus ideas, discutirlos, ponerse de acuerdo para llegar a conclusiones y a elaborar la mejor respuesta. Fundamentalmente, se observó responsabilidad y puntualidad en la resolución de las situaciones problemáticas.
- Esta experiencia pedagógica posibilitó en los estudiantes el desarrollo de algunas habilidades de pensamiento crítico y de lectura crítica, estimuló la creatividad y la lógica. Así, resolver las preguntas de las situaciones problemáticas, a los estudiantes les implicó leer comprensivamente, interpretar, discutir, comparar, investigar, establecer relaciones y argumentaciones, analizar y elaborar síntesis. Las dudas sobre sus respuestas iniciales, los llevaron a exponer y discutir sus puntos de vista,

cuestionar sus propias ideas, analizar, ver más allá de lo que ellos creían, y, les permitió evaluar y escoger las respuestas con más sentido para cada una de las preguntas. De esta forma, las estrategias y habilidades desarrolladas las aplicaron en otras áreas como biología, física, matemática y lengua castellana; teniendo en cuenta que les proporcionan buenas bases para afrontar futuros estudios universitarios.

- La mayoría de los entrevistados no le haría cambios a la experiencia pedagógica, sin embargo, algunos estudiantes manifestaron que deben participar más en los debates y sugirieron incluir dibujos, diapositivas interactivas y videos en las situaciones problemáticas.

4.6. Resultados Pre y post- test de los modelos explicativos de enlace químico

Los resultados obtenidos por los estudiantes en la prueba pre y post -test sobre modelos explicativos de enlace químico se exponen en las tablas 39 y 40, se indica la sumatoria de los puntajes obtenidos por los 32 de estudiantes de grado décimo y undécimo, en cada una de las preguntas de las pruebas pre y post- test aplicadas en esta investigación.

Tabla 39. Sumatoria puntajes obtenidos por estudiantes en prueba pre- test

| Casos | Preguntas | | | | | | | | | | Puntaje | |
|-------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---------|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 12 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 13 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 20 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 22 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 27 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Puntaje | 11 | 4 | 4 | 3 | 4 | 6 | 9 | 3 | 4 | 9 | 57 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Sumatoria puntajes obtenidos por estudiantes en prueba post-test

| Caso | Preguntas | | | | | | | | | | Puntaje |
|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 13 |
| 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 15 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 16 |
| 4 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 14 |
| 5 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 13 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 11 |
| 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 1 | 2 | 17 |
| 8 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 8 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 9 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 8 |
| 10 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| 11 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 7 |
| 12 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 18 |
| 13 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 10 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 7 |
| 15 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5 |
| 16 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 16 |
| 17 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 18 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 13 |
| 19 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 15 |
| 20 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 20 |
| 21 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 11 |
| 22 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 23 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 |
| 24 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 16 |
| 25 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 8 |
| 26 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 |
| 27 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| 28 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| 29 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 16 |
| 30 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 12 |
| 31 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 8 |
| 32 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 15 |
| PUNTAJE | 52 | 46 | 35 | 39 | 51 | 28 | 43 | 22 | 29 | 41 | 385 |

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 41 y 42 se muestran las medidas de tendencia central de las pruebas pre y post- test, respectivamente.

Tabla 41. Medidas de tendencia central prueba pre- test, sobre modelos explicativos de enlace químico

| Puntaje | % | Mínimo | Máximo | Moda | Desviación estándar | Varianza | Promedio |
|---------|------|--------|--------|------|---------------------|----------|----------|
| 57 | 8.90 | 0 | 6 | 1 | 1,43 | 2,04 | 1.78 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Medidas de tendencia central en la prueba del post- test, sobre modelos explicativos de enlace químico

| Puntaje | % | Mínimo | Máximo | Moda | Desviación estándar | Varianza | Promedio |
|---------|-------|--------|--------|------|---------------------|----------|----------|
| 385 | 60.15 | 3 | 20 | 8 | 4,34 | 18,84 | 12.031 |

Fuente: Elaboración propia

Con las medidas de tendencia central de los resultados pertinentes a las pruebas pre y post- test, (tablas 41 y 42) sobre modelos explicativos de enlace químico, se procede a realizar la comprobación estadística de la hipótesis formulada para esta investigación, mediante una prueba Z.

4.7. Prueba de hipótesis

La hipótesis planteada para esta investigación es la siguiente: El aprendizaje de los modelos explicativos de enlace químico depende de la utilización del enfoque de la resolución de situaciones problemáticas, en el marco de un abordaje temático alternativo. Cabe destacar que, en la anterior hipótesis, la variable independiente o determinante es la resolución de situaciones problemáticas en el marco de un abordaje temático alternativo y la variable dependiente es el aprendizaje de los modelos explicativos de enlace químico.

La comprobación estadística de esta hipótesis se realizó mediante una prueba Z, la cual requiere los siguientes algoritmos (Martínez, 2006).

$$\sigma (X_1 - X_2) = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_1}}$$

$\sigma(X_1 - X_2)$ = Diferencia por desviación estándar del comportamiento grupal

σ_1^2 y σ_2^2 = Varianza del pre- test y post- test

N_1 y N_2 = Número de casos

Aplicando los valores provenientes de las tablas 21 y 22, se obtiene:

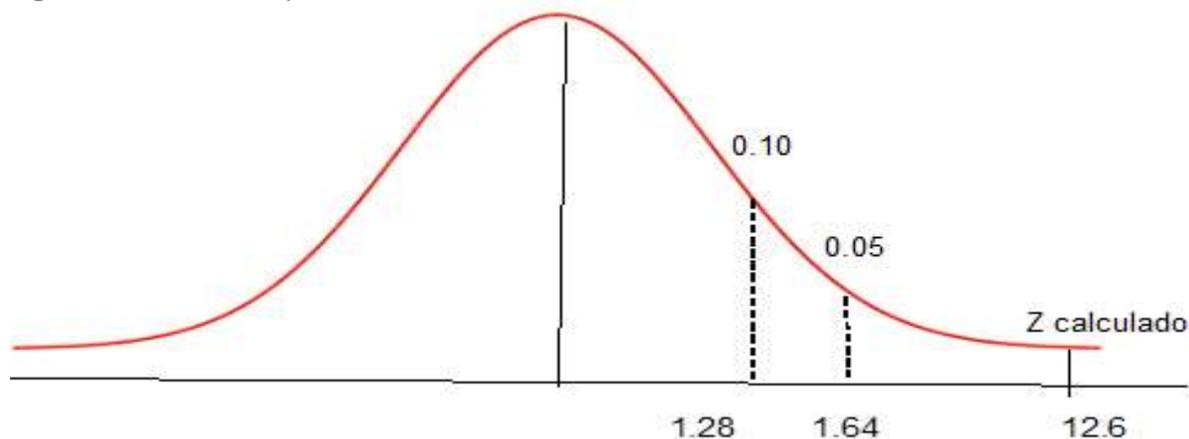
$$\sigma(X_1 - X_2) = \sqrt{\frac{2.09}{32} + \frac{18.84}{32}} = 0,8087$$

Con este valor se calcula Z,

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma(X_1 - X_2)} = \frac{12.031 - 1.78}{0.8087} = 12.67$$

La posición de Z calculado en la curva normal se muestra en la figura 4.19

Figura 32. Prueba de hipótesis



Fuente: Elaboración propia

El valor de Z calculado se ubica en la zona de alta significancia de la curva normal con un intervalo de confianza menor al 0,05 (margen de error menor al 5%). En consecuencia, se acepta la hipótesis alterna que el aprendizaje de los modelos explicativos de enlace químico, alcanzado por los estudiantes de grado undécimo de la Institución Educativa San Juan Bosco de Palermo Huila en el año 2020, depende de la resolución de situaciones problemáticas y el abordaje temático alternativo.

A partir de la revisión de los resultados derivados de la estadística inferencial mostrados en la prueba de hipótesis, el autor se permite plantear los siguientes comentarios:

La propuesta pedagógica alternativa basada en la resolución de problemas, en el marco de un abordaje temático alternativo, contribuyó al mejoramiento del aprendizaje de los modelos explicativos de enlace químico, de los estudiantes de educación media de la Institución Educativa San Juan Bosco de Palermo-Huila, matriculados en el período académico 2019 - 2020; prueba de ello es la ubicación del Z calculado en la zona de alta significancia de la curva normal.

El punto de partida inicial de los estudiantes (32) partícipes de esta investigación, medido con la prueba pre- test sobre el aprendizaje de los modelos explicativos de enlace químico fue del 8,90% y en la prueba post- test, fue del 60,15%. De acuerdo con estos resultados, se obtuvo una mejora final por parte de los estudiantes del 51,25%, gracias a la resolución de situaciones problemáticas y el abordaje temático alternativo.

En la tabla 43 se expone el porcentaje de mejoramiento en las respuestas formuladas por los estudiantes, en cada una de las preguntas en las diferentes dimensiones de las pruebas pre y post- test aplicadas en esta investigación.

Tabla 43. Mejoramiento porcentual respuestas correctas pruebas pre y post- test

| N° | Preguntas | Dimensión | Porcentaje de mejora |
|-----------|--|---|-----------------------------|
| 1 | ¿Por qué los metales se pueden convertir en láminas o en hilos, pero no se pueden romper fácilmente? ¿A qué se debe que los metales conduzcan la electricidad y el calor? | Modelo de enlace metálico. Mar de electrones. Ductilidad y maleabilidad Conductividad de la electricidad | 64.07 |
| 2 | Elabora un modelo sobre cómo interactúan los átomos de sodio y de cloro para formar el cloruro de sodio. | Modelo de enlace iónico. | 65,62 |

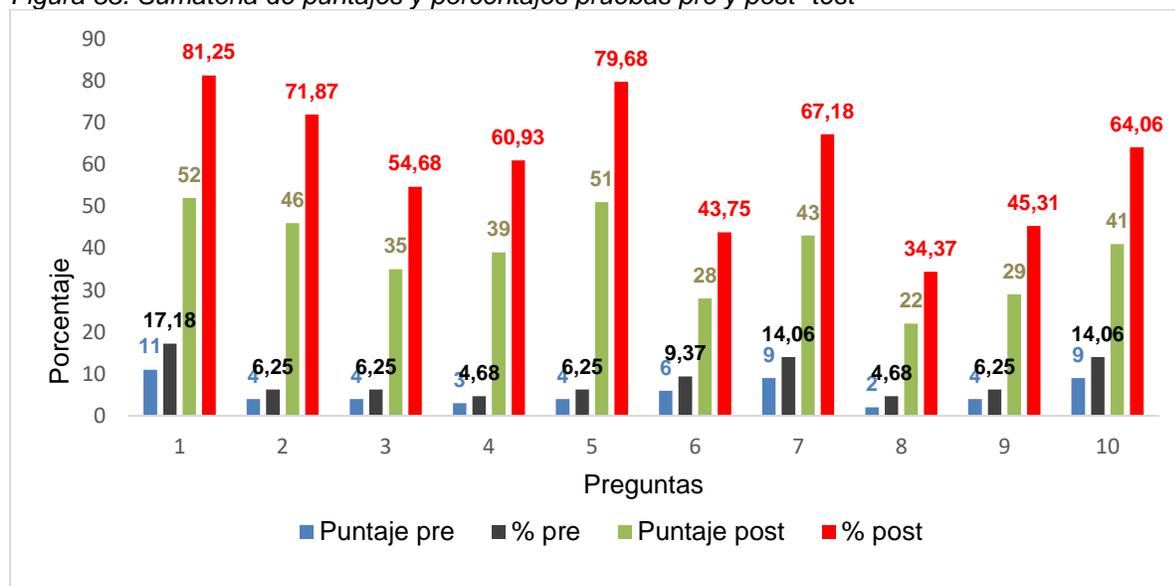
| | | | |
|---|---|---|-------|
| 3 | ¿Por qué estos minerales pueden romperse fácilmente al golpearlos con un martillo? | Modelo de enlace iónico. Dureza y fragilidad. | 48,43 |
| 4 | ¿Cómo se explica que el agua tenga un punto de ebullición elevado a pesar de su baja masa molar? Elabora un esquema que dé base a esta explicación. | Modelo de enlace covalente polar. Fuerzas de atracción intermoleculares. | 56,25 |
| 5 | ¿Explica por qué las sustancias anteriores no conducen la electricidad cuando están sólidas, pero sí lo hacen cuando están disueltas en agua? | Modelo de enlace iónico. Conductividad de la electricidad. | 73,43 |
| 6 | ¿Qué relación existe entre la clase de enlace químico y la posibilidad de detectar estos olores? | Modelo de enlace covalente. Puntos de ebullición. Volatilidad. | 34,38 |
| 7 | ¿Por qué se usa sal de cocina para liberar el hielo de las carreteras? Elabora un dibujo donde muestres las interacciones entre el hielo y el cloruro de sodio. | Fuerzas de atracción intermoleculares. | 53,12 |
| 8 | ¿Qué tipo de interacciones crees que tienen en común los tres tipos de modelos de enlace químico? | Modelos de enlace metálico, iónico y covalente con enfoque electrostático común. | 29,69 |
| 9 | ¿Qué características de estos compuestos explicarían las grandes diferencias en los puntos de fusión y ebullición entre compuestos iónicos y covalentes? Acompaña tu explicación con un esquema. | Modelos de enlace iónico y covalente. Puntos de fusión y ebullición. Fuerzas de atracción intermoleculares. | 39,06 |

| | | | |
|----|---|---|-------|
| 10 | Si las moléculas de sustancias covalentes comparten electrones ¿Por qué algunas de ellas son solubles y otras insolubles en agua? | Modelo de enlace polar y no polar. Solubilidad en agua. | 50,00 |
|----|---|---|-------|

Fuente: Elaboración propia

En la figura 33 se muestra la sumatoria de los puntajes con los porcentajes obtenidos por los estudiantes, en cada una de las preguntas de las pruebas pre y post- test aplicadas en esta investigación.

Figura 33. Sumatoria de puntajes y porcentajes pruebas pre y post- test



Fuente: Elaboración propia

La revisión de los resultados obtenidos por los estudiantes en las pruebas pre y post-test, los cuales se encuentran sistematizados en la tabla 43, como también de los resultados logrados en las situaciones problemáticas resueltas y en la entrevista efectuada con algunos estudiantes, permite realizar el siguiente análisis:

- Sobre la dimensión conceptual, modelo de enlace iónico y su relación con la conductividad de la electricidad en las disoluciones iónicas, que fue abordada en la pregunta 5 del post -test, en las situaciones problemáticas 8 y 14, como también en la pregunta 10 de la entrevista.

En las respuestas dadas, los estudiantes en un alto porcentaje manifestaron que la conductividad de la electricidad en las soluciones iónicas es debida a la movilidad de los iones; explicación a la que también acude el 51% de estudiantes de bachillerato en España (Valcárcel et al., 2005). Además, la mayoría de los equipos de estudiantes elaboró representaciones y explicaciones aceptables, sobre las fuerzas de atracción entre los iones y las moléculas de agua, cuando sales como el cloruro de sodio o cloruro de potasio se disuelven en agua. Al respecto, el 52% de estudiantes de bachillerato en España piensa que todas las sustancias iónicas presentan una alta solubilidad en agua (Valcárcel et al., 2005).

- La dimensión conceptual, modelo explicativo de enlace iónico, está explícita en la pregunta 2 del post-test, en las situaciones problemáticas 2, 4 y 7, de igual manera en las preguntas 2 y 4 de la entrevista.

Las respuestas dadas por los estudiantes indican que mayoritariamente usaron las fuerzas de atracción electrostáticas entre cationes y aniones como principio explicativo para la formación de los enlaces iónicos, dejando de emplear la regla del octeto, como principio explicativo como lo plantean Fernández y Marcondes (como se citó en Santos y Fernandes, 2014; Taber, 1999). En relación con la forma en que se unen los átomos en las sustancias iónicas, según Valcárcel et al. (2005), la justificación mayoritaria de los estudiantes (30%) está centrada en el carácter metálico y no metálico de ambos elementos; pero, una minoría de estudiantes (14%) alude en sus explicaciones conjuntamente a la cesión de electrones, a la tendencia al cumplimiento del octeto y la consecución de una mayor estabilidad, ideas expresadas en todos los libros de texto de bachillerato.

Los estudiantes realizaron dibujos o representaciones de estructuras cristalinas, aceptando la existencia de interacciones electrostáticas multidireccionales entre los iones presentes en la malla cristalina. Compuestos como el cloruro de sodio o cloruro de

potasio, fueron representados mediante estructuras cristalinas cúbicas. Al respecto, Valcárcel et al. (2005) afirman que sólo el 45% de estudiantes de bachillerato en España, representan la red iónica para el cloruro de sodio, y según García y Garritz, (2006), en ciudad de México, el 31% de los alumnos de bachillerato (15 -16 años) considera que la estructura interna del cloruro de sodio es un cubo de iones; pero el 43% cree que es un cubo de átomos.

Mayoritariamente, los estudiantes lograron establecer que existen diferencias entre los átomos y sus respectivos cationes o aniones; aunque según De Posada (1994), los conceptos de red y ion han sido poco asumidos por los alumnos de bachillerato. Además, en las explicaciones realizadas por nuestros estudiantes hacen menos énfasis en la transferencia del electrón; al contrario de lo expuesto por Taber (1997) y Oversby (1996). También cabe destacar que los estudiantes, inicialmente, asociaron erróneamente el termino cristal, con un material transparente como el vidrio; pero luego asumieron, que es una estructura cristalina altamente ordenada y tridimensional y que tiene una unidad que se repite, como un cubo en el caso del cloruro de sodio o de potasio.

- La dimensión conceptual, modelo de enlace metálico (Mar de electrones) y su relación con la ductilidad, maleabilidad, conductividad de la electricidad y del calor de los metales; fue incluida en la pregunta 1 del post- test, en las situaciones problemáticas 1, 4 y 14, como también en las preguntas 3, 6 y 7 de la entrevista.

En las respuestas dadas por los estudiantes, casi todos usaron las fuerzas de atracción electrostáticas entre cationes y electrones libres deslocalizados como principio explicativo para la formación del enlace metálico. De acuerdo con Olmos (2010) el 52,4% de los estudiantes en España, explica que los electrones dentro de una red metálica se encuentran formando una nube alrededor del conjunto de los núcleos y capas completas. Es preciso señalar que, para la gran mayoría de los estudiantes, el enlace metálico era un modelo desconocido; sin embargo, la resolución de varias situaciones problemáticas

y la utilización del modelo de mar de electrones permitió la comprensión de las interacciones electrostáticas multidireccionales en los metales.

En esta investigación, los estudiantes realizaron representaciones de los cationes y de sus electrones externos en el hierro en una puntilla, cobre en un alambre, oro y plata en la copa mundo; pero pocos estudiantes dibujaron la estructura cristalina metálica cúbica, centrada en el cuerpo para el hierro y centrada en la cara para el caso del cobre, oro y plata. En consonancia con lo anterior, según De posada (1997), sólo el 30% de los estudiantes dibujó la estructura de hierro de acuerdo con el modelo del mar de electrones y muy pocos estudiantes dibujaron una red metálica para el calcio. Igualmente, de acuerdo con García y Garritz, (2006) el 34% de los alumnos de bachillerato en ciudad de México, considera que la estructura interna de un clavo de hierro está constituida por muchas uniones entre átomos de hierro.

La mayoría de los grupos explicó que la muy buena conductividad de la electricidad y el calor de los metales, como el aluminio, hierro y cobre, es debida a la movilidad de los electrones. Algunos equipos de estudiantes relacionaron la ductilidad y maleabilidad de algunos metales con el modelo de mar de electrones; argumentando que, por efecto de un golpe, los cationes metálicos pueden deslizarse unos sobre otros, lo que ocasiona que utensilios metálicos como las ollas de aluminio se deformen (se chupen) pero sin romperse.

- La dimensión conceptual, modelo de enlace iónico y su relación con la dureza y fragilidad, fue abordada en la pregunta 3 del post- test, en la situación problemática 4 y en la pregunta 7 de la entrevista.

Conforme a las respuestas dadas en la prueba post- test, cerca del 50% de los estudiantes estableció relaciones entre el enlace iónico, la dureza y la fragilidad de compuestos como el NaCl, CaF₂, TiO₂. En sus explicaciones expresaron que estos materiales son duros debido a su estructura cristalina ordenada, a las muchas y fuertes

atracciones electrostáticas entre cationes y aniones. Igualmente, los estudiantes comprendieron que cuando se golpean o se caen los compuestos iónicos se rompen o se lacran, debido a la repulsión generada entre iones de igual carga dentro del cristal. Para la gran mayoría de los estudiantes la relación del enlace iónico, con la dureza y la fragilidad era desconocida. Esta situación puede obedecer al hecho que en los currículos y en los libros de texto de bachillerato, estas propiedades físicas se abordan al inicio del curso o del texto, pero posteriormente no se establece ninguna conexión con el modelo de enlace iónico. Según, Riboldi et al. (como se citó en Olmos, 2010), hay algunos estudiantes que confunden la dureza de un compuesto iónico con la fuerza del enlace químico; esto avala la idea que el alumno traslada al campo microscópico lo que percibe a nivel macroscópico.

- La dimensión conceptual, modelo explicativo de enlace covalente polar y fuerzas de atracción intermoleculares (puentes de hidrógeno), fue incluida en la pregunta 4 del post- test, en las situaciones problemáticas 13 y 15, como también en las preguntas 8 y 9 de la entrevista.

El mejoramiento en la comprensión de las fuerzas de atracción intermoleculares es muy significativo, dado que inicialmente casi la totalidad de los estudiantes desconocía estos conceptos; ya que según De Posada (1999), la idea que existen fuerzas intermoleculares ha sido menos interiorizada que el enlace covalente, por parte de los alumnos con edades 15 a 18 años.

Los estudiantes mayoritariamente argumentaron que el agua es una molécula polar, porque las atracciones electrostáticas entre el núcleo del átomo de oxígeno y el par de electrones de enlace, son mayores que las atracciones electrostáticas ejercidas por el núcleo de los átomos de hidrógeno. Los estudiantes también representaron con fórmulas estructurales de guiones las moléculas de agua, indicando las cargas parciales positivas y negativas, así como los puentes de hidrógeno entre los dipolos de varias moléculas de agua. Contrario a lo anterior, en un estudio realizado por Delgado (2017), sólo el 10% de

los estudiantes de una institución educativa de Itagüi (Colombia), identificó que en el agua predominan los puentes de hidrogeno. Además, los estudiantes expresaron que, debido a la gran intensidad de los puentes de hidrógeno, el agua tiene un elevado punto de ebullición, a pesar de su baja masa molar.

- La dimensión conceptual, modelo explicativo de enlace polar y no polar y solubilidad en agua, fue abordada en la pregunta 10 del post- test, en las situaciones problemáticas 3, 12, 14 y 15, como también en la pregunta 8 de la entrevista.

Los estudiantes reconocieron la existencia de interacciones electrostáticas unidireccionales entre los núcleos y los electrones de enlace, en los compuestos covalentes polares y no polares. Igualmente, los estudiantes con base en fórmulas estructurales de guiones y la diferencia de electronegatividad de los átomos enlazados, identificaron la presencia de enlaces polares (carbono -oxígeno, oxígeno -hidrógeno) y de enlaces no polares (carbono -carbono, carbono -hidrógeno) en algunas moléculas orgánicas presentes en materiales de uso cotidiano. Al respecto, Peterson y Treagust (1989) analizaron en estudiantes de 16 y 17 años conocimientos sobre el enlace covalente y su estructura, encontrando que: un 23% de los alumnos no considera la influencia de la electronegatividad y la desigual compartición del par de electrones en el enlace polar, un 23% confunde fuerzas intermoleculares con fuerzas dentro de las moléculas y un 33% considera que no existen fuerzas intermoleculares en una red covalente.

Los estudiantes manifestaron que las sustancias orgánicas con enlace covalente polar son solubles en agua, debido a que interactúan con dipolos de esta molécula; mientras que las sustancias no polares no son solubles en agua, porque no presentan dipolos permanentes. En consecuencia, clasificaron al ácido acético, etanol, etanal y ácido fórmico como polares y solubles en agua; las sustancias orgánicas: metano, propano, heptano, octano y ácido hexadecanoico (ácido palmítico), fueron catalogadas como no polares y no solubles en agua.

Los estudiantes, con base en las fórmulas estructurales de guiones, elaboraron representaciones para indicar las atracciones intermoleculares, como son fuerzas de van der Waals entre moléculas no polares y atracciones dipolo -dipolo y puentes de hidrógeno, entre moléculas orgánicas polares similares y atracciones dipolo -dipolo y puentes de hidrógeno entre moléculas orgánicas polares con las moléculas de agua. Según Olmos J. (2010), en un estudio acerca de la solubilidad de las sustancias, el 50,8% de los estudiantes justifica que las sustancias se disuelven en otras semejantes y que por tanto las sustancias, polares o no polares, se disuelven en sustancias de su misma naturaleza.

- La dimensión conceptual, fuerzas de atracción intermoleculares (interacciones ion-dipolo) está inmersa en la pregunta 7 del post- test, en las situaciones problemáticas 2, 6, 7 y 14, de igual manera en la pregunta 10 de la entrevista.

Los estudiantes explicaron que cuando el cloruro de sodio se disuelve en agua, los cationes sodio (Na^+) atraen a los átomos de oxígeno de las moléculas de agua y los aniones cloro (Cl^-) atraen a los átomos de hidrógeno de las moléculas de agua; es decir, se rompen los puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua. Igualmente, manifestaron que, al adicionarle sal al hielo, éste se derrite porque se libera calor y el punto de congelación disminuye hasta -21°C .

En esta investigación, utilizando los símbolos químicos de los iones y fórmulas estructurales de guiones para las moléculas de agua; los estudiantes realizaron representaciones de los cationes sodio, potasio o aluminio rodeados de moléculas de agua por la parte negativa del dipolo y de los aniones cloruro o sulfato rodeados de moléculas de agua por la parte positiva del dipolo. A pesar de estas representaciones, muy pocos estudiantes mencionaron el término atracciones ion-dipolo. Un estudio realizado por Micolta (2017) con estudiantes de grado décimo en Jamundí Colombia, concluye que cuando se trata de fenómenos que involucran fuerzas intermoleculares, los

desaciertos son mayores y resulta más complejo para los estudiantes, relacionar una sustancia con el tipo de fuerza intermolecular que posee.

Según Olmos (2010), las fuerzas de van der Waals y los puentes de hidrógeno son muy poco utilizadas en las explicaciones de los estudiantes para justificar los estados de agregación, los cambios de estado o disolución. Además, los libros de texto destinan muy poco espacio a este tipo de interacciones, por lo que la mayoría de los alumnos aprende reglas fijas y evita los razonamientos.

- La dimensión conceptual, atracciones electrostáticas como principio explicativo común para los modelos de enlace metálico, iónico y covalente; fue introducida en la pregunta 8 del post- test, en las situaciones problemáticas 1, 4, 8,11,13 y 14, como también en la pregunta 2 de la entrevista.

En lo relacionado con los modelos de enlace químico, los estudiantes mencionaron en sus explicaciones la existencia de fuerzas de atracción electrostáticas, así: en los metales atracciones entre cationes y electrones libres; en los compuestos iónicos atracciones entre cationes y aniones; y en las sustancias covalentes atracciones entre los núcleos y el par de electrones. Pero al ser indagados por el tipo de interacciones que tienen en común los tres tipos de modelos de enlace químico; sólo la tercera parte de los estudiantes que resolvieron el post- test, manifestó que en estos tres modelos las interacciones son debidas a atracciones electrostáticas.

Los investigadores García y Garritz (2006) concluyen, a nivel de bachillerato, “los alumnos no alcanzan a reunir una razón electrostática plausible para explicar los distintos modelos del enlace químico y nosotros, como docentes, no logramos detectarlo a tiempo para incorporar elementos en este sentido en la estrategia didáctica”. Sin embargo, de acuerdo con las respuestas dadas por los estudiantes participes en este estudio en algunas situaciones problemáticas y en la entrevista, aproximadamente el 47% asimiló que, a pesar de ser modelos diferentes, tienen un

principio explicativo común, basado en las interacciones de Coulomb, como lo proponen Borsese (1991), Taber (1997/ 2001), Borsese y Esteban (2001).

- La dimensión conceptual, modelo explicativo de enlace covalente y la relación con los puntos de ebullición y la volatilidad de algunas sustancias; ésta presente en la pregunta 6 del post-test, en las situaciones problemáticas 3, 12, 13 y 15 y en la pregunta 9 de la entrevista.

De acuerdo con las respuestas del post- test, sólo la tercera parte de los estudiantes relacionó directamente la volatilidad y los bajos puntos de ebullición con el enlace covalente de algunas sustancias orgánicas. Los estudiantes argumentaron que entre menos intensas sean las interacciones o fuerzas de atracción entre las moléculas orgánicas, el punto de ebullición disminuye y en consecuencia aumenta su volatilidad y la posibilidad de percibir los olores. La existencia de la anterior relación se hace más evidente en las explicaciones dadas en las respuestas de las preguntas de algunas situaciones problemáticas y en lo expuesto en la entrevista realizada a varios estudiantes. Al respecto, según De Posada (como se citó en Olmos, 2010), las fuerzas intermoleculares son menos interiorizadas que el enlace covalente y por tanto se utilizan pocas veces en las explicaciones, debido a que tanto las fuerzas de Van der Waals como los puentes de hidrógeno son tratadas con menor amplitud, lo que juega en contra de la distinción entre la unión entre átomos para formar moléculas y las uniones entre las propias moléculas.

En concordancia con lo anterior, según Olmos (2010), sólo un 28,6% de los estudiantes a quienes se les presentó varias sustancias, admite que existen fuerzas de unión entre las moléculas; pero, únicamente un 12,7 % explica correctamente el porqué de estos enlaces. De acuerdo con este investigador, un 33,3 % de los estudiantes sitúa los enlaces y las atracciones intermoleculares al mismo tiempo; en cambio un 31,7% de los estudiantes manifiesta que en primer lugar existe una unión entre átomos y como

consecuencia hay una posterior organización que hace que nuevas partículas formadas se atraigan entre sí.

- La dimensión conceptual, modelos de enlace iónico y covalente y su relación con los puntos de fusión o ebullición y las fuerzas de atracción intermoleculares fue discutida en la pregunta 9 del post-test, en las situaciones problemáticas 8, 9, 13 y 15, de igual manera en las preguntas 4 y 9 de la entrevista.

Conforme a los resultados del post- test, el 39% de los estudiantes estableció la relación de los modelos de enlace iónico y covalente, con las grandes diferencias entre los puntos de fusión y ebullición de compuestos iónicos y covalentes. Los estudiantes manifestaron que compuestos iónicos como el cloruro de magnesio, óxido de aluminio, y cloruro de sodio, presentan puntos de fusión y ebullición altos, debido a la intensidad de las atracciones electrostáticas multidireccionales entre cationes y aniones. Asimismo, plantearon que los puntos de fusión y ebullición de compuestos covalentes moleculares como el etanol y el agua son menores, debido a que las atracciones intermoleculares dipolo-dipolo, como los puentes de hidrógeno, son unidireccionales y de menor intensidad que las atracciones multidireccionales en los retículos cristalinos de los compuestos iónicos. Las explicaciones de la anterior relación mostraron una mejoría en las respuestas dadas por los estudiantes en algunas situaciones problemáticas y en la entrevista realizada a varios de ellos.

Según Valcárcel et al. (2005), el 57% de los estudiantes de bachillerato, relaciona el punto de fusión de las sustancias iónicas con las fuerzas de atracción de los iones y la energía necesaria para vencerlas. De acuerdo con García y Garritz (2006) el 60% de los estudiantes explica las diferencias entre los puntos de fusión, de manera unicausal en función del tipo de enlace. Igualmente, este autor concluye que sólo el 15% de los estudiantes tiene en cuenta la fuerza del enlace, como también la cantidad y direccionalidad de los enlaces (estructura de la sustancia). De Posada (1993) al indagar sobre las causas que originan las diferencias en los puntos de fusión de las sustancias,

encontró que el 61% de los alumnos de 16 años y el 85% de 17 años hacían referencia casi exclusivamente al enlace químico en sus argumentaciones atómicas.

En general, dado que en el pre- test, la sumatoria de los puntajes obtenidos por los estudiantes fuese de 57 puntos (8,9%) y en el post- test fuese de 385 puntos (60,15%) de un máximo posible de 640 puntos, presentándose una diferencia porcentual del 51,25%, permiten aseverar que la aplicación de un enfoque pedagógico alternativo basado en la resolución de situaciones problemáticas, puede mejorar en los estudiantes su comprensión de varios conceptos relacionados con los modelos explicativos de enlace químico y el desarrollo de algunos aspectos de su pensamiento crítico.

Conclusiones

1. La propuesta pedagógica alternativa basada en la resolución de problemas, en el marco de un abordaje temático alternativo, favoreció el aprendizaje conceptual sobre los modelos explicativos acerca del enlace químico y las fuerzas de atracción intermoleculares. Esta propuesta pedagógica tuvo efectos positivos en la comprensión por parte de los estudiantes de las interacciones electrostáticas atractivas en los modelos de enlace químico: covalente: reticular y puro en moléculas diatómicas o no, y en compuestos volátiles; iónico; en las fuerzas de atracción intermoleculares; y metálico. La utilización del enfoque electrostático de orden general llevó a los estudiantes a comprender que a nivel microscópico existen interacciones electrostáticas atractivas entre: cationes y electrones externos en los metales; cationes y aniones en los compuestos iónicos, núcleos y electrones de enlace en los compuestos covalentes. Así, con los estudiantes se hizo el tránsito de la cuestionada regla del octeto a un enfoque electrostático, como principio explicativo común de los modelos de enlace químico.
2. La implementación de una propuesta pedagógica alternativa, basada en la resolución de situaciones problemáticas en el marco de un abordaje temático alternativo, generó en los estudiantes cambios en los modelos explicativos sobre enlace químico y sobre las fuerzas de atracción intermoleculares. Los principales cambios evidenciados en los modelos explicativos de enlace químico propuestos por los estudiantes se sintetizan a continuación:

El modelo de enlace metálico, inicialmente desconocido para los estudiantes, fue incorporado conceptualmente como interacciones electrostáticas multidireccionales entre cationes y los móviles electrones externos; aceptando así la existencia de estructuras cristalinas (como la cúbica) en los metales.

El modelo de enlace iónico, un poco más familiar para los estudiantes en términos de la unión entre metales y no metales, parcialmente entendido como transferencia de electrones para cumplir con la regla del octeto; fue modificado conceptualmente en función de atracciones electrostáticas multidireccionales entre cationes y aniones en las estructuras cristalinas de algunas sales. Los estudiantes, inicialmente, asociaron el término cristal con un material transparente como el vidrio, pero luego lo asumieron como estructura altamente ordenada y tridimensional que tiene una unidad que se repite muchas veces. La inicial indiferenciación entre los átomos y sus respectivos cationes o aniones fue posteriormente reconocida por la mayoría de los estudiantes. Al final, se desechó por parte de los estudiantes la idea de la existencia de moléculas iónicas, mencionada por muchos de ellos al comienzo de la intervención didáctica.

En el caso del modelo del enlace covalente, en las concepciones de los estudiantes, se hacía alusión a la compartición de electrones entre los átomos para formar enlaces en moléculas diatómicas y así cumplir con la regla del octeto, sin referirse a la existencia de fuerzas de atracción electrostáticas. Al principio, los estudiantes tampoco mencionaron la existencia de este modelo en moléculas orgánicas y en compuestos reticulares. Como consecuencia de la estrategia pedagógica y el abordaje temático alternativo, los estudiantes asimilaron conceptualmente este modelo de enlace como interacciones electrostáticas unidireccionales entre los núcleos de los átomos y los electrones de enlace, en moléculas de compuestos de uso cotidiano tanto inorgánicos como orgánicos. En el caso de los compuestos orgánicos, la escritura de fórmulas estructurales de guiones de moléculas orgánicas favoreció la identificación de enlaces sencillos y dobles, los grupos funcionales de hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos y de algunos polímeros plásticos, y la diferenciación de compuestos polares de los no polares.

La existencia de fuerzas de atracción intermoleculares fue un aspecto desconocido para los estudiantes antes de la aplicación de la estrategia. La resolución de

situaciones problemáticas propició identificar las diferentes fuerzas de atracción entre las moléculas orgánicas. Además, con base en las fórmulas estructurales de guiones, los estudiantes también lograron diferenciar los enlaces covalentes polares (C-O, O-H) y no polares (C-C, C-H) en compuestos orgánicos como alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos e hidrocarburos saturados e insaturados. Además, ellos pudieron establecer la relación entre las fuerzas de atracciones intermoleculares, como fuerzas de Vander Waals y puentes de hidrogeno, con la solubilidad y los puntos de ebullición de compuestos orgánicos de uso cotidiano.

3. Las comprensiones alcanzadas de los modelos de enlace químico permitieron establecer relaciones entre la estructura molecular o cristalina (nivel microscópico), las propiedades físicas (nivel macroscópico) y las aplicaciones cotidianas de algunos compuestos químicos orgánicos e inorgánicos. Es decir, que además se pudo mejorar la comprensión de la utilidad de dichos modelos para predecir y explicar las principales propiedades macroscópicas de materiales de uso cotidiano, tanto de naturaleza inorgánica como orgánica.

Así, la comprensión del modelo de enlace metálico permitió relacionar la estructura cristalina con algunas propiedades físicas y aplicaciones de los metales. En consecuencia, la gran movilidad de los electrones en la estructura cristalina los estudiantes la relacionaron con la buena conductividad del calor y la electricidad; propiedad que habían observado en los materiales metálicos de su entorno. Igualmente, propiedades físicas como la ductilidad y la maleabilidad, identificadas previamente por los estudiantes en materiales de sus hogares fueron relacionadas con el deslizamiento de unos cationes sobre otros, gracias a la existencia de electrones móviles. Además, se dio un cambio en sus ideas previas, al establecer la conexión entre las intensas atracciones electrostáticas multidireccionales con los altos puntos de fusión y la dureza de algunos metales.

La comprensión del modelo de enlace iónico permitió a los estudiantes relacionar la estructura microscópica cristalina con algunas propiedades físicas y aplicaciones cotidianas de materiales iónicos. Así, la conductividad de la electricidad de algunos compuestos iónicos en solución fue relacionada con la movilidad de los iones al romperse la estructura cristalina; sin embargo, los procesos de disociación y solvatación de las sales que eran desconocidos para los estudiantes no fueron de fácil comprensión y explicación. Así mismo, los estudiantes generaron mejores explicaciones en situaciones relacionadas con fenómenos químicos en contextos biológicos, como a nivel celular o en el cuerpo humano.

A su vez, la desconocida relación del enlace iónico con la dureza y la fragilidad de algunos materiales de uso frecuente fue reconocida, al establecer la conexión entre materiales duros con la ordenada estructura cristalina y las muchas atracciones electrostáticas entre cationes y aniones. Igualmente, la fragilidad de los compuestos iónicos fue asociada con la repulsión generada entre iones de igual carga dentro del cristal. Los cambios en los modelos iniciales de los estudiantes hicieron posible que ellos vincularan los elevados puntos de fusión y ebullición de algunos materiales iónicos con la intensidad de las atracciones electrostáticas multidireccionales entre cationes y aniones.

De forma similar, la comprensión del modelo de enlace covalente permitió relacionar la estructura molecular o reticular, con las fuerzas de atracción intermoleculares y con propiedades físicas como la solubilidad y punto de ebullición de compuestos covalentes, presentes en materiales del entorno. De esta manera, los estudiantes progresivamente fueron vinculando la solubilidad de las moléculas, con la presencia de dipolos y las interacciones dipolo- dipolo con las moléculas de agua. Igualmente, los puntos de ebullición se conectaron con la clase e intensidad de las atracciones electrostáticas entre las moléculas, ya sean polares o no polares. De esta manera, el abordaje alternativo dio lugar a asociar las propiedades y aplicaciones de los

polímeros como los plásticos y de las sustancias reticulares, con los diferentes tipos de enlace covalente.

La comprensión de las fuerzas intermoleculares permitió a los estudiantes establecer relaciones entre éstas y propiedades físicas como la solubilidad en agua, la volatilidad y el punto de ebullición de compuestos orgánicos de uso cotidiano y, con propiedades como la resistencia química, elasticidad, la dureza y la cristalinidad de polímeros plásticos muy usados a nivel comercial e industrial como polietileno (PEAD, PEBD), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), y polietilentereftalato (PET), que dependen del enlace covalente y de las fuerzas de atracción electrostáticas entre las cadenas carbonadas.

Es importante decir que, aunque la conceptualización de las atracciones ion- dipolo para explicar procesos de solvatación fue de mucha complejidad para los estudiantes, en cambio, con las fuerzas de van der Waals y los puentes de hidrógeno se observó una mejor apropiación para explicar la volatilidad y los puntos de ebullición de algunas moléculas orgánicas. Para finalizar, la comprensión de las fuerzas intermoleculares les permitió a los estudiantes comprender las atracciones electrostáticas multidireccionales que se ejercen entre los átomos de carbono en materiales como el diamante y el grafito, ambas sustancias con enlace covalente reticular.

4. La implementación de la propuesta pedagógica alternativa basada en la resolución de situaciones problemáticas, en el marco de un abordaje temático alternativo generó en los estudiantes desarrollos positivos y significativos en algunas habilidades cognitivas propias del pensamiento crítico. Dichas habilidades cognitivas fueron: formular el mayor número de hipótesis, seleccionar y clasificar el mejor argumento, elaborar conclusiones, construir analogías relacionadas con la vida cotidiana, elaborar modelos explicativos y justificar respuestas, y elaborar argumentos e inferencias.

Así, los resultados obtenidos en la situación problemática “Un chico plástico”, mostraron mejora de los estudiantes en sus habilidades para: formular hipótesis sobre la diferencia en la resistencia de varios artículos de plástico, elaborar argumentos e inferencias sobre la fabricación de cascos, elaborar modelos explicativos y justificar respuestas sobre posibles aplicaciones del policloruro de vinilo y polipropileno sindiotáctico, elaborar conclusiones sobre la relación entre el enlace químico y las propiedades de los plásticos y construir relaciones analógicas sobre la superficie de contacto y la atracción en las estructuras moleculares del polietileno de alta densidad y baja densidad, además de seleccionar y clasificar el mejor argumento sobre el reciclaje de plásticos y sobre su resistencia y elasticidad.

Estos desarrollos positivos, pudieron haber sido generados por la naturaleza creativa de las situaciones problemáticas con preguntas con diferentes niveles de complejidad, el permanente proceso de retroalimentación, el trabajo en equipo en el aula o fuera de ella y el diseño curricular alternativo y formativo. Finalmente, es importante destacar que los estudiantes partícipes de esta estrategia pedagógica alternativa obtuvieron resultados satisfactorios en las pruebas de Lectura Crítica y de Ciencias Naturales del examen Saber 11°- 2020.

5. De acuerdo con lo manifestado en la entrevista, los estudiantes tienen una opinión positiva sobre esta propuesta pedagógica alternativa. Las temáticas contadas a través de historias relacionadas con sus vivencias y en un lenguaje cercano a los estudiantes, les agradaron y les permitieron comprender las interacciones entre los átomos para formar los diversos tipos de enlaces químicos, las estructuras moleculares y reticulares, al igual que algunas propiedades de materiales cotidianos como metales, sales, y compuestos orgánicos como alcanos, alcoholes, plásticos y ácidos carboxílicos.

La resolución de las situaciones problemáticas fomentó en ellos, la lectura comprensiva y crítica, el desarrollo de habilidades y destrezas a nivel cognitivo y

procedimental y su creatividad. Así, resolver las preguntas de las situaciones problemáticas, a los estudiantes les implicó, interpretar, discutir, proponer, comparar, establecer relaciones y argumentaciones, analizar y elaborar síntesis. Además, el abordaje de conceptos novedosos y de actualidad, ausentes en el currículo tradicional y en los libros de texto de bachillerato, incentivó a los estudiantes a consultar información en la Web, para elaborar (crear) respuestas con sentido y clarificar sus dudas.

Según los estudiantes la experiencia pedagógica generó mayor compromiso y actitud positiva hacia el aprendizaje del enlace químico y fortaleció el trabajo en equipo; realizado inicialmente de manera presencial en el aula de clase y luego de forma virtual a raíz de la pandemia del COVID -19, a través de las aplicaciones tecnológicas Whats App, Meet y Zoom Video. Esta disposición para trabajar en equipo afianzó las relaciones interpersonales, la interiorización de valores éticos como el respeto, la puntualidad y la responsabilidad. Además, el acompañamiento del docente, las retroalimentaciones y la colaboración entre compañeros les facilitó la comprensión de los modelos de enlace químico, y propició su crecimiento como personas.

Finalmente, los estudiantes consideran que las habilidades y destrezas cognitivas, procedimentales, comunicativas e investigativas; adquiridas y desarrolladas con su participación activa en la experiencia pedagógica en el área de Química, también son aplicables en otras áreas como Biología, Física, Matemática y Lengua Castellana, y que les proporcionaron buenas bases para afrontar futuros estudios universitarios.

Referencias bibliográficas

- Aguirre-Pérez, C., Cortes-Simarro, J. M., Fernández, R. González, F., & Vázquez, A. M. (2017). Estudio del tratamiento del enlace químico en los libros de texto españoles. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19(3), (pp60-72). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/264616957>.
- Allinger N. (1984). *Química orgánica*. Volúmenes 1 y 2. Segunda edición. Barcelona: Reverté S.A.
- Alvear, V. (2011). *Problemas tridimensionales de química*. Neiva: Editora Surcolombiana S.A.
- Angenault, J. (1999). *Diccionario enciclopédico de química*. México: Continental S.A.
- Argudín, Y. (2006). *Educación basada en competencias. Nociones y antecedentes*. México: Trillas S.A.
- Arredondo, M. (2006). *Habilidades básicas para aprender a pensar*. México: Trillas S.A.
- Ávila J., Olivares, S. y Villalobos V. (2014). Aprendizaje basado en problemas en química y el pensamiento crítico en secundaria. *Revista mexicana de investigación educativa*, 21(69), (pp555-581). Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/140/14045395009.pdf>.
- Bello, S. (2016). *Didáctica de la química universitaria*. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma De México UNAM. Capítulo 6 El enlace químico: Uno de los grandes logros del intelecto humano. Ciudad de México Recuperado de <http://depa.fquim.unam.mx/sieq/didactica.pdf>.
- Beltran, M. y Torres, N. (2011). Desarrollo de habilidades cognitivas a través de un programa de intervención en química. *Curriculum*, (pp117-140). Recuperado de https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/10688/Q_24_%282011%29_07.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bergqvist, A. Drechsler, M. De Jong, O. & Chang, S. (2013). Representaciones de modelos de enlaces químicos en los libros de texto escolares: ¿ayuda u obstáculo para la comprensión? *Chem. Educ. Res. Pract.*, (pp.589) Representaciones.

- Países Bajos. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/264616957>
- Brock, W. (1998). Historia de la química. Madrid: Alianza.
- Campos, A. (2007). Pensamiento crítico. Técnicas para su desarrollo. Bogotá: Editorial Magisterio.
- Carrascosa, J., Furió, C., Gil, D. y Martínez-Torregrosa, J. (1990). Programa- guía de actividades y comentarios para el profesor. Valencia: Nau Libres.
- Carriazo, J. y Saavedra, M. (Ed15). (2004). La didáctica de la química: Una disciplina emergente. Tecné, Episteme y Didaxis (Ed 15, p. 73 – 84). Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Cárdenas, F Castelblanco, Y.. & Ostos, C. (2007, 2010). Marco teórico, examen de estado. Prueba de química. Documento ICFES.
- Cauich, J. y García, J. (2008). ¿Para qué enseñar ciencias en la actualidad? Una propuesta que articula la tecnología, la sociedad y el medio ambiente. Educación y pedagogía, Universidad de Antioquia. Facultad de Educación (50), (pp111-122).
- Chamizo, J., García, A. y Garritz A. (2006). Enlace químico una aproximación constructivista a su enseñanza.
Recuperado de https://andoni.garritz.com/documentos/GarciaFranco-Garritz Chamizo%20Enlace-Quimico_Cap4_2009.pdf.
- Cubillos, G., Poveda, F. y Villaveces, J. (1989). Hacia una historia epistemológica de la química. Bogotá: Guadalupe Ltda.
- De Posada, J. (1999). concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza forma. Enseñanza de las ciencias, 17(2), 227245.
Recuperado de <file:///C:/Users/Jose/Downloads/38990578%20de%20posada%20enlace%20quimicoantes%20y%20despues.pdf>
- De Zubiría, J. (2017). Educación. Periódico el Colombiano. (E. Cortez, Entrevistador) Medellín. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=>
- Delgado J. (2017). Diseño de un proyecto de aula sobre la enseñanza de enlace químico y su relación con las propiedades físicas de la materia mediante la aplicación de

- software educativo en química. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias de Medellín-. Itagüí Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59138/1036608897.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y> .
- Díaz, M. (2019). ¿Qué es eso que se llama pedagogía? Universidad Pedagógica Nacional Facultad de Educación. *Pedagogía y Saberes*, (50), (pp11–28). Recuperado de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/PYS/article/view/>.
- Escobedo, H. y Figueredo, E. (1998). MEN. Lineamientos curriculares del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Escribano, A. y Del Valle, A. (2015). El aprendizaje basado en problemas (ABP). Bogotá: Ediciones de la U.
- Facione, P. (1998) *Pensamiento crítico: ¿Qué es y por qué es importante?* Loyola University, Chicago. Recuperado de <http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/PensamientoCriticoFacione.pdf>
- García y Posso (2017). Situaciones didácticas en la enseñanza del enlace químico *Educere*, 21, (70), 581-592). Universidad de los Andes Mérida, Venezuela. Institución educativa Técnico Industrial Antonio José Camacho Santiago de Cali, Valle del Cauca Colombia.
- García, A. y Garriz, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: El estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, 24(1), 11-124. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/73536>.
- García, J. y Cauich, J. (2008). ¿Para qué enseñar ciencias en la actualidad? Una propuesta que articula la tecnología, la sociedad y el medio ambiente. *Revista educación y pedagogía*. No. 50. Universidad de Antioquía. Facultad de educación.
- García, J. (2003). *Didáctica de las Ciencias Resolución de Problemas y Desarrollo De La Creatividad*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- García, J. (2020). Ciencia consentida: Resignificando los sentidos en la enseñanza de la ciencia. *Tecné, Episteme y Didaxis TED* Núm. 47 (2020): Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Gil, D. Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona: Horsori.
- González, M. (2017). El enlace químico en la educación secundaria. Estrategias didácticas que permitan superar las dificultades de aprendizaje. Tesis doctoral. Albacete. Recuperado de <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/16459/TESIS%20Gonz%C3%A1lez%20Felipe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, M.; Montañez, A.; Olaya, A. & Sánchez. G. (2000). ICFES. Contexto de la química para la evaluación. Capítulo 4. Bogotá.
- Huheey, J., Keiter, E. y Keiter, R. (2003). Química inorgánica. México: Oxford University Press.
- Ley 115. (1994). Ley general de educación. Bogotá D.C. Colombia.
- Loaiza, Y., Tamayo, O. y Zona, J. (2016). Pensamiento Crítico en el aula de ciencias. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.
- López, N. (2017). La investigación. Educación y cultura. Fecode (122). Recuperado de <https://www.libreriaLerner.com.co/revista-educacion-y-cultura-122-octubre-de-2017-7700000099228-3836/p>.
- Micolta, O. (2017). Secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje del enlace químico en estudiantes de grado 10 de la I.E.T.I. España del municipio de Jamundí- Valle del Cauca. Universidad ICESI Maestría en Educación Santiago de Cali.
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). Lineamientos curriculares del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Bogotá: Magisterio.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). Serie guías No 7. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Bogotá.
- Monterrey, I. T. (2004). El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica. ITESM. Monterrey. Recuperado de <http://sitios.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/abp.pdf>.

- Morales, A. (2018). Enseñanza y Aprendizaje del Concepto Enlace Químico en Estudiantes de Grado Octavo. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales Manizales, Colombia.
- Mosquera, C. Mora, W. y García, A. (2003). Conceptos fundamentales de química. Grupo DIDAQUIM. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Muñoz, A. (2018). Enseñar a pensar. Como favorecer el pensamiento crítico en el aula. Bogotá: Ediciones de la U.
- Narváez, L.J. (2011). Aprendizaje de los conceptos: enlace químico y estequiometría. Neiva: Editorial Universidad Surcolombiana.
- Odetti, H., Pliego, O. y Riboldi, L. (2004). El enlace químico: Una conceptualización poco comprendida. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 22(2), 195-2012. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21972/21806>.
- Olmos, J. (2010). Una propuesta metodológica para la gestión y evaluación del trabajo cooperativo aplicada al aprendizaje del enlace químico en educación secundaria. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Alcoy España.
- Ordoñez C. (2016). Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia Manizales, Colombia.
- Perales, F. Álvarez, P., Fernández, M., García, J.J., González, F., & Rivarossa, A. (2000). *Resolución de problemas*. Madrid: Editorial Síntesis S.A.
- Proyecto Educativo Institucional [PEI], 2019. Institución Educativa San Juan Bosco de Palermo – Huila.
- Pérez, R. Gallego, R. Torres, L. y Cuéllar, L. (2004). Las competencias interpretar, argumentar y proponer. Un problema pedagógico y didáctico. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Peterson, R. y Treagust, D. (1989). Conceptos erróneos de los estudiantes de grado 12 sobre la estructura y la unión covalente. Revista de educación química 66 (6): (pp459-460). Recuperado de

- https://www.researchgate.net/publication/280764894_Grade12_students'_misconceptions_of_covalent_bonding_and_structure.
- Pozas, A., Sánchez, R., Rodríguez, A., Ruiz, A. & Vasco, A. (2016). Química 2º Bachillerato. Andalucía: Mc Graw Hill España.
Recuperado de <file:///F:/ENLACE%20QUIMICO%20SANTILL%20METALICO.pdf>
- Pozo, I. y Gómez, M. (2000). Aprender y Enseñar Ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid: Morata S.A.
- Rivas, S. y Saiz, C. (2008). Evaluación de pensamiento crítico: Una propuesta para diferenciar formas de pensar. Ergo, Nueva Época, (pp22-23), (pp25-66).
Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/7af4/a4c3633ed4c19b08170bd5a2c27b3f06524a.pdf>.
- Rivas, S. y Saiz, C. (2012). Pensamiento crítico y aprendizaje basado en problemas. Revista de docencia universitaria, 10(3), 325- 346. Recuperado de <file:///C:/Users/semvladimir/Desktop/DialnetPensamientoCriticoYAprendizajeBasadoEnProblemasCot-4132278.pdf>.
- Saavedra, S. y Saavedra, R. (2013). Currículo y evaluación críticos: pedagogía para la autonomía y la democracia. Capítulo 2. Entre lo deseable y lo realizable: didáctica, currículo y evaluación. 1ª. ed. — Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Sanmartí, N. (2007). 10 ideas clave Evaluar para aprender. Editorial GRAÓ, de IRIF, S.L. C/ Francesc Tárrega, 32-34, 08027 Barcelona www.grao.com I.' edición: https://www.academia.edu/14417643/SANMARTI_N_10_IDEAS_CLAVE_EVALUAR_PARA_APRENDER Recuperado 20/10/2019.
- Santos, L. y Fernandes, A. (2014). Enseñanza del enlace químico desde una perspectiva situación -problema. Formación Universitaria, 7(6).
- Sibanda, D. y Hobde, P. (2015). Planificación de una secuencia de enseñanza para la enseñanza de enlaces químicos. Revista Africana de Investigación en Educación en Matemáticas, Ciencia y Tecnología 19 (1): (pp23-33). Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/276301999_Planning_a_Teaching_Sequence_for_the_Teaching_of_Chemical_Bonding.

Solomons, G. (2000). Química orgánica. Segunda Edición. México: Limusa S.A.

Valcárcel, M. Sánchez G. y Zamora, A. (2005). Conocimientos de alumnos de eso y bachillerato (14-18) sobre el modelo iónico del enlace químico. Departamento Didáctica de Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia. ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 2005. NÚMERO EXTRA. VII CONGRESO. Recuperado de https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp217conal_u.pdf.

VASCO C. (1990). Reflexiones sobre pedagogía y didáctica. Bogotá. D.C.

Villaveces, J. (1987). Memorias del Seminario en Conmemoración del Centenario de Erwin Schrödinger. El Influjo de la Obra de Erwin Schrödinger sobre la Química del Siglo XX. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Enrique Pérez-Arbeláez No. 1. Bogotá. 1987. (pp53 – 65).

Villaveces, J. Poveda, F. y Cubillos, G. (1989). Hacia una historia epistemológica de la química. Bogotá: Guadalupe Ltda.

Wojtkowiak, B. (1987). Historia de la química. Zaragoza: Acribia, S.A.

Anexos

Anexo 1. Prueba pre y post- test sobre modelos explicativos de enlace químico

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN JUAN BOSCO

PRUEBA PRE Y POST- TEST SOBRE MODELOS EXPLICATIVOS DE ENLACE
QUÍMICO

ESTUDIANTE _____ CÓDIGO _____ GRADO: _____ FECHA: _____

Esta prueba pre- test hace parte del proyecto de investigación: Resolver problemas, una propuesta pedagógica alternativa para el aprendizaje de los modelos explicativos de enlace químico y el desarrollo de algunos aspectos del pensamiento crítico.

Apreciados estudiantes, les solicito responder las siguientes preguntas sobre los modelos explicativos de enlace químico: metálico, iónico, covalente y fuerzas de atracción intermoleculares e interatómicas; los resultados no tienen carácter evaluativo, sólo se utilizarán con fines investigativos.

1. Los metales como el oro, cobre, aluminio, zinc y hierro o aleaciones como el acero o el latón, cuando se someten a una presión externa sufren deformación, pero no se rompen; propiedad empleada para la elaboración de joyas, artículos de uso decorativo o instrumental tecnológico, en la industria metalúrgica y de fabricación de herramientas. Además, los metales son buenos conductores de la electricidad, por eso los cables eléctricos de las viviendas son de cobre y los cables aéreos que cuelgan entre los postes de las calles están fabricados con aluminio; estos cables

además tienen un núcleo de acero inoxidable para mantenerlos tensos entre poste y poste.

¿Cómo influye esto para que los metales se puedan convertir en láminas o en hilos, pero no se puedan romper fácilmente?

¿A qué se debe que los metales conduzcan la electricidad y el calor?

2. El cloruro de sodio (NaCl) conocido como sal, o sal de cocina, es un sólido cristalino de color blanco, y un compuesto químico que es indispensable en la dieta alimenticia de las personas y de los animales. En Colombia, la sal se extrae de las minas de sal gema de Zipaquirá y Nemocón (Cundinamarca) y del agua de mar en las salinas de Manaure (Guajira). La sal que comemos diariamente se obtiene por pulverización de la sal gema o por evaporación del agua marina.

Elabora un modelo sobre cómo interactúan los átomos de sodio y de cloro para formar el cloruro de sodio.

3. Existen sustancias minerales que son a la vez duras y frágiles como los cristales de halita, fluorita y rutilo. La halita o cloruro de sodio (NaCl), es de color blanco – transparente, la fluorita o fluoruro de calcio (CaF₂) tiene color verde o lila y el rutilo u óxido de titanio (TiO₂) exhibe color rojo sangre o amarillo. Estos materiales de colores muy vistosos se resisten a ser rayados, pero tienen la tendencia romperse por presión externa.

¿Por qué estos minerales pueden romperse fácilmente al golpearlos con un martillo?

4. El hidrógeno se enlaza con elementos del grupo 16, formando hidruros covalentes de fórmula general H₂X. La tabla 44, muestra la relación entre la masa molar y el punto de ebullición de los hidruros del grupo 16; según esto el agua tendría un punto de ebullición de -100°C, pero en realidad es de +100°C. En consecuencia, el agua es líquida en un amplio rango de temperaturas en las que se efectúan las reacciones de la vida y no un gas como le correspondería por su baja masa molar.

Tabla 44. Hidruros del grupo 16

| Nombre | Fórmula molecular | Masa molecular (g/mol) | Punto de ebullición (°C) |
|------------------------|-------------------|------------------------|--------------------------|
| Teleruro de hidrógeno | H ₂ Te | 130 | - 4 |
| Seleniuro de hidrógeno | H ₂ Se | 81 | - 41 |
| Sulfuro de hidrógeno | H ₂ S | 34 | - 60 |
| Agua | H ₂ O | 18 | -100 |

Fuente: Elaboración propia

¿Cómo se explica que el agua tenga un punto de ebullición elevado a pesar de su baja masa molar? Elabora un esquema que dé base a esta explicación.

5. Compuestos como el cloruro de sodio NaCl, bromuro de potasio KBr, sulfato de cobre (2) CuSO₄, e hidróxido de sodio NaOH, en estado cristalino no conducen la electricidad, pero sus soluciones acuosas son buenas conductoras de la corriente eléctrica.

¿Explica por qué las sustancias anteriores no conducen la electricidad cuando están sólidas, pero sí lo hacen cuando están disueltas en agua?

6. El sentido del olfato nos permite captar fácilmente las moléculas responsables de los olores agradables de muchos perfumes, de los aromas que exhalan las flores y también de los olores desagradables de sustancias en descomposición.

¿Qué relación existe entre la clase de enlace químico y la posibilidad de detectar estos olores?

7. En Canadá y Estados Unidos cuando las carreteras se cubren con capas de hielo durante el intenso invierno, es muy común observar cuadrillas de trabajadores esparciendo sal de cocina (NaCl) sobre estas vías para facilitar su descongelación y habilitar el tránsito de los vehículos.

¿Por qué se usa sal de cocina para liberar de hielo las carreteras?

Elabora un dibujo donde muestres las interacciones entre el hielo y el cloruro de sodio.

8. El hierro es un metal, el cloruro de sodio un compuesto iónico y el agua un compuesto covalente; los tres tienen propiedades físico-químicas y enlaces químicos distintos.

Para explicar cómo se enlazan los átomos y predecir las propiedades que exhiben las sustancias químicas, se acude a los modelos de enlace metálico, iónico y covalente. ¿Qué tipo de interacciones crees que tienen en común los tres tipos de modelos de enlace químico?

9. Como se puede observar en la tabla 45, los puntos de fusión y ebullición de compuestos iónicos como el cloruro de magnesio y del óxido de aluminio son más altos que los puntos de fusión y ebullición de sustancias covalentes, como el agua y el etanol.

Tabla 45. Puntos de fusión y ebullición

| Nombre | Fórmula | Punto de fusión (°C) | Punto de ebullición (°C) |
|---------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------------|
| Cloruro de magnesio | MgCl ₂ | 714 | 1412 |
| Óxido de aluminio | Al ₂ O ₃ | 2012 | 2977 |
| Etanol | C ₂ H ₅ OH | -114 | 78.5 |
| Agua | H ₂ O | 0 | 100 |

Fuente: Elaboración propia

La fusión implica el alejamiento de las partículas de los compuestos y la ebullición el paso al estado gaseoso donde las partículas se encuentran a máxima distancia. ¿Qué características de estos compuestos explicarían las grandes diferencias en los puntos de fusión y ebullición entre compuestos iónicos y covalentes? Acompaña tu explicación con un esquema.

10. El vinagre, un excelente aderezo de las ensaladas, se obtiene al disolver ácido acético CH₃COOH en agua; el etanol CH₃CH₂OH también disuelve en agua y esto permite fabricar diferentes clases de licores. En cambio, el ácido palmítico o hexadecanoico CH₃(CH₂)₁₄COOH presente en el aceite de palma y el heptano CH₃(CH₂)₅CH₃ y el octano CH₃(CH₂)₆CH₃ constituyentes de la gasolina no son solubles en agua.

Si las moléculas de sustancias covalentes comparten electrones ¿Por qué algunas de ellas son solubles y otras insolubles en agua

Anexo 2. Situaciones problemáticas sobre modelos explicativos de enlace químico

1. LA COPA MUNDO

La copa mundo, el trofeo más codiciado por las selecciones que compiten en el mundial de fútbol, según la FIFA es una copa maciza que mide 36,8 cm, pesa 6,170 Kg y fue elaborada con 5kg oro. Pero, un personaje que no es hincha de ningún equipo, el químico Martyn Poliakoff de la Universidad de Nottingham afirma que si fuese maciza, Beckembauer (1974), Maradona (1986), Cafú (2002), Lloris (2018), no hubiesen podido levantarla, porque según sus cálculos pesaría entre 70-80 kg. La verdad es que la copa mundo maciza o no, liviana o pesada, al igual que las joyas, no pueden ser de oro de 24 quilates (24K); porque el oro puro es un metal blando. Este codiciado metal se mezcla con el 25 % de plata o de cobre para aumentar su dureza y durabilidad, formando una aleación conocida como oro de 18 quilates y la "plata esterlina", es una aleación que tiene tan sólo el 7.5% de cobre.

Los metales son elementos sólidos cristalinos, que además de tener brillo, son maleables, dúctiles, duros y buenos conductores del calor y de la electricidad; tienen una elevada capacidad de reflexión de la luz y considerable resistencia mecánica. Los metales preciosos: oro, platino, paladio y plata, son muy usados en joyería por ser poco reactivos y brillantes. Metales no preciosos como: cobre, titanio, tungsteno, zinc níquel se emplean en aleaciones. Entre los metales oro, plata, platino y cobre; el oro es el más maleable y dúctil, la plata es el metal de más alta conductividad térmica y eléctrica, el platino tiene el mayor punto de fusión y mayor densidad y el cobre es maleable y dúctil, pero quebradizo al ser martillado.

Los metales forman parte de nuestra vida cotidiana; por ejemplo, el sodio, el potasio calcio, magnesio son bioelementos fundamentales en la actividad celular; el platino se usa en aparatos de neurocirugía, el platino y el titanio por ser metales biocompatibles se emplean en prótesis para caderas y rodillas. En la industria de la construcción los más empleados son el hierro y el aluminio; el primero, se une al carbono para formar el acero

de las estructuras, perfiles, mallas, varillas y el segundo, se destina a acabados y accesorios; además es vital en la industria aeronáutica. Sin níquel y cromo no sería posible fabricar los electrodomésticos de acero inoxidable, los cuales funcionan gracias a la electricidad que conducen los cables de cobre y aluminio. Igualmente, sin cadmio y silicio no serían factibles nuevas tecnologías como las que involucran celdas solares. Sin el plomo no se podrían mover los carros y las motos, por falta de baterías. Sin los metales no existiría la rueda y sin ellas los automotores. Sin el oro y la plata no existirían las argollas de matrimonio. Sin el hierro la sangre no tendría hemoglobina. En fin, sin los metales el mundo sería muy diferente.

Los metales tienen rol protagónico en la geopolítica actual; el desarrollo industrial de potencias como China y Estados Unidos depende en gran medida de la importación de metales estratégicos como: estroncio, litio, plata, renio, estaño, platino, aluminio, cesio, indio, manganeso, galio, zinc, tungsteno, germanio; cuyas mayores reservas están en América del sur. Así, Bolivia y Brasil tienen el 98% de las reservas mundiales, el primero de litio y el segundo de niobio. El litio y el niobio, indispensables para la fabricación de baterías para calculadoras, celulares y computadores portátiles y la industria aeroespacial, respectivamente. La pasada crisis política en Bolivia en el 2019, que terminó con el derrocamiento del presidente, tiene su trasfondo en la nacionalización del litio y otros recursos naturales realizada durante su gobierno.

Además, metales como: Lantano, prometio, cerio, europio, samario, itrio... hacen parte de un codiciado grupo de 17 elementos químicos que en la tabla periódica se llaman “tierras raras”; estos metales son básicos en: cámaras de video, smartphones, computadoras, bombillas de bajo consumo, baterías de carros eléctricos e híbridos, placas solares, turbinas eólicas, armamento de última generación y en los satélites. Por raros y extraños que parezcan son actores de primera en la geopolítica mundial; estos metales abundan en China y se constituyen en un “arma de presión” en la actual “guerra comercial” que libra el Gigante Asiático con los Estados Unidos.

1. **¿A qué se debe que los metales preciosos, a pesar de ser tan diferentes, tienen propiedades físicas y mecánicas similares?**
2. Elabora un modelo que explique las atracciones que se presentan entre los iones positivos y los electrones libres en un metal.
3. ¿Qué relación existe entre la estructura de los metales y el hecho que sean sólidos, duros, maleables, dúctiles?
4. ¿Qué relación existe entre la estructura de los metales y el hecho que sean buenos conductores del calor y la electricidad?
5. Representa la estructura de los iones hierro de una puntilla, de cobre en un alambre y de oro y plata en el trofeo de la copa mundo.
6. ¿Existe alguna relación entre la estructura cristalina del oro, plata, cobre, platino y sus elevados puntos de fusión?
7. Si un metal está constituido por una sola clase de átomos ¿Cómo se explica que exista el enlace metálico?

2. **VIDA SALADA**

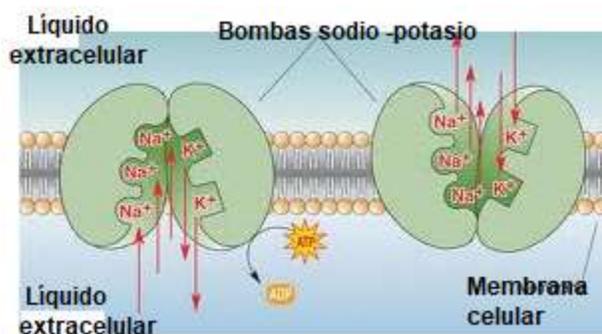
La naturaleza seleccionó al ion sodio Na^+ para movilizar el agua de un compartimento a otro, debido a su gran radio de solvatación; razón por la cual el ion Na^+ arrastra cantidades apreciables de H_2O en el riñón. Algunas toxinas como las del cólera, provocan la salida de iones Na^+ con copioso arrastre de agua hacia el intestino, ocasionando la peligrosa diarrea acompañada de deshidratación.

El catión sodio Na^+ es esencial en las personas porque tiene los siguientes efectos: potencia la transmisión de los impulsos nerviosos; mantiene la concentración de solutos a nivel intracelular, activa diversas reacciones enzimáticas; regula el equilibrio ácido-base al combinarse fácilmente con los iones de cloruro y bicarbonato; estimula la contractilidad del miocardio y de los músculos esqueléticos y lisos. El anión Cloruro Cl^- interviene en la activación del impulso nervioso, el mantenimiento de la presión osmótica y el equilibrio ácido-base y forma parte del ácido clorhídrico de la secreción gástrica.

El cloruro de sodio incorporado en la alimentación se disocia en los iones sodio y cloruro en las soluciones acuosas extracelulares. El intestino absorbe el sodio; en cambio los riñones lo eliminan. El organismo humano controla y mantiene la concentración normal del sodio en el líquido extracelular. Un aumento de la concentración de sodio provoca sed, incitando a la persona a consumir suficiente agua. El cuerpo humano controla eficientemente la retención del sodio en su interior; por lo cual no se debe consumir alimentos muy salados, ya que pueden ocasionar la aparición de la enfermedad denominada hipertensión arterial.

El mantenimiento del equilibrio normal de los electrolitos en los líquidos intracelular y extracelular se efectúa a través de la bomba sodio-potasio, un mecanismo de transporte activo. La bomba sodio-potasio (Na^+/K^+) corresponde a una proteína integral de la membrana celular, que desplaza el catión sodio desde el interior de las células hasta el exterior y devuelve el catión potasio desde el exterior celular hasta el interior de las células, utilizando ATP como fuente de energía. La concentración del catión sodio extracelular es 14 veces mayor que en su interior; en cambio concentración del ion potasio a nivel intracelular es 30 veces mayor que la existente en el medio extracelular. La bomba Na^+/K^+ impide que los cationes sodio se acumulen en el interior evitando un edema intracelular, ya que el agua sigue detrás del sodio. Esta bomba aumenta la excitabilidad de los impulsos nerviosos, desempeñando una función importante en la conducción de estos impulsos en las fibras musculares y nerviosas.

Figura 34. Bomba sodio -potasio



Fuente: Tomada de elservier.es

1. ¿Qué le sucede al cloruro de sodio cuando se efectúa la solvatación con moléculas de agua?

2. Elabora un modelo de la estructura del cloruro de sodio e indica la clase de enlace químico formado.
3. ¿Qué importancia biológica tiene el hecho que la sal sea soluble en agua?
4. ¿Qué tipo de interacciones se presentan entre el cloruro de sodio y el agua?
5. ¿Cómo son las atracciones entre los iones sodio y cloro en el cloruro de sodio?

3. HUEVOS COCIDOS

Carlos, a quien le gustan los huevos cocidos, se quejaba con su mamá que a veces estos olían algo fuerte y quedaban con una coloración algo verde y oscura, cuando estaban muy cocidos. Doña Ofelia decidió que, en adelante, pondría los huevos recién cocidos bajo el chorro de agua fría por unos segundos, o los sumergiría en agua con hielo inmediatamente después de sacarlos de la olla para reducir su aroma y mantener la yema de color amarillo dorado.

La sustancia responsable del olor característico de los huevos es el sulfuro de hidrógeno que se genera por la descomposición de las proteínas (específicamente de la albúmina) al elevar su temperatura durante el proceso de cocción. Cuando la cocción dura demasiado tiempo el sulfuro de hidrógeno reacciona con el hierro presente en la superficie de la yema, formando sulfuro de hierro, compuesto de coloración verde y a veces más oscura.

Es muy común subestimar la importancia del huevo, de allí el dicho popular “vale huevo”; pero el huevo es la principal fuente de proteínas de alta calidad, crucial para ayudar a combatir la desnutrición de cerca de mil millones de personas a nivel mundial. El huevo es una excelente fuente de aminoácidos, de vitaminas: A, B, D, E y de minerales: calcio, sodio, yodo, hierro, fósforo, selenio; que por su bajo costo y fácil preparación es asequible a estratos populares.

El huevo, aporta muchos nutrientes para la buena formación fetal; proteínas para el desarrollo cerebral saludable y una mejor concentración de los infantes en la escuela. En los adultos, el consumo de huevo es esencial para producir enzimas, hormonas y su proteína ayuda a reparar los tejidos cuando el ser humano envejece. El huevo es un gran aliado para el control del peso corporal y es vital para la conservación de huesos, músculos, cartílago, piel y sangre.

1. ¿Existe alguna relación entre el tipo de enlace químico de las sustancias y el que algunas de ellas huelan y otras no?

2. ¿Qué crees que sucede cuando las proteínas se desnaturalizan por acción del calor?
3. ¿Por qué crees que la adición de agua o bajar la temperatura con hielo disminuye el olor y evita el cambio de color de la yema de huevo?
4. ¿El sulfuro de hidrógeno es soluble en agua? ¿Por qué lo sería?
5. ¿Qué características crees que tiene el sulfuro de hidrógeno para llegar hasta nuestras fosas nasales y ser detectado fácilmente?
6. ¿Qué es lo que hace que los átomos de azufre e hidrógeno permanezcan unidos?
7. ¿Qué clase de enlace químico se forma en el sulfuro de hidrógeno?
8. Elabora un modelo de la estructura molecular del sulfuro de hidrógeno.
9. Elabora una explicación de lo que le sucede cuando el sulfuro de hidrógeno reacciona con el hierro.

4. LOS FLOREROS DE LLORENTE

Los criollos bogotanos ávidos de poder e inconformes con el despiadado y corrupto gobierno español, armaron una estratagema que incluía el préstamo de un florero, para iniciar una revuelta social el 20 de julio de 1810 conocida como El grito de independencia. Según el historiador Indalecio Liévano, José González Llorente, propietario de una tienda, se negó a prestar a los hermanos Morales un florero, porque éste estaba muy deteriorado. Posiblemente, el encopetado chapetón suponía que el jarrón se podía deformar o romper en mil pedazos. El florero no se rompió, pero si generó una repulsión

política entre chapetones y criollos que nueve años más tarde, con la Batalla de Boyacá, ocasionó la ruptura definitiva del virreinato de La Nueva Granada con la corona española.

"Los jarrones son objetos comunes presentes en la decoración de los ambientes de una casa. Pueden estar hechos de diversos materiales: vidrio, yeso, barro, plata, porcelana, etc. Supongamos que en una casa hay dos jarrones idénticos, uno de plata y otro de yeso y que los dos caen de un estante. Cuando cae al piso, el florero de yeso se rompe en pedazos mientras el de plata sólo se deforma" ...

El yeso es muy usado en construcción como pasta para guarnecidos, enlucidos y revoques; como pasta de agarre y de juntas; para estucados y en la fabricación de cemento portland. Se usa en la preparación de superficies de soporte para la pintura artística al fresco. Prefabricado, como paneles de yeso (Dry Wall o Sheet rock) para tabiques y escayolados para techos. En odontología se usa para moldes de dentaduras y en usos quirúrgicos, en forma de férula para inmovilizar un hueso y facilitar la regeneración ósea en una fractura. También se emplea en moldes para preparación y reproducción de esculturas y en la elaboración de tizas para escritura. El yeso, además, se emplea como fertilizante, incluso en la alimentación, en la fabricación de tofu, comida de origen oriental a base de semillas de soya y agua.

- 1. ¿Por qué el florero de yeso se rompe, en cambio, el de plata sólo se deforma?**
2. ¿Cuál es la composición química del yeso?
3. ¿Qué clase de enlace químico hay en las sustancias constituyentes de estos dos floreros?
4. Elabora modelos que expliquen las atracciones electrostáticas en el sulfato de calcio, y en la plata.
5. ¿Qué relación existe entre la estructura microscópica de los enlaces químicos en el yeso y el hecho que este sea un material duro y frágil a la vez?
6. ¿Qué relación existe entre la estructura microscópica de los enlaces químicos en la plata y el hecho que este sea un metal maleable y dúctil?

7. Las láminas de Dry Wall (prefabricados de yeso) son aislantes térmicos que se usan en techos y paredes de las casas de climas cálidos. ¿Qué relación existe entre la estructura microscópica de los enlaces químicos del yeso y la propiedad de ser un mal conductor del calor?
8. ¿Qué relación existe entre el enlace químico y las propiedades macroscópicas de fragilidad y maleabilidad?
9. ¿Por qué se usa el yeso y no un metal en el recubrimiento de fracturas de huesos?

5. “LOS QUE SE MUEVEN”

El inglés Michael Faraday, en 1832 a los componentes de las sales los bautizó como iones y los clasificó en aniones y cationes, según se movieran hacia el ánodo o hacia el cátodo durante la electrólisis. Sin embargo, el sueco Svante Arrhenius en 1884, explicó que sin necesidad de electricidad las sales al disolverse en agua se podían disociar en iones positivos y negativos.

Los químicos Arrhenius, Ostwald y Vant´Hoff, demostraron que las propiedades de los iones eran diferentes a las de los elementos. Así, el potasio iónico, en el cloruro de potasio es diferente del potasio atómico; razón por la cual no reacciona violentamente con el agua de la solución. El Danés Niels Bjerrum, en 1909 argumentó que las sales debían estar ya completamente disociadas. Ideas apoyadas por W. L. Braggs, quien, en 1912, con estudios de cristalografía con rayos x demostró que, en el cloruro de sodio, seis iones cloro rodean a un ion sodio y seis iones sodio rodean a un ion cloro, comprobando así, que en el NaCl no hay moléculas, sino un retículo cristalino. Arrhenius y Braggs, por estas investigaciones sobre los iones fueron galardonados con el premio Nobel de Química en 1903 y 1915, respectivamente.

La existencia de los iones, sus propiedades y las fuerzas interiónicas, permitirían explicar las variaciones en conductividades, descenso en el punto de congelación e incremento en el punto de ebullición en las soluciones salinas, que Raoult y Kahlenberg habían

observado en 1881; como también valorar las aplicaciones cotidianas del cloruro de calcio.

El cloruro de calcio CaCl_2 , por su capacidad de absorber y retener la humedad desde el aire, se esparce en el verano sobre algunas carreteras no pavimentadas para que se mantengan húmedas y evitar que se vuelvan intransitables por lo polvorientos. Pero esta misma sal también se esparce en las carreteras pavimentadas durante el invierno, para impedir que se forme hielo; porque al disolverse baja el punto de congelación del agua, pudiendo existir en estado líquido a temperaturas de hasta $-50\text{ }^\circ\text{C}$. En 1886 se descubrió que, al agregar cloruro de calcio al agua hirviendo, el punto de ebullición se eleva desde 100°C hasta 116°C , propiedad que fue utilizada para procesar latas de alimentos en baños María a mayor temperatura, en menor tiempo y logrando una mejor conservación contra los microorganismos termorresistentes.

La variación de los puntos de ebullición y de fusión y de la conductividad eléctrica de algunas soluciones iónicas, son de vital importancia a nivel industrial y cotidiano. Así, cuando en épocas de verano, las latas de gaseosa o de cerveza se pueden enfriar rápidamente al agregarle sal de cocina al hielo. En el invierno en las regiones muy frías se alcanzan temperatura bajo cero (0°C), razón por la cual se adiciona al agua de refrigeración de los motores de combustión interna (automóviles) etilenglicol, etanol y glicerina para evitar que el agua se congele; de esta manera el punto de congelación baja hasta -25°C , e incluso hasta -50°C . Esta propiedad de descenso crioscópico también se emplea para descongelar aviones. El cloruro de sodio se utiliza para fundir el hielo de las carreteras en regiones donde la temperatura es muy baja.

El aumento del punto de ebullición (aumento ebulloscópico) del agua al adicionarle sales puede ser utilizado para cocinar algunos alimentos, o para quitar la grasa de la carne, o para quitarle más fácilmente las plumas a una gallina sacrificada. La conductividad eléctrica de las aguas de riego es un indicador para determinar la concentración de los iones, que es fundamental en cultivos como los de flores.

En nuestro organismo los fluidos corporales y líquidos celulares contienen iones calcio (Ca^{+2}), potasio (K^{+1}), sodio (Na^{+1}), cloro (Cl^{-1}) que son claves para que se efectúen los procesos químicos y eléctricos. Los cationes y aniones son esenciales para mantener la presión osmótica y el equilibrio ácido-base de las células. Además, por la ausencia de algunos iones hace que las vitaminas no sean asimiladas. La alimentación pobre en los anteriores iones provoca desequilibrios en el organismo como calambres musculares, caída de cabello, fatiga general, entre otras.

El cuerpo humano requiere de electrolitos, es decir, iones disueltos en agua, para conducir la electricidad, debido a que los iones se mueven cuando se aplica un campo eléctrico hacia los polos opuestos a sus cargas. Las células generan energía eléctrica cuando los iones pasan de las soluciones intracelulares a las extracelulares de nuestro cuerpo. El impulso nervioso, es energía eléctrica; el movimiento de los iones crea una corriente eléctrica que viaja a través de nuestras neuronas transmitiendo información de una célula a otra. Los iones sodio (Na^{+1}), calcio (Ca^{+2}) y cloro (Cl^{-1}) son indispensables para el funcionamiento de las neuronas.

- 1. ¿Cómo se explica que la presencia de iones en una disolución modifique el punto de congelación, el punto de ebullición y la presión de vapor del solvente?**
2. Se tiene dos beakers: uno contiene agua lluvia y otro con agua de mar ¿Cuál es más fácil de congelar y por qué?
3. ¿Por qué los peces del océano ártico, que viven a temperaturas inferiores a 0°C , suelen tener en la sangre concentraciones elevadas de Na^{+} y de Cl^{-} ?
4. ¿Por qué el agua potable alcanza su punto de ebullición antes que el agua de mar?
5. ¿Cuál de las siguientes soluciones hierve a mayor temperatura: una salina o una azucarada? Justifica tu respuesta.
6. ¿Por qué las pantalonetas que usamos al bañarnos en el mar se demoran más en secarse, que las pantalonetas usadas al bañarnos en un río?

6. EL TOUR DEL BANANO

Son inolvidables las imágenes del ciclista colombiano Nairo Quintana y del español Alberto Contador comiendo banano durante las extenuantes etapas de Tour de Francia. La golfista tailandesa Pornanong Phatlum también comió banano durante un torneo en Malasia, lo mismo hizo Rafael Nadal, durante un largo partido de tenis. El banano es el alimento de los deportistas; que lo consumen antes, durante y después de las extensas jornadas de competencia. Además del gran aporte calórico y de su muy fácil asimilación, el banano es perfecto para evitar calambres debido a su alto contenido de potasio. El potasio es un catión fundamental para la actividad muscular; por ello es tan útil en las personas que realizan actividad física donde los músculos trabajan a pleno rendimiento y se puede producir una gran sudoración, con pérdida no sólo de sodio sino también de potasio.

El catión potasio se debe consumir a diario, ya que no existen reservas de este bioelemento dentro del organismo. El cloruro de potasio (KCl) es una sal que se disocia en las soluciones acuosas intra o extracelulares para formar los iones K^{+1} y Cl^{-1} , esenciales para el buen funcionamiento de nuestro organismo.

En el organismo humano el potasio K^{+1} es el catión más abundante en el líquido intracelular y desempeña una función importante en la síntesis de proteínas y glucógeno, en procesos enzimáticos para producción de energía y la fabricación de material genético; participa en el mantenimiento de la neutralidad eléctrica, en la concentración de solutos a nivel intracelular, en el equilibrio ácido-base, la conducción de los impulsos nerviosos, en el mantenimiento del ritmo cardíaco normal y en la contracción de los músculos esquelético y liso. El anión Cl^{-1} , interviene en la activación del impulso nervioso, el mantenimiento de la presión osmótica y el equilibrio ácido-base y forma parte del ácido clorhídrico de la secreción gástrica.

Pero, para que las células de deportistas o no, gocen de un ambiente saludable, se requiere que la concentración de iones K^{+1} y Mg^{+2} en el interior de la célula sea alta; en

cambio, en el líquido que la rodea debe ser mayor la concentración de iones Na^{+1} y Cl^{-1} . Los iones sodio (Na^{+1}) y potasio (K^{+1}) intervienen en el transporte activo de sustancias hacia el interior y exterior de la célula, situación que es regulada por la bomba de Na^{+1} - K^{+1} .

La bomba de sodio -potasio es una proteína integral de la membrana celular, que tiene dos sitios receptores de iones K^{+1} hacia el exterior y tres sitios para iones Na^{+1} en el interior. De esta manera, con gasto de energía se bombean 3 Na^{+1} hacia fuera y 2 K^{+1} hacia dentro, en contra de su gradiente de concentración. Mediante esta bomba entran a la célula en contra de sus gradientes de concentración y con gasto de energía, estos dos iones y otras sustancias como la glucosa y algunos aminoácidos en un proceso de transporte activo. La bomba de sodio-potasio es crucial e imprescindible para que exista la vida animal, ya que ella regula el volumen celular y ayuda a mantener el potencial eléctrico de la membrana en reposo.

- 1. Elabora un modelo de la estructura del cloruro de potasio e indica la clase de enlace químico.**
2. ¿Qué importancia biológica tiene el hecho que esta sal sea soluble en agua?
3. Elabora un modelo que explique la disociación y solvatación del cloruro de potasio.
4. ¿Qué tipo de atracciones crees que se puedan presentar entre las moléculas de agua y los iones potasio (K^{+}) y cloruro (Cl^{-1})?

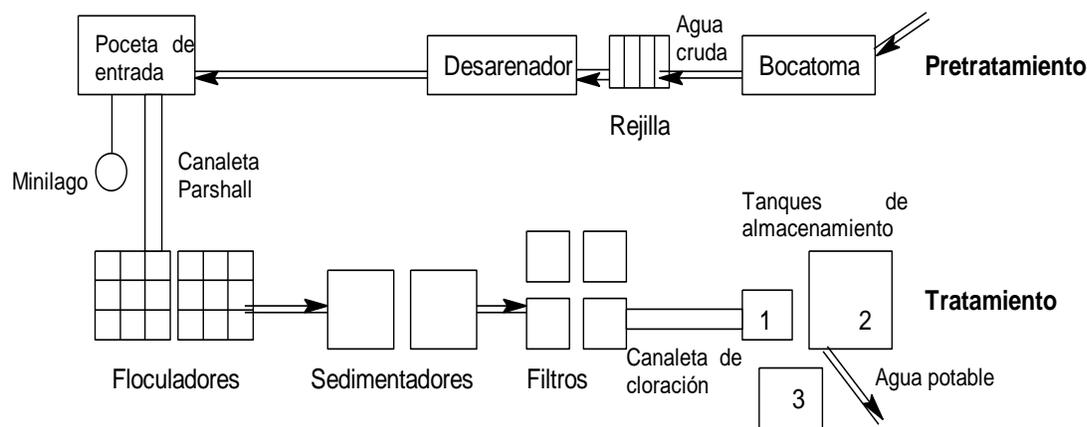
7. “AGÜITA PARA MI GENTE”

El municipio de Palermo–Huila tiene una planta de tratamiento de agua potable convencional, la fuente de agua es la quebrada La Guagua. El agua cruda se somete a un pretratamiento, para eliminar material en suspensión. Posteriormente, en la planta de tratamiento se eliminan iones disueltos y microorganismos, mediante los procesos de: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección (cloración). Finalmente,

el agua potable pasa a los tanques de almacenamiento para luego ser distribuida a través de las redes del acueducto a la población.

La coagulación y floculación son los procesos más importantes en el tratamiento de aguas de consumo humano, aguas de piscinas y aguas residuales.

Figura 35. Diagrama de pretratamiento y tratamiento de agua.



Fuente: Elaboración propia

En la planta de tratamiento de agua de nuestro municipio como agente coagulante y floculante se usa el Sulfato de aluminio, que gracias a sus propiedades fisicoquímicas elimina las partículas coloidales responsables de la turbidez del agua. La coagulación desestabiliza las partículas en suspensión, facilitando su aglomeración. La floculación, favorece el contacto entre las partículas desestabilizadas; las cuales se aglutinan formando un floc ligeramente pesado, que puede ser fácilmente eliminado por decantación y filtración.

Los coloides causantes de la turbidez contienen partículas muy pequeñas generalmente con cargas eléctricas negativas, entre las cuales hay fuerzas de repulsión electrostáticas que evitan su aglomeración. La aglomeración se logra adicionando a la solución un coagulante (electrólito) para minimizar la repulsión entre las partículas coloidales, permitiendo que entren en contacto unas con otras formando flóculos. El poder

coagulante del ion de carga opuesta crece grandemente con el aumento de la carga del ion.

El agua contaminada con microorganismos patógenos se convierte en el vehículo que puede causar en los humanos enfermedades como la Hepatitis A, el Cólera, la fiebre Tifoidea y las enfermedades diarreicas agudas. La Organización Mundial de la Salud (OMS), considera que la baja calidad del agua, por el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, sigue siendo una gran amenaza para la salud. Según la OMS un adecuado tratamiento del agua podría reducir las enfermedades diarreicas en cerca de un 90%.

El informe del año 2017 del Instituto Nacional de Salud, sobre índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) en el departamento del Huila, indica que 27 municipios (73%) sirven agua potable para consumo humano sin riesgo para la salud de sus habitantes del área urbana; pero, en el área rural, son 30 los municipios (81%), que ofrecen agua para consumo humano con riesgo alto. El Informe Nacional de Calidad del Agua del año 2018, muestra que en la zona urbana el IRCA fue de 8,6 correspondiente a un nivel de riesgo bajo; pero, en la zona rural el IRCA fue de 34,7 clasificado en un nivel de riesgo medio.

- 1. ¿Tiene algo que ver el tipo de enlace químico presente en el sulfato de aluminio con su solubilidad en agua?**
2. ¿Cuál es la diferencia ente coagulación y floculación?
3. Indica las principales características de los coloides.
4. ¿A qué se debe la solubilidad del sulfato de aluminio en agua?
5. Elabora un modelo de la estructura de la red cristalina del sulfato de aluminio e indica la clase de enlace químico.
6. Elabora un modelo que explique la disociación y solvatación del sulfato de aluminio.
7. ¿Para qué se le agrega sulfato de aluminio al agua?
8. ¿Qué crees que sucede cuando el sulfato de aluminio se disuelve en agua?

9. ¿Qué mecanismos crees que puedan utilizar las moléculas de agua para unirse con los iones aluminio (Al^{+3}) y sulfato (SO_4^{-2})?

8. SOLTEROS SON TÓXICOS, PERO CASADOS SON COMESTIBLES

El cloro es un gas amarillo verdoso, de olor fuerte e irritante, extremadamente nocivo para los seres vivos; fue uno de los fluidos venenosos utilizados durante la primera guerra mundial. El sodio es un sólido metálico plateado, altamente reactivo y tóxico; es muy blando, se puede cortar con una navaja. Cuando el cloro se combina con el sodio se forma el cloruro de sodio, que es un sólido cristalino de color blanco. El sodio metálico y el cloro gaseoso son sustancias muy venenosas; sin embargo, después de enlazados forman el cloruro de sodio, compuesto inocuo e indispensable en la dieta alimenticia de las personas y de los animales.

El cloruro de sodio se disocia en los iones Na^{+1} y Cl^{-1} en las soluciones acuosas intra y extracelulares. El cloruro de sodio en estado cristalino no conduce la electricidad, pero en disolución es un electrolito muy fuerte.

En nuestro organismo, el catión Na^{+1} controla el equilibrio y regula el volumen de los líquidos en el cuerpo dentro y fuera de la célula, participa en la transmisión y generación del impulso nervioso, ayuda en la contracción muscular y en el mantenimiento del volumen sanguíneo y la presión arterial. El sodio está presente en alimentos como la nata, la leche, los huevos, el pan, el queso, las almejas y el germen de trigo. Una deficiencia de este catión podría ocasionar: debilidad, calambres musculares, alteraciones circulatorias, deshidratación y baja presión arterial. Sin embargo, un consumo excesivo del catión sodio puede ocasionar complicaciones en el organismo humano, relacionadas con: retención de líquidos, hipertensión arterial, afecciones coronarias, infartos y sobrecarga de trabajo en los riñones.

El anión Cl^{-1} interviene en la activación del impulso nervioso, el mantenimiento de la presión osmótica y el equilibrio ácido-base y en la síntesis del ácido clorhídrico estomacal. El ión cloruro se encuentra en muchas verduras, las algas marinas, el centeno, los tomates, la lechuga, el apio y las aceitunas. Cuando el cuerpo humano se deshidrata debido a vómitos, sudoración o diarrea excesiva; los iones cloruro alcanzan niveles muy bajos; además, medicamentos como los diuréticos también pueden generar este mismo efecto. Pero, la ingesta de demasiado ion cloruro, puede aumentar la presión arterial, generar una acumulación de líquidos en pacientes con insuficiencia cardíaca, cirrosis o enfermedad renal. Según la Organización Mundial de la Salud, el consumo de alimentos muy salados es la causa de una enfermedad silenciosa conocida como hipertensión arterial.

- 1. ¿Qué cambios físicos y químicos deben ocurrir para generarse la anterior situación?**
2. Elabora un modelo de la estructura del cloruro de sodio e indica la clase de enlace químico.
3. ¿Cómo son las atracciones entre los iones sodio y cloruro?
4. ¿Por qué el cloruro de sodio no conduce la electricidad en estado cristalino y sí lo hace cuando está disuelto en agua?
5. ¿Qué se puede deducir de las configuraciones electrónicas y las estructuras de Lewis del sodio y del cloro?
6. Representa y explica el proceso de formación de los iones sodio y cloro y del compuesto cloruro de sodio.
7. Realiza una comparación del átomo de sodio con el catión sodio y entre el átomo de cloro y el anión cloruro; con base en las siguientes variables: número de protones, número de electrones, tamaño atómico u iónico, electrones de valencia, configuración electrónica.
8. Durante la formación del enlace entre los cationes sodio y aniones cloruro se libera energía en forma de luz y calor. ¿Quiénes son más estables, los átomos de sodio y cloro antes o después de enlazarse?

9. Realiza una comparación entre las siguientes propiedades físicas y químicas del cloro, sodio y cloruro de sodio: color, estado físico, punto de fusión y ebullición, reactividad con el agua, toxicidad, estabilidad química.
10. ¿Qué relación existe entre la estructura microscópica de los enlaces químicos del cloruro de sodio y el hecho que éste tenga un punto de ebullición elevado?

9. “LOS 33”

En la película Los 33 rodada en las salinas de Nemocón, Colombia y en la minas de Copiapó, Chile, protagonizada por el español Antonio Banderas y la francesa Juliette Binoche y en la que también actuaron como principales coprotagonistas la mejicana Kate del Castillo y los colombianos Juan Pablo Rada y Gustavo Angarita, se recrea la historia sucedida en la república de Chile el 5 de agosto de 2010, donde 33 mineros quedaron atrapados 700 metros bajo tierra, durante 69 días, tras el derrumbe de la Mina San José ubicada en la ciudad de Copiapó.

En el país austral, rescatistas de la Cruz roja internacional y los ingenieros de la compañía minera San Esteban Primera S.A, esbozaron con lápiz los planos del pozo que debían perforar para rescatar con vida a los valientes mineros, quienes, gracias al liderazgo de Mario Sepúlveda, soportaron la escasez de alimentos, oxígeno, agua e implementos de aseo.

Utilizando equipos de sondaje con punta diamantada, el domingo 22 de agosto lograron “romper fondo” a 688 metros de profundidad, llegando hasta una rampa ubicada a 20 metros del refugio donde sobrevivían los mineros, quienes enviaron un mensaje escrito con lápiz que decía: “Estamos bien en el refugio los 33”.

Posteriormente, con taladros provistos de brocas con puntas de diamante de la moderna máquina Schramm T-130, apodada la Milagrosa, lograron abrir un pozo de 60 cm de diámetro. Finalmente, el día 13 de octubre la cápsula Fénix, diseñada con ayuda de

científicos de la Nasa, descendió por el largo y tortuoso orificio e hizo contacto con los mineros. En ella, uno a uno ascendió al feliz reencuentro con sus familias que, ansiosas, aguardaban en el campamento Esperanza. El mundo celebró el final exitoso de esta odisea en la que se invirtieron 29 millones de dólares.

El diamante utilizado en las brocas de perforación y el grafito de las minas de los lápices, están formados sólo por átomos de carbono, pero el diamante es un material que tiene la máxima dureza; 10, en la escala de Mohs, en cambio, la dureza del grafito es mínima, de 1-2 en esta escala.

El diamante es el rey de los cristales, con él se elaboran joyas costosísimas, que pueden ser incoloras y de color azul, verde, amarillo, rosa, roja, naranja y negro. Pero, el diamante por su extremada dureza se emplea en la fabricación de: troqueles y muelas para pulir herramientas, brocas para perforar pozos petroleros, discos para cortar todo tipo de piedras y fresas para trazar las líneas de dibujo o letras sobre metal.

El grafito, además de las minas de los lápices, tiene otras aplicaciones en la industria de: construcción, maquinaria, farmacéutica, eléctrica, médica y minería. Con él se pueden fabricar: lubricantes, ladrillos, crisoles, pistones, juntas, arandelas, rodamientos, electrodos, carbones de un motor, discos de grafito, grafeno, tintura de grafito.

- 1. ¿Por qué si estos materiales están formados por átomos de carbono, tienen propiedades tan diferentes?**
2. Dibuja la estructura reticular del grafito y del diamante.
3. ¿Qué clase de enlace químico hay entre los átomos de carbono en el grafito y en el diamante?
4. ¿Qué relación existe entre el enlace químico y las propiedades físicas como la dureza de estas sustancias?
5. ¿Qué diferencia hay entre las interacciones electrostáticas entre los átomos de carbono en el diamante y en el grafito?

6. ¿Por qué los puntos de fusión del diamante y del grafito son elevados?
7. El grafito es un excelente conductor de la electricidad en cambio el diamante no. Elabora una explicación.
8. Realiza una comparación entre las propiedades del grafito y del diamante.
9. ¿Por qué con los taladros con brocas con puntas de diamante se pudo romper las rocas más duras?
10. ¿Qué crees que sucede con las capas de grafito de un lápiz cuando escribimos un mensaje o pintamos sobre un papel?

10. EL MATERIAL DEL FUTURO

Te gustaría adquirir un celular o un computador portátil que sea flexible y elástico como el plástico, pero más duro que el diamante; 200 veces más resistente que el acero y 5 veces más liviano que el aluminio. Con una pantalla indestructible muy delgada, flexible y transparente, que por un lado la capa luminosa muestre la imagen y por el otro lado reconozca nuestras indicaciones táctiles. Dotado de una batería de larga duración que se pueda cargar en pocos minutos, o que sea auto recargable al contacto con la luz solar. Provisto de una cámara fotográfica, con un sensor que capte la mejor la imagen en condiciones de poca luz y que consuma 10 veces menos energía. Que tenga un disco duro que pueda guardar 1000 veces más información que el mejor disco duro actual; con un procesador más rápido, 25 veces más potente que los actuales procesadores de silicio. Además, que estas máquinas no se deterioren si se llegasen a mojar y que algunos de sus componentes estén hechos de un singular y “milagroso” material que se pueda auto reparar, en caso de presentarse algún desperfecto.

Los celulares y portátiles con estos fantásticos atributos pueden hacer parte de una película o una historia de ciencia- ficción; pero el extraordinario material que les confiere estas singulares características ya existe, ésta con nosotros y es muy abundante; es la unidad estructural del grafito de las minas de los lápices, se llama grafeno y está constituido por átomos de carbono. Esta es una sustancia: con elevada elasticidad,

dureza y resistencia, muy liviana y flexible, buena conductora del calor y la electricidad, flexible y transparente; capaz de reaccionar con otras sustancias para formar compuestos con diferentes y excepcionales propiedades. Este privilegiado material del futuro soporta la radiación ionizante, se calienta menos al conducir los electrones y consume menos electricidad para una misma tarea que el elemento silicio.

El grafeno ya fue descrito desde la década de 1930, pero sólo fue aislado hasta el año 2004, por dos científicos, los rusos, Konstantín Novosiólov y Andréy Gueim en la Universidad de Manchester; quienes por este revolucionario descubrimiento se hicieron acreedores al Premio Nobel de Física en 2010. El grafeno se obtuvo por exfoliación de un trozo de grafito, utilizando una cinta pegante que les permitió extraer una finísima monocapa. El grafeno es un cristal bidimensional (2D), con un átomo de espesor; los átomos de carbono están fuertemente unidos, formando una estructura hexagonal similar a un panal de abejas. El grafeno es el componente estructural del grafito, fullerenos y nanotubos de carbono.

- 1. ¿A qué se debe que el grafeno sea una sustancia, dura, flexible, transparente, elástica, liviana, buena conductora del calor y la electricidad?**
2. Elabora un modelo de la estructura del grafeno. Indica el tipo de atracciones interatómicas en las nanocapas del grafeno.
3. ¿Qué clases y cuántos enlaces químicos forman los átomos de carbono en el grafeno?
4. ¿Cómo se explica la gran resistencia del grafeno?
5. ¿Cómo se explica la alta conductividad eléctrica del grafeno?
6. ¿Consideras posible que en unos años se utilice el grafeno para realizar implantes que sustituyan los tejidos dañados y para producir medicamentos para curar el cáncer?
7. Si el grafito, los fullerenos y los nanotubos están constituidos por grafeno ¿Qué los diferencia?
8. ¿Para qué se usa actualmente el grafeno y cuáles serían sus aplicaciones futuras?

11. PAREJAS MUY ESTABLES

En el sol a altas temperaturas, el hidrógeno, el oxígeno y nitrógeno, pueden existir como átomos separados; pero a temperatura ambiente en la tierra hay gran abundancia de estos gases que existen como moléculas diatómicas muy estables energéticamente. Cuando dos átomos de hidrógeno traslapan sus nubes electrónicas, compartiendo el par de electrones en un orbital molecular, se forma un enlace covalente sencillo, generando así una molécula de hidrógeno (H_2). De igual manera, dos átomos de oxígeno o dos átomos de nitrógeno comparten respectivamente dos y tres pares de electrones formando un enlace covalente doble en las moléculas O_2 y un enlace covalente triple en las moléculas de N_2 .

El enlace covalente puede ser polar o no polar, dependiendo de cómo sea la atracción entre los núcleos de los átomos enlazados y los electrones de valencia compartidos. Sustancias como el agua, el gas metano, el gas propano, el eteno, el etino o acetileno, el ácido acético, la acetona, el etanol; los azúcares y otros constituyentes del protoplasma celular como las proteínas y almidones existen como moléculas, algunas de ellas polares y otras no polares.

El nitrógeno molecular está en el aire, pero éste no puede ser asimilado directamente por los seres vivos; solamente en la Película “El embajador de Marte” los pequeños, cabezones, verdes y malvados marcianos respiraban N_2 en lugar de O_2 ; como lo hacen algunas bacterias que viven en los nódulos de las raíces de las leguminosas capaces de fijar el nitrógeno molecular.

El nitrógeno molecular tiene muchas aplicaciones: conservación de muestras biológicas como semen y tejidos, en criocirugía para eliminación de tumores; para evitar la oxidación se usa en: envasado de bebidas como zumos de frutas, fabricación de componentes electrónicos (soldadura de las placas de circuitos impresos), moldeado de piezas de plástico con mejor acabado. El nitrógeno también se usa en instrumentos de

laboratorio como cromatógrafos de gases, espectrómetros y analizadores térmicos. Además, es común en la limpieza de tanques de petróleo, compresores, tuberías y reactores (evita riesgos de incendios y explosiones) y para inflado de neumáticos de carros y aviones porque mantiene mejor la presión; por ser un gas seco y frío evita la corrosión de rines y las llantas se calientan menos. Esto se debe a que las moléculas de N_2 no se expanden, evitándose la deformación de las llantas, y disfrutando de un viaje más confortable, suave y más seguro.

El hidrógeno molecular H_2 , se usa en: el proceso Haber, para producción de amoníaco (NH_3) por reacción con el nitrógeno molecular; producción de ácido clorhídrico (HCl), combustible para cohetes espaciales (1 kg de H_2 produce el triple de energía que 1 kg de gasolina), en hidrogenación catalítica de aceites para producir grasas sólidas como mantecas y margarinas, en la producción de metanol, y en la síntesis de plásticos, poliéster y nailon. En el futuro el hidrógeno puede ser una fuente de “energía limpia”, porque su combustión produce únicamente vapor de agua.

El oxígeno molecular (O_2), es vital para la respiración celular y para la combustión de materiales orgánicos; sin O_2 nada se quemaría y no existiría la vida en la tierra. Se estima que cada persona consume 7,2 Kg de O_2 al día. Además, el oxígeno molecular se emplea en la producción de aleaciones de hierro (el acero) como agente oxidante en diversos procesos químicos, como producción de óxido de etileno (C_2H_4O), en sopletes de acetileno para cortar metales; en propulsión de cohetes espaciales, en medicina durante las cirugías y en oxigenoterapias; en minería, producción y fabricación de productos de piedra y vidrio. El oxígeno, también es usado en el tratamiento de aguas residuales y como parte del ozono (O_3) en filtros de agua.

1. **¿Por qué las moléculas son más estables que los átomos separados?**
2. ¿Explica cómo son las atracciones que conducen a la formación de los enlaces covalentes en las moléculas de H_2 , O_2 y N_2 ?
3. ¿Qué relación existe entre la electronegatividad y el enlace covalente?

4. ¿Explica cómo son las atracciones que conducen a la formación de los enlaces polares en las moléculas de H₂O y HCl?
5. Elabora modelos que representen la formación de los enlaces covalentes en las moléculas de H₂, O₂, N₂, H₂O, CO₂ y HCl.
6. Representa las fórmulas estructurales de guiones de los siguientes compuestos orgánicos y explica cómo se enlazan sus átomos para formar las respectivas moléculas: metano (CH₄), etano (C₂H₆), propano (C₃H₈), eteno (C₂H₄), etino (C₂H₂), acetona (C₃H₆O), ácido acético (C₂H₄O₂). Clasifica los anteriores compuestos en polares y no polares.
7. ¿Cómo se explica que los electrones siendo partículas con carga negativa formen parejas sin que haya repulsión entre ellos?
8. ¿Qué diferencias existen entre los compuestos con enlace covalente y los compuestos con enlace iónico?

12. SHERLOCK

En el aeropuerto Schiphol de Amsterdam, Laura una pequeña niña lloraba desconsolada porque había perdido su juguete favorito; ante esta situación sus padres acudieron a las oficinas de la aerolínea; la jovial azafata que los atendió llamó a su mejor agente, Sherlock. Sherlock acudió inmediatamente, se acercó a Laura y salió corriendo a cumplir su misión. A los pocos minutos retorno con el juguete olvidado, el rostro de Laura se iluminó con una sonrisa y en señal de agradecimiento abrazo a Sherlock, lo acarició y se tomó una selfi con él.

El pequeño Sherlock, tiene un epitelio olfatorio de 170 cm², con 220 millones de receptores olfativos; en cambio, el epitelio olfatorio de Laura es de 5 cm² con apenas 5 millones de receptores. Sherlock con su nariz húmeda y fría puede captar 50 olores distintos a la vez, analizarlos y recordarlos en una situación futura; es capaz de extraer olores del aire, de sustancias ingeridas y detectar feromonas. Sherlock tiene una gran personalidad, es muy sociable y una buena compañía; su trabajo en la aerolínea es

rastrear en corto tiempo al dueño y entregarle el objeto olvidado en el avión o en las salas de espera.

Las sustancias odorantes son compuestos químicos volátiles que viajan por el aire; moléculas que llegan a la mucosa olfativa donde están las células olfatorias, que transmiten un impulso nervioso que pasa por el bulbo olfatorio con destino a la corteza cerebral donde se interpreta la sensación de olor. Según recientes investigaciones, cada persona tiene un olor diferente, que puede estar directamente conectado con genes únicos del sistema inmunitario, quienes determinan la composición de las bacterias de la piel de una persona. Estas bacterias transforman el sebo de las glándulas sebáceas en ácidos grasos de una composición única, lo que determinaría las características olorosas de cada persona.

1. **¿Qué relación existe entre la clase de enlace químico y la posibilidad de detectar estos olores?**
2. ¿Por qué las sustancias responsables de los olores deben ser volátiles y solubles en agua?
3. ¿Qué es lo que provoca los diferentes olores?
4. ¿Por qué hay sustancias que huelen y otras no?

13. UNA MOLÉCULA MUY EXTRAÑA

El agua es una molécula extraordinariamente simple, pero, la más excepcional, insólita y única; sin ella no existiría la vida. Para los químicos, el agua es una sustancia completamente fuera de lo común; sin embargo, "lo más extraño del agua es lo que nos puede parecer menos extraño: que es líquida a temperatura ambiente", cuando debería ser un gas; tiene un punto de ebullición de 100°C, pero, por su baja masa molecular, debería ser de -100°C y además tiene relativamente elevada viscosidad y tensión superficial. Los materiales se vuelven más densos a medida que se enfrían, pero, el agua no sólo se vuelve más liviana al congelarse, sino que se expande cuando se

congela; su forma sólida flota sobre su forma líquida, cuando "debería" ser al revés; es la única sustancia en la naturaleza que cuando se enfría aumenta su volumen.

El agua es el disolvente universal, es el componente más abundante y esencial en las células; representando el 70% de la masa celular. Esta molécula es indispensable para el metabolismo celular, ya que todos los procesos fisiológicos se efectúan en medio acuoso. La propiedad crítica del agua radica en que es una molécula polar, lo cual le permite formar puentes de hidrógeno entre sí y otras moléculas polares, así como interactuar con cationes y aniones. En consecuencia, los iones y moléculas polares son fácilmente solubles en agua y las moléculas no polares, son insolubles en agua.

Además de su polaridad, el elevado calor específico del agua mantiene constante la temperatura corporal y su alto calor de vaporización le permite eliminar por medio del sudor, grandes cantidades de calor evitando los "golpes de calor".

- 1. ¿Por qué las moléculas de agua tienen propiedades excepcionales?**
2. Elabora un modelo que explique cómo son las atracciones que conducen a la formación de los enlaces polares en la molécula de agua.
3. Representa la estructura de una molécula de agua ¿Qué clase de enlace químico se forma?
4. ¿Cómo crees que se atraen varias moléculas de agua? ¿Qué tipo de fuerzas de atracción intermoleculares intervienen?
5. ¿Consideras que existe una relación entre la estructura molecular y el hecho que el agua tenga un punto de ebullición elevado?

14. SE ILUMINÓ LA BOMBILLA

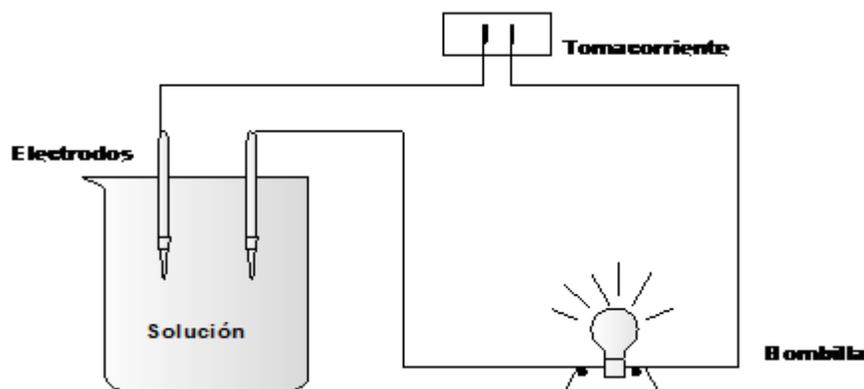
La sal de cocina y el azúcar de mesa son sólidos cristalinos blancos, pero con propiedades fisicoquímicas muy distintas debido a que, en el cloruro de sodio, el modelo de enlace es el iónico; en cambio, en la sacarosa es el covalente. La conductividad

eléctrica (C.E.) es una propiedad que está íntimamente relacionada con la forma como se combinan los átomos en un compuesto. La conductividad eléctrica depende de la movilidad de los electrones o de la presencia de cargas eléctricas. En una experiencia realizada en el laboratorio de química del colegio, se pudo comprobar que el cloruro de sodio cuando se disuelve en agua conduce la electricidad; en cambio, la disolución de sacarosa no es conductora.

La conductividad eléctrica de los materiales o soluciones es un indicador importante en diferentes labores en la vida cotidiana. En la agricultura, la C. E. indica la cantidad de sales (nutrientes) disueltos en una solución (agua de riego) o en el sustrato. Esta información evita problemas por déficit o exceso de nutrientes en los cultivos; en consecuencia, agregando más nutrientes se eleva la C.E. y ésta disminuye diluyendo más la solución de riego.

La C.E. se determina con medidores electrónicos y las unidades de medida son miliSiemens por centímetro (mS/cm) o partes por millón (ppm). Los expertos recomiendan una C. E. de 0.5 a 0.8 mS/cm, en las primeras etapas de crecimiento de las plantas y de 1 a 1.9 en las últimas etapas de formación de los frutos.

Figura 36. Aparato para conductividad eléctrica sustancias en solución



Fuente: Elaboración propia

1. **¿A qué se debe que disoluciones de algunas sustancias conduzcan la electricidad y otras no?**
2. De los siguientes materiales o sustancias: Agua , Cloruro de sodio, Cloruro de sodio en solución, Azúcar, Azúcar en solución, Etanol en solución, Vinagre, Antiácido, Vela (Parafina), Bicarbonato de sodio en solución, Sulfato de magnesio en solución, Mina de un lápiz, Aceite de cocina, Aluminio, Solución de cloruro de magnesio, Policloruro de vinilo (PVC), Zinc, Papa, Soldadura, Cobre , Límpido, Politereftalato de etileno (PET), Solución de detergente, Banano, Gaseosa, Zumo de limón, Orina humana, Poliestireno PS, Leche de vaca, Policarbonato (PC), Polietileno (PEAD) y Ácido muriático ¿Cuáles conducen la electricidad?
3. ¿A qué se deben las fuerzas que mantienen unidas a las partículas que componen las sustancias?
4. ¿Por qué existen sustancias, como el cloruro de sodio que no conducen la electricidad cuando están sólidas y sí lo hacen cuando están disueltas en agua?
5. ¿A qué se debe que algunas sustancias se disuelvan en agua y otras no?
6. ¿Será posible que una sustancia no conduzca la electricidad en estado sólido y sí conduzca la electricidad cuando está fundida? ¿Por qué?
7. ¿Qué modelo de enlace químico permite explicar la conductividad o no conductividad eléctrica de las sustancias empleados en esta experiencia?
8. Elabora una explicación de lo que sucede cuando el cloruro de sodio se disuelve en agua.
9. ¿Qué relación existe entre la intensidad de la luz de la bombilla y el modelo de enlace químico de las sustancias empleadas en esta experiencia?

15. “EL PUENTE ESTA QUEBRADO”

Las moléculas orgánicas están repartidas por todas partes, en el aire, en el agua y en el suelo; en nuestro cuerpo, dentro y fuera de nuestra casa. El carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno hacen parte de la estructura molecular de los compuestos

orgánicos. Estas moléculas pueden tener enlaces polares, o no polares; muchas son solubles en agua y otras insolubles; algunas con puntos de ebullición bajos y otras un poco más altos. Algunas moléculas, como las de etanol y ácido metanoico (ácido fórmico) se atraen con mucha intensidad; otras como las del etanal se atraen con regular fuerza y unas moléculas como las del propano lo hacen con muy poca intensidad. Dependiendo de la estructura del compuesto, algunas moléculas se atraen mediante fuerzas de van der Waals, unas moléculas con interacciones dipolo-dipolo y en otras moléculas la atracción se realiza con puentes de hidrógeno.

Las magnitudes de propiedades físicas, como: punto de fusión, punto de ebullición y solubilidad de los compuestos orgánicos dependen de cómo se enlazan sus átomos, ya sea para formar moléculas polares o no polares y de las fuerzas de atracción intermoleculares, que pueden ser fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno o atracciones dipolo-dipolo.

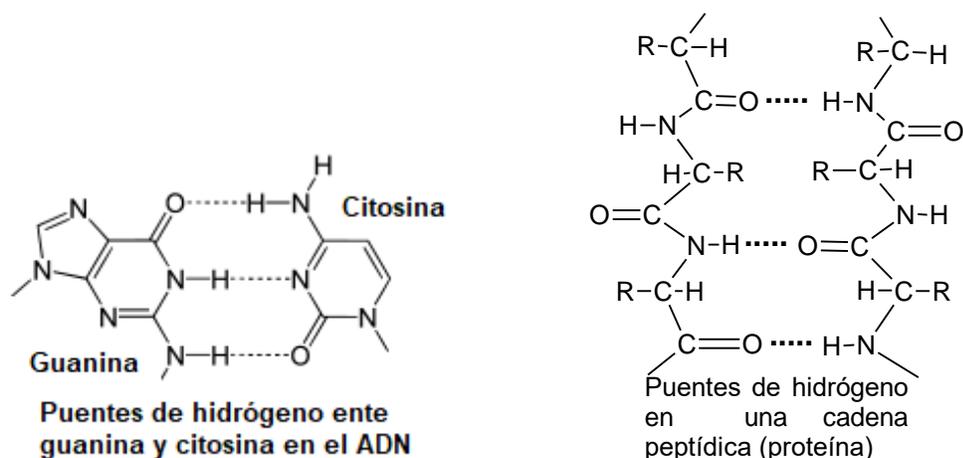
Sin embargo, en todas las moléculas orgánicas se forman dipolos; en algunas de ellas dipolos temporales o transitorios y en otras, dipolos permanentes. Los dipolos temporales o transitorios se originan debido a que los electrones no están quietos en un determinado lugar y los núcleos vibran; esto genera en un momento dado la aparición de polos temporales con de carga parcial negativa (δ^-) y con carga parcial positiva (δ^+). En cambio, los dipolos permanentes se forman porque el átomo más electronegativo atrae hacia a él el par de electrones de enlace, alterando la distribución de cargas al interior de la molécula, generando cargas parciales negativas (δ^-) y positivas (δ^+).

Los puentes de hidrógeno son claves en la formación de la estructura y propiedades químicas de macromoléculas naturales como las proteínas y el ADN; como también de la estructura y resistencia de polímeros sintéticos como el nylon y el poliuretano.

En el modelo de la doble hélice del ADN, las dos cadenas de este ácido nucleico se mantienen unidas por puentes de hidrógeno entre los pares de las bases nitrogenadas

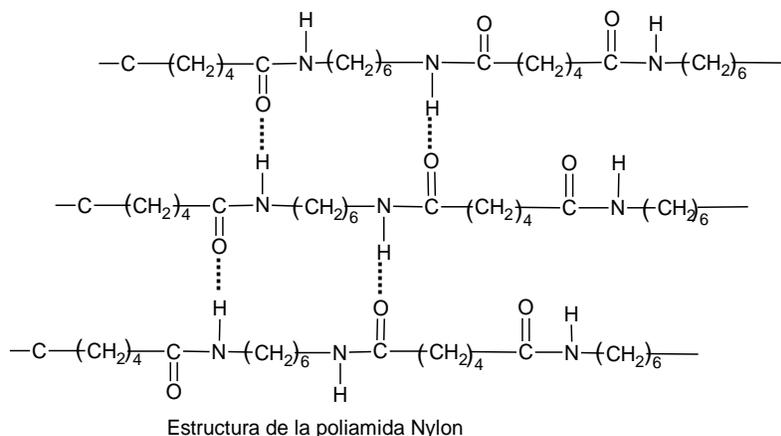
de las hélices opuestas; la ruptura de los puentes de hidrógeno permite la replicación del ADN, llevando la información genética idéntica de una célula madre a las células hijas. En las proteínas los puentes de hidrógeno se forman entre el oxígeno de los grupos carbonilos y el hidrógeno de los grupos amida de la cadena peptídica central. Estos puentes de hidrógeno determinan la forma específica y las propiedades fisiológicas y bioquímicas de las proteínas; que son constructoras de tejidos en los seres vivos.

Figura 37. Puentes de hidrógeno en ADN y proteínas



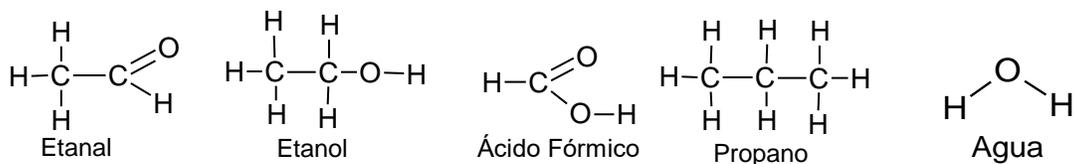
Las poliamidas son polímeros de estructura lineal, ordenadas paralelamente debido a la capacidad de formar puentes de hidrogeno entre las cadenas carbonadas, lo que permite formar fibras de alta resistencia química y a la tensión, como por ejemplo el nylon, empleado en hilos y sogas. El nylon, un material mucho más barato y resistente, sustituyó a la seda; con él se fabricó inicialmente medias femeninas. Pero, finalmente, Estados Unidos lo empleó para hacer cuerdas y paracaídas en la segunda guerra mundial. Los poliuretanos flexibles son polímeros que se usan para fabricar espumas para: almohadas, colchones, asientos de automóviles o del hogar. Los poliuretanos rígidos se emplean como aislantes térmicos de frigoríficos, congeladores, de chapas para galpones y techos industriales.

Figura 38. Estructura del nylon



En el Huila no hay fábricas de nylon ni de espumas; en cambio, hay yacimientos de hidrocarburos gaseosos. La empresa Alcanos nos factura bien caro el propano que fluye hasta las estufas, para con su llama azul cocer los alimentos. En las bebidas alcohólicas, desde la aborígen chicha hasta el foráneo Whisky, está presente el etanol, que después de ser ingerido se oxida formando etanal o acetaldehído, con la posterior aparición de la resaca conocida como “guayabo”. El acetaldehído, también se transforma en grasa en la parte abdominal del cuerpo, generando en los consumidores de cerveza la típica «barriga cervecera». Del escozor causado por el ácido fórmico, solamente se salvan aquellos que nunca han sido picados por las hormigas.

Figura 39. Fórmulas estructurales agua y algunos compuestos orgánicos



- 1. ¿Por qué si los anteriores compuestos orgánicos tienen masas molares similares, presentan puntos de ebullición y solubilidades diferentes?**
2. ¿Por qué algunos compuestos orgánicos son más volátiles que otros?
3. ¿Qué relación existe entre la estructura molecular y el hecho que algunos compuestos tengan bajos o altos puntos de ebullición?
4. Ordena los anteriores compuestos en forma creciente de puntos de ebullición. Explica las razones del orden escogido.
5. De los anteriores compuestos orgánicos cuáles crees que son solubles en agua. Elabora un modelo que explique su solubilidad en agua.
6. Representa y explica el tipo de atracciones entre las moléculas de las siguientes sustancias orgánicas: etanol, etanal, ácido metanoico y propano.

16. UN CHICO PLÁSTICO (PRE)

William H, joven irreverente y aventurero, abandonó el estudio y se dedicó por unos años a recorrer la accidentada geografía nacional a bordo de su motocicleta. Siempre viajaba con su casco bien abrochado, usaba un traje impermeable amarillo y botas plásticas cuando atravesaba los lluviosos páramos de nuestras cordilleras. Pero, cuando recorría las zonas costeras para combatir los calores, usaba un chaleco refrigerante fabricado con nylon y polímeros y unas zapatillas blancas hechas de una ligera y resistente microfibrá perforada que le mantenían los pies frescos y protegidos. Además, se hidrataba con frecuencia con el agua que cargaba en botellas de polietileno.

El joven vivía el presente y como el correcaminos, andaba por todas partes sin tener un proyecto de vida. Desafortunadamente, sus aventuras juveniles terminaron. El inesperado y accidental fallecimiento de su padre, un harlista aficionado, quien fue muy complaciente y le patrocinó sus locuras, lo obligó a quitarse el casco, mirar con claridad el presente y reflexionar sobre el futuro.

William, ante esta adversidad y para solventar sus gastos y los de su mamá, se volvió ingenioso y emprendedor; se dedicó a llevar encargos a domicilio cobrando una módica comisión. Su motocicleta, su inseparable compañera de andanzas, ahora era su herramienta de trabajo. Se convirtió en un eficiente y popular mandadero en su barrio y en la ciudad. Cierta día, varios clientes le solicitaron que realizara algunas compras. Eran artículos variados y casualmente todos elaborados con plástico. Entre los encargos estaban: un tetero para la hija del lechero, un juguete de Spiderman para el sobrino de Germán, un frasco de champú anticaspa para la familia Gasca, una caramañola para el ciclista que vivía con doña Lola, un grifo y un codo de PVC para el apartamento de don José, una jarra para la señora Maira Parra, una docena de desechables para empacar postres de su vecina Lina Robles y tres máquinas de afeitar para el joven que por fin se animó a rasurar.

Guiando su ruidosa moto, retornaba a su barrio llevando su variada carga que le representaba cierta ganancia. Era un tranquilo viaje, pero, de manera inesperada, la bolsa plástica donde llevaba sus compras se rompió. Los encargos se esparcieron por el piso y ante el imprevisto incidente perdió el equilibrio, se salió de la calzada y se estrelló contra un poste. El casco le protegió la cabeza y la sabiduría. Asustado, un tanto aturdido y con ayuda de algunos vecinos, recogió los encargos y continuó su viaje. Afortunadamente, ningún artículo se rompió, únicamente se regó un poco de champú. A cada quien entregó el pedido. Aprendió que hay elementos que, aunque son del mismo material, no son de igual resistencia. Pero también pensó que, si hubiera tenido una cachucha, ésta no le hubiera protegido la sabiduría ni el cerebro.

Los plásticos son materiales versátiles, duraderos, resistentes, baratos y livianos, aunque grandes contaminantes. Entre los termoplásticos más importantes están: Polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de alta densidad (PEAD), polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el policloruro de vinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET) y policarbonato (PC). Con el PET, se fabrican botellas para agua; con PEBD, las bolsas plásticas; con PEAD, frascos para champú; con PS, máquinas de afeitar; con PVC,

juguetes, tubos y grifería; con PP, envases para comida, jarras y coladores con mango y con PC, biberones. Las capas impermeables de coloración amarilla son de poliéster recubierto con PVC. La calota exterior de los cascos más sencillos y económicos está fabricada con termoplástico inyectado como lo es el policarbonato, y el acolchado interior, está fabricado con poliestireno expandido (EPS).

- 1. ¿Si todos los artículos que compró William son de plástico, por qué estos tienen diferente resistencia? Elabora el mayor número de hipótesis que puedan explicar esta situación.**
2. ¿Qué crees que sucedería si los cascos de los motociclistas se fabricaran con PEAD o con PET? Argumenta tu respuesta.
3. ¿Consideras que existe alguna relación entre el enlace químico y las propiedades de los plásticos? Elabora una conclusión.
4. Algunos plásticos se pueden reciclar por el método mecánico, pero otros plásticos no, porque:
 - A. Únicamente, se reciclan aquellos plásticos que con facilidad se pueden volver a calentar y moldear varias veces para elaborar otros artículos, sin que se degraden las cadenas carbonadas que constituyen el polímero; pero, los plásticos blandos que después de ser calentados por primera vez, adquieren una consistencia rígida, no se pueden reciclar por el método mecánico.
 - B. Los termoplásticos son fácilmente reciclables porque se pueden fundir y volver a moldear sin que sus propiedades físicas iniciales se alteren demasiado. Los plásticos termoestables no se pueden reciclar, ya que están formados por cadenas carbonadas ligadas con enlaces químicos transversales y al fundirlos se destruye su estructura molecular, lo que causa grandes cambios en sus propiedades iniciales.

Situación 1

c



d



Situación 2

c



d



Situación 3

c



d



16. UN CHICO PLÁSTICO (POST)

William H, joven irreverente y aventurero, abandonó el estudio y se dedicó por unos años a recorrer la accidentada geografía nacional a bordo de su motocicleta. Siempre viajaba con su casco bien abrochado, usaba un traje impermeable amarillo y botas plásticas cuando atravesaba los lluviosos páramos de nuestras cordilleras. Pero, cuando recorría las zonas costeras para combatir los calores, usaba un chaleco refrigerante fabricado con nylon y polímeros y unas zapatillas blancas hechas de una ligera y resistente microfibrá perforada que le mantenían los pies frescos y protegidos. Además, se hidrataba con frecuencia con el agua que cargaba en botellas de polietileno.

El joven vivía el presente y como el correcaminos, andaba por todas partes sin tener un proyecto de vida. Desafortunadamente, sus aventuras juveniles terminaron. El

inesperado y accidental fallecimiento de su padre, un harlista aficionado, quien fue muy complaciente y le patrocinó sus locuras, lo obligó a quitarse el casco, mirar con claridad el presente y reflexionar sobre el futuro.

William, ante esta adversidad y para solventar sus gastos y los de su mamá, se volvió ingenioso y emprendedor; se dedicó a llevar encargos a domicilio cobrando una módica comisión. Su motocicleta, su inseparable compañera de andanzas, ahora era su herramienta de trabajo. Se convirtió en un eficiente y popular mandadero en su barrio y en la ciudad. Cierta día, varios clientes le solicitaron que realizara algunas compras. Eran artículos variados y casualmente todos elaborados con plástico. Entre los encargos estaban: un tetero para la hija del lechero, un juguete de Spiderman para el sobrino de Germán, un frasco de champú anticasca para la familia Gasca, una caramañola para el ciclista que vivía con doña Lola, un grifo y un codo de PVC para el apartamento de don José, una jarra para la señora Maira Parra, una docena de desechables para empacar postres de su vecina Lina Robles y tres máquinas de afeitar para el joven que por fin se animó a rasurar.

Guiando su ruidosa moto, retornaba a su barrio llevando su variada carga que le representaba cierta ganancia. Era un tranquilo viaje, pero, de manera inesperada, la bolsa plástica donde llevaba sus compras se rompió. Los encargos se esparcieron por el piso y ante el imprevisto incidente perdió el equilibrio, se salió de la calzada y se estrelló contra un poste. El casco le protegió la cabeza y la sabiduría. Asustado, un tanto aturdido y con ayuda de algunos vecinos, recogió los encargos y continuó su viaje. Afortunadamente, ningún artículo se rompió, únicamente se regó un poco de champú. A cada quien entregó el pedido. Aprendió que hay elementos que, aunque son del mismo material, no son de igual resistencia. Pero también pensó, que, si hubiera tenido una cachucha, ésta no le hubiera protegido la sabiduría ni el cerebro.

Los plásticos son materiales versátiles, duraderos, resistentes, baratos y livianos, aunque grandes contaminantes. Entre los termoplásticos más importantes están: Polietileno de

baja densidad (PEBD), polietileno de alta densidad (PEAD), polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el policloruro de vinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET) y policarbonato (PC). Con el PET, se fabrican botellas para agua; con PEBD, las bolsas plásticas; con PEAD, frascos para champú; con PS, máquinas de afeitar; con PVC, juguetes, tubos y grifería; con PP, envases para comida, jarras y coladores con mango y con PC, biberones. Las capas impermeables de coloración amarilla son de poliéster recubierto con PVC. La calota exterior de los cascos más sencillos y económicos está fabricada con termoplástico inyectado como lo es el policarbonato, y el acolchado interior, está fabricado con poliestireno expandido (EPS).

- 1. ¿Si todos los artículos que compró William son de plástico, por qué estos tienen diferente resistencia? Elabora el mayor número de hipótesis que puedan explicar esta situación.**
2. ¿Qué pasaría si los cascos de los moteros se fabricaran con PVC? Argumenta tu respuesta.
3. ¿Consideras que existe alguna relación entre el enlace químico y las propiedades de los plásticos? Elabora una conclusión.
4. Algunos plásticos se pueden reciclar por el método mecánico, pero otros plásticos no, porque:
 - A. Únicamente, se reciclan aquellos plásticos que con facilidad se pueden volver a calentar y moldear varias veces para elaborar otros artículos, sin que se degraden las cadenas carbonadas que constituyen el polímero; pero, los plásticos blandos que después de ser calentados por primera vez, adquieren una consistencia rígida, no se pueden reciclar por el método mecánico.
 - B. Los termoplásticos son fácilmente reciclables porque se pueden fundir y volver a moldear sin que sus propiedades físicas iniciales se alteren demasiado. Los plásticos termoestables no se pueden reciclar, ya que están formados por cadenas

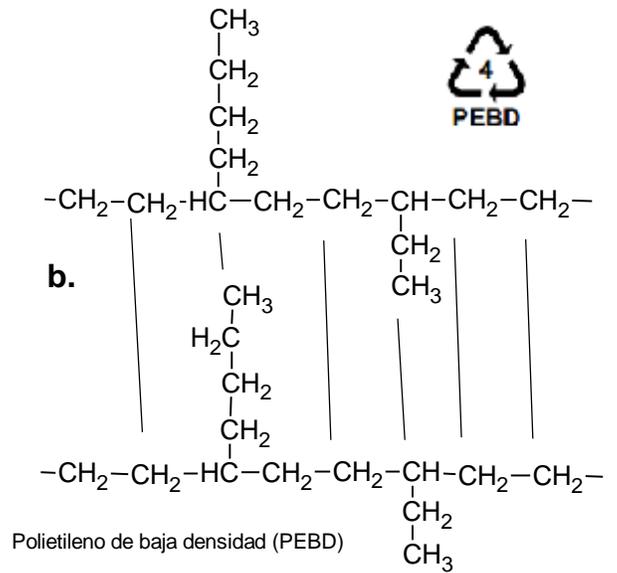
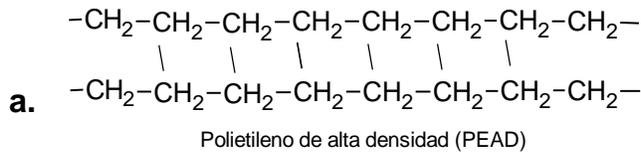
carbonadas ligadas con enlaces químicos transversales y al fundirlos se destruye su estructura molecular, lo que causa grandes cambios en sus propiedades iniciales.

- C. Se pueden reciclar solamente los plásticos que al volverse a calentar y fundirse únicamente presentan algunas pequeñas modificaciones en sus propiedades iniciales; en cambio, existen otros plásticos que al ser calentados por primera vez sufren alteraciones en los enlaces químicos del polímero, por lo tanto, no se pueden reciclar por el método mecánico.

Clasifica las anteriores explicaciones dadas a esta situación, desde la menos adecuada hasta la más válida y argumenta las razones de tu valoración.

5. El polietileno es el plástico más conocido y popular. La resistencia química y la dureza del polietileno de alta densidad (PEAD) son superiores a las del polietileno de baja densidad (PEBD). El PEAD, es un polímero formado por cadenas carbonadas lineales; en cambio el PEBD, está constituido por cadenas carbonadas ramificadas.

En las estructuras moleculares del polietileno de alta densidad (PEAD) y del polietileno de baja densidad (PEBD) se visualiza la forma como interactúan o se ponen en contacto los átomos de las cadenas carbonadas de cada polímero. Con las siguientes estructuras moleculares (a y b) y las situaciones 1, 2 y 3 establece la analogía correcta y explica las razones de dicha selección.



Situación 1

c



d



Situación 2

c



d



Situación 3

c

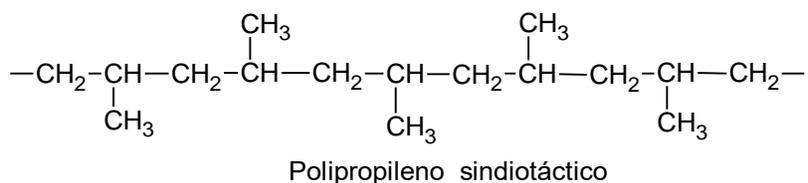
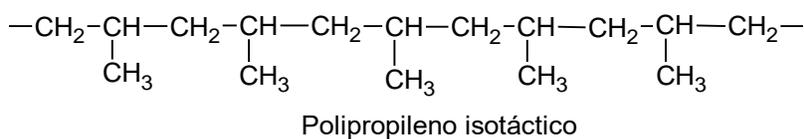


d



- ¿Por qué el traje amarillo que viste el motociclista es impermeable, pero la ropa que lleva puesta debajo no lo es? Elabora tres modelos explicativos.
- ¿Se podría fabricar el juguete de Spiderman con PP sindiotáctico? Justifica tu respuesta.

8. El polipropileno es uno de los plásticos más utilizados y versátiles; se emplea en la fabricación de bolsas para cocinar alimentos, suelas de zapatos, objetos sanitarios, envases para alimentos, piezas interiores de automóviles, máquinas, juguetes, botellas, o sillas apilables. Las moléculas del PP se componen de una cadena principal de átomos de carbono enlazados entre sí, de la cual cuelgan grupos metilo (CH_3 -). El PP puede ser isotáctico o sindiotáctico, dependiendo de la ubicación de los grupos metilo.



El polipropileno isotáctico es más resistente; en cambio, el polipropileno sindiotáctico es más elástico, pero menos resistente, por:

- A. La ubicación de los grupos metilo del mismo lado de una cadena carbonada permite que haya mayor atracción entre las cadenas carbonadas adyacentes, manteniendo un orden para formar estructuras cristalinas.
- B. La orientación espacial de los grupos metilo de un solo lado de las cadenas carbonadas de las moléculas, permite mayor superficie de contacto entre los átomos de carbono de las cadenas adyacentes.
- C. El ordenamiento uniforme de los grupos metilo en las cadenas carbonadas de las moléculas permite una mayor proximidad entre los átomos de carbono, disminuyendo la elasticidad del polipropileno.

Clasifica las anteriores explicaciones dadas a esta situación, desde la menos adecuada hasta la más válida y argumenta las razones de tu valoración.

Anexo 3. Entrevista a estudiantes sobre los modelos explicativos de enlace químico.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN JUAN BOSCO
ENTREVISTA A ESTUDIANTES DE GRADO UNDÉCIMO

Grado _____ **código:** _____

Esta entrevista hace parte del proyecto de investigación de la Maestría en Educación de la Universidad Surcolombiana de Neiva, titulado: Resolver problemas, una propuesta pedagógica alternativa para el aprendizaje de los modelos explicativos de enlace químico y el desarrollo de algunos aspectos del pensamiento crítico.

Apreciados estudiantes, que han sido seleccionados para esta entrevista por medios virtuales, les solicito responder las siguientes preguntas relacionadas con los modelos explicativos de enlace químico: Metálico, iónico, covalente y fuerzas de atracción intermoleculares. Los resultados de esta entrevista, producto del diálogo del docente investigador con los entrevistados, serán utilizados con propósitos exclusivamente investigativos. Además, bajo el principio de privacidad, esta entrevista no será publicada total ni parcialmente, por ningún medio físico ni electrónico y en ningún momento se revelará la identidad de los estudiantes entrevistados.

1. En la vida cotidiana estamos en contacto con muchas sustancias y materiales como el agua, la sal o el aceite.
¿Cómo crees que interactúan los átomos para que se formen estos materiales?

2. En la naturaleza encontramos metales como el hierro y el cobre; compuestos minerales como el cloruro de sodio o el cloruro de potasio y también sustancias orgánicas como las que están presentes en el jabón y en los azúcares.
¿Qué es lo que mantiene unidos a los átomos en estas sustancias tan diferentes?
3. Los metales preciosos como el oro y la plata son muy usados en joyería. En cambio, metales no preciosos como el hierro, zinc y níquel, son empleados en la fabricación de herramientas, en la industria metalúrgica y de la construcción.
¿Cómo crees que son las interacciones entre los átomos de los metales?
4. Como tú sabes el agua de mar es salada. Ella contiene entre otras sales, cloruro de potasio, que es utilizado para la producción de fertilizantes.
¿Cómo consideras que los átomos de potasio interactúan con los átomos de cloro para formar el cloruro de potasio?
¿Por qué compuestos como el cloruro de potasio tienen puntos de fusión muy altos?
5. En los compuestos orgánicos los átomos se unen para formar moléculas, como en el propano, gas que empleamos para cocinar los alimentos o en el etanol, presente en el alcohol antiséptico que usamos a diario para desinfectarnos las manos.
¿Cómo crees que son las interacciones entre los átomos que constituyen las moléculas orgánicas?
6. El aluminio y el hierro son metales. El aluminio se utiliza en la fabricación de las ollas para cocinar, porque su conductividad térmica es tres veces mayor que la del hierro.
¿Qué relación existe entre la estructura de los metales y el hecho que sean buenos conductores del calor y la electricidad?
7. Cuando lavamos o manipulamos utensilios de cocina, alguna vez se nos cayó un plato de porcelana, el cual se agrietó o se rompió en muchos pedazos; pero, si es

una olla de aluminio la que sufrió el impacto contra el suelo, ésta únicamente se deforma.

¿Por qué algunos utensilios de cocina cuando se caen se rompen y otros solamente se deforman?

8. El vinagre, un excelente aderezo de las ensaladas, se obtiene al disolver ácido acético en agua. En cambio, la gasolina que es una mezcla de heptano y octano no es soluble en agua.

¿Por qué crees que algunos compuestos como el ácido acético, se disuelven en agua, pero, el heptano y el octano son insolubles en agua?

9. Cuando destapamos un frasco con perfume, o estamos cerca de una estación de gasolina, fácilmente percibimos el olor característico de las sustancias presentes en el perfume y en la gasolina. En cambio, cuando abrimos una botella con agua, no percibimos olores.

¿Qué relación existe entre la clase de enlace químico, el punto de ebullición y la posibilidad de detectar estos olores?

10. Todos sabemos que no podemos tocar un enchufe o manipular aparatos eléctricos con las manos mojadas; porque el paso de una corriente eléctrica nos puede producir desde un leve cosquilleo hasta ocasionarnos la muerte.

¿Qué es lo que hace que nuestro cuerpo sea conductor de la electricidad?

11. Como tú sabes existen muchos tipos de plásticos, pero, el polietileno es el más conocido y popular. El polietileno, de alta densidad, por ser más resistente se usa para fabricar envases y contenedores. Con polietileno de baja densidad, por ser más elástico se fabrican las bolsas plásticas usamos a diario.

¿Qué relación crees que existe entre la estructura molecular y la resistencia o elasticidad de estas clases de polietileno?

12. ¿Cuál es tu opinión sobre esta experiencia pedagógica? ¿Cuál situación problemática te gustó más y cuál menos? ¿Cómo te fue con el trabajo en equipo? ¿Consideras que desarrollaste habilidades de pensamiento y lectura críticos? ¿Qué le cambiarías a esta experiencia pedagógica?