



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Didactic unit for teaching and learning of concept Chemical Bonding

Carlos Felipe Ordoñez Acosta

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Manizales, Colombia

2016

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Carlos Felipe Ordoñez Acosta

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

MSc. Jorge Eduardo Giraldo Arbeláez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Manizales, Colombia

2016

Dedicatoria

A mi familia y estudiantes, que día tras día valoran el esfuerzo de la enseñanza, y me motivan para progresar como persona y profesional, llevándome hacer realidad sueños y alcanzar mis metas.

Por eso:

*“Vive como si fueras a morir mañana.
Aprende como si fueras a vivir por siempre”*

Mahatma Gandhi

Agradecimientos

A Dios, por colmarme de bendiciones para alcanzar este logro en mi vida profesional y personal.

A mi abuelita Leonor Agudelo, por su inmensa compañía, amor y aliento, en el desarrollo del presente trabajo de grado.

A mi madre Carmen Emilia Acosta, mi padre Juan Carlos Ordoñez y mi hermana Natalia Andrea Ordoñez A, por su constante motivación y apoyo.

Agradezco al MSc. Jorge Eduardo Giraldo Arbeláez, por su gran paciencia, apoyo, exigencia académica, pedagógica y didáctica, por su amistad.

Al Dr Héctor Jairo Osorio, la Dra Nancy Rocío Sanabria, la Dra Mary Orrego, el MSc. Rodrigo Peláez y todos los docentes de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, por sus aportes, contribuciones y enseñanzas.

A la Institución Educativa Juan XXIII, estudiantes, docentes, directivos docentes y comunidad en general por el respaldo y colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de una unidad didáctica para mejorar el proceso enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico en estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Juan XXIII, partiendo de la información recopilada en un instrumento de exploración de ideas previas, fundamentado en una revisión histórico-epistemológica precedente del concepto enlace químico, identificando los modelos explicativos y los obstáculos epistemológicos que presenten los estudiantes frente a dicho concepto, y las respectivas secuencias de actividades enmarcadas en el diseño de la unidad didáctica, según lo propuesto por Jorba y Sanmartí (1994), como estrategia metodológica para enfrentar y complementar esas concepciones previas en la búsqueda de aprendizaje en profundidad en el salón de clase.

Palabras clave: Enlace químico, unidad didáctica, enseñanza y aprendizaje, obstáculos epistemológicos.

Abstract

In this work the design of a didactic unit is presented with the purpose of improving the teaching and learning process of the concept chemical bond in tenth grade students of the Institución Educativa Juan XXIII, starting from the information collected with an exploration instrument of previous ideas, based on a preceding historical-epistemological review of the concept chemical bond, identifying explanatory models and epistemological obstacles that students show before this concept, and the respective sequences of activities emphasized in the design of this didactic unit, as proposed by Jorba and Sanmartí (1994), as a methodology strategy to face and complement these previous assumptions in the pursuit of in-depth learning in the classroom.

Keywords: Chemical bond, didactic unit, teaching and learning, epistemological obstacles.

Contenido

	Pág.
Resumen	V
Lista de figuras	VIII
Lista de tablas	X
Introducción.....	11
1. Planteamiento de la propuesta	14
1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.2 Justificación	15
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo general	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
2. Marco teórico.....	18
2.1 Historia y epistemología del concepto enlace químico	19
2.2 Ideas previas y obstáculos epistemológicos del concepto enlace químico.....	23
2.3 Unidad didáctica en la enseñanza de las ciencias.....	30
2.3.1 Sugerencias y recomendaciones para el diseño de la unidad didáctica.....	30
2.3.2 Descripción de la secuenciación y actividades de la unidad didáctica.....	32
2.3.3 Criterios para la organización y gestión del aula.....	34
2.4 TIC en la enseñanza de las ciencias	35
3. Metodología.....	38
3.1 Enfoque del trabajo.....	38
3.2 Contexto del trabajo	39
3.3 Etapas del trabajo.....	39
4. Análisis de resultados	50
5. Unidad didáctica para la enseñanza del concepto enlace químico	84
5.2 Objetivos de la unidad didáctica.....	84
5.2 Secuenciación de actividades	85

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

5.2.1	Secuencia I: Iniciación, exploración, explicación de planteamientos de problemas o hipótesis iniciales.	85
5.2.2	Secuencia II. Introducción de nuevos conocimientos.	102
5.2.3	Secuencia III. Sistematización: Estructuración del conocimiento, actividades de síntesis, elaboración de conclusiones.....	112
5.2.4	Secuencia IV. Aplicación	123
5.2.5	Secuencia V. Evaluación	136
6.	Conclusiones y recomendaciones	141
6.1	Conclusiones.....	141
6.2	Recomendaciones	143
Anexo A: Exploración de ideas previas y obstáculos epistemológicos del concepto Enlace Químico		146
Bibliografía.....		153

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Referente teórico	18
Figura 2. Aplicación del instrumento de exploración de ideas previas	45
Figura 3. Representación inicial y final del sistema.....	50
Figura 4. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la primera pregunta del cuestionario de ideas previas.....	51
Figura 5. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la segunda pregunta del cuestionario de ideas previas	54
Figura 6. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la tercera pregunta del cuestionario de ideas previas.	59
Figura 7. Estructura de Lewis.....	61
Figura 8. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la cuarta pregunta del cuestionario de ideas previas.	62
Figura 9. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la quinta pregunta del cuestionario de ideas previas.	65
Figura 10. Cómo se forma un enlace químico.....	67
Figura 11. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la sexta pregunta del cuestionario de ideas previas.	68
Figura 12. Densidad electrónica HCl	70
Figura 13. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la séptima pregunta del cuestionario de ideas previas.....	71
Figura 14. Representación aumentada del agua (líquida) y disolución de KCl en agua.	73
Figura 15. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la octava pregunta del cuestionario de ideas previas.....	75
Figura 16. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la novena pregunta del cuestionario de ideas previas.....	78
Figura 17. Conductividad eléctrica.....	80
Figura 18. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la décima pregunta del cuestionario de ideas previas.....	82
Figura 19. Ley de la conservación de la materia	88
Figura 20. Estados y cambios de estados de agregación de la materia	90
Figura 21. Objeto Virtual de Aprendizaje tabla periódica.....	93
Figura 22. Ley del octeto.....	98
Figura 23. Enlace químico.....	99
Figura 24. Enlace covalente.....	100
Figura 25. Actividades de aprendizaje enlace químico	101

Figura 26. ¿Qué son los enlaces químicos? ¿Qué tipos de enlaces químicos existen?	105
Figura 27. Teoría electrónica de Lewis	106
Figura 28. Geometría molecular: modelo RPECV	107
Figura 29. Geometría molecular: modelo RPECV	108
Figura 30. Enlaces sigma y pi.....	109
Figura 31. Enlace covalente: teoría de Orbitales Moleculares	110
Figura 32. Teoría de Bandas.....	111
Figura 33. Simulación interactiva (Phet).....	115
Figura 34. Polaridad molecular	116
Figura 35. Phet: Polaridad de la molécula.....	116
Figura 36. Formas de una molécula	117
Figura 37. Phet: Formas de una molécula	117
Figura 38. VlabQ, simulador interactivo de prácticas de laboratorio de química.	119
Figura 39. VlabQ, selección de práctica de laboratorio.	120
Figura 40. VlabQ, práctica conservación de la materia.....	121
Figura 41. Procedimiento práctica de laboratorio virtual “conservación de la materia”	121

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Ideas previas y/u obstáculos epistemológicos sobre el concepto enlace químico..	25
Tabla 2. Ideas previas y/u obstáculos epistemológicos sobre el concepto enlace iónico	26
Tabla 3. Ideas previas y/u obstáculos epistemológicos sobre el concepto enlace covalente	28
Tabla 4. Etapas del trabajo de profundización	39
Tabla 5. Relación de obstáculos epistemológicos hallados en el trabajo de profundización frente a los reportados por Riboldi et al., (2004).....	56
Tabla 6. Secuencia de actividades I.....	86
Tabla 7. Secuencia de actividades II	102
Tabla 8. Secuencia de actividades III	112
Tabla 9. Secuencia de actividades III	123
Tabla 10. Resultados de la observación macroscópica de las sustancias estudiadas	126
Tabla 11. Resultados observados de la disolución de las sustancias estudiadas en agua..	128
Tabla 12. Propiedades físicas de las sustancias estudiadas	130
Tabla 13. Comportamiento frente al calor de las sustancias estudiadas.....	131
Tabla 14. Temperaturas de fusión de algunas sustancias	132
Tabla 15. Propiedades de sustancias con temperatura de fusión elevada.....	133
Tabla 16. Cuestionario KPSI.....	138
Tabla 17. Evaluación del aprendizaje.....	139

Introducción

La enseñanza de la química no resulta sencilla, debido a que los estudiantes tienen que aplicar modelos (científicos y didácticos), explicar leyes y expresarse en un lenguaje altamente simbólico, así como establecer conexiones entre ellos con la finalidad de representar lo no observable, es decir, la disciplina posee un alto nivel de abstracción (Talanquer, citado por Muñoz, 2010).

El concepto enlace químico, según Gagliardi y Giordan (citado por De posada, 1999), podría ser catalogado como concepto estructurante, ya que es necesario para hilar, secuenciar, interconectar y comprender otros conceptos en química, como por ejemplo: la estructura, propiedades, composición y transformación de la materia, por ende la reactividad, cinética molecular, termodinámica, entre otras. Dicho de otra manera, como lo menciona Lawson, et al., y Mondelo, et al., (citado por De posada, 1999) un adecuado conocimiento y aplicación del concepto enlace químico permitiría alcanzar con éxito el aprendizaje de otras conceptos de la química o incluso de la biología.

Sin embargo, en las aulas de clase se observa gran complejidad en el proceso enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico, porque en cada momento histórico pueden convivir diversos modelos explicativos que corresponden a diversos marcos teóricos (Solbes, Silvestre & Furió, 2010). Como resultado, los estudiantes presentan dificultad o confusión en la comprensión y explicación del concepto, en cuanto a que un enlace químico no se establece únicamente a nivel interatómico (iones y átomos), sino que también existen interacciones electrostáticas entre moléculas (Alvarado, 2005).

Todo esto parece indicar que una de las posibles soluciones a estas dificultades u obstáculos en el proceso enseñanza, aprendizaje y evaluación es la preparación de la clase, tarea diaria que debe asumir un buen docente, llevándole horas en su planeación. Magnusson et al., (citado por García & Garritz, 2006), señala los diferentes interrogantes o dudas que le asaltan cotidianamente al docente al momento de planear su clase, como: ¿Qué debo hacer con mis estudiantes para ayudarlos a entender este concepto científico? ¿En qué materiales me puedo apoyar? ¿Qué cuestiones es posible que mis estudiantes sepan ya y cuáles otras serán difíciles para ellos/ellas? ¿Cuál es la mejor manera de evaluar lo que mis estudiantes han aprendido? Por lo que no se trata únicamente de explicar el tema, sino de comprender en profundidad las múltiples implicaciones que tiene el aprendizaje de dicho contenido (García & Garritz, 2006), contextualizarlo en su diario vivir, aplicarlo y replicarlo en su entorno social. De ahí que la selección de estrategias metodológicas, didácticas y de evaluación, determinen el posible éxito o fracaso obtenido durante el intervención de un tema en particular.

Campanario y Moya (Citado por García & Garritz, 2006), señalan el diseño de unidades didácticas como una de las tendencias más recientes y afortunadas para la enseñanza de la ciencia. En este sentido, en el presente trabajo de profundización se utilizó el modelo de planificación y secuenciación de unidad didáctica propuesta por Jorba y Sanmartí (1994) y Sanmartí (2000). El diseño y aplicación de unidades didácticas enmarcadas en este ciclo de aprendizaje nos permite decidir qué se va a enseñar y cómo, pero es en el diseño en la práctica educativa donde se refleja si ha sido interiorizadas (Sanmartí, 2000), fortaleciendo el proceso enseñanza, aprendizaje y evaluación de las ciencias, respondiendo o mejorando las necesidades diversas de los estudiantes, las intenciones educativas y del contexto.

El diseño de la unidad didáctica para mejorar el proceso enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico en estudiantes del grado décimo, se realiza a partir de la información recopilada en un instrumento de exploración de ideas previas, fundamentado en una revisión histórico-epistemológica del concepto enlace químico, identificando los

modelos explicativos y los obstáculos epistemológicos que presenten los estudiantes frente a dicho concepto, empleando la unidad didáctica como estrategia metodológica para enfrentar y complementar esas concepciones previas en la búsqueda de aprendizaje en profundidad en el salón de clase.

Algunos de los obstáculos epistemológicos hallados coinciden con investigaciones realizadas por diversos autores, los cuales se pretenden superar, como son: la definición de orbital molecular no es bien entendida (Dumon & Merlin, 1988); no consideran la influencia de la electronegatividad y la desigual compartición del par de electrones en el enlace polar (Peterson & Treagust, 1989); reconocen como únicos enlaces el covalente y el iónico (Kind, 2004). El enlace iónico es la atracción entre un ion con carga positiva y uno con carga negativa, los enlaces iónicos se forman sólo entre los átomos que donan/aceptan los electrones (Taber citado por Muñoz, 2010), entre otras. Confusión al momento de explicar diferentes fenómenos donde se observan propiedades de sustancias y sus respectivos cambios, tanto físicos como químicos, en la cual no hay comprensión o aplicación de la Ley de la conservación de la materia.

Igualmente se pretende alcanzar un modelo explicativo más idóneo para justificar los diferentes fenómenos, es decir, que el estudiante transcurra desde el modelo electrostático, de electrovalencia hasta llegar al modelo RPECV, la teoría de enlace de valencia, teoría orbital molecular y teoría de bandas. Contribuyendo así en el campo de la enseñanza de las ciencias naturales, diseñando nuevas estrategias que permitan obtener mejores resultados en la comprensión del concepto enlace químico y demás temas posteriores.

1. Planteamiento de la propuesta

1.1 Planteamiento del problema

El empleo de unidades didácticas como metodología para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias va en aumento (Campanario & Moya, 1999), ya que permite a los docentes o enseñantes concretar sus ideas y sus intenciones educativas, fundamentada en la construcción propia del conocimiento por parte del estudiante (Sanmartí, 2000), con base en las ideas previas, obstáculos epistemológicos, el contexto educativo y el currículo. Permitiendo regular la intervención del tema a través de diferentes momentos o secuencias, potencializando el desempeño y competencias de los estudiantes.

Además, surge la necesidad de emplear estrategias metodológicas y didácticas vanguardistas que permitan motivar y despertar el interés por las ciencias a los estudiantes, ya que constantemente los educadores se quejan del bajo desempeño académico, poca participación e indisciplina de los alumnos cuando se orientan temas en el área de la química.

El presente trabajo está dirigido a diseñar una unidad didáctica como estrategia metodológica, por medio de la cual contribuya al mejoramiento de los resultados en el proceso enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico, en estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Juan XXIII, respondiendo a las diversas necesidades de los estudiantes.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente y el contexto en el cual se desarrolla el siguiente trabajo surgen las siguientes preguntas:

¿Cómo mejorar la enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico a través del diseño de una unidad didáctica?

¿Se puede lograr aprendizaje en profundidad y mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje a través del diseño de unidades didácticas?

1.2 Justificación

El concepto enlace químico es una de las piedras angulares en la enseñanza y comprensión de la química, ya que su interiorización y aplicación en el contexto permite al estudiante entender la estructura molecular de la materia, las relaciones físicas y químicas de las sustancias (Maya, 2013).

Sin embargo, en la práctica docente se observa poca motivación de los estudiantes por aprender y comprender la química, pues se les hace aburrido y complicado, llegando a las clases con ideas y actitudes negativas frente al área (Herrera, 2014), reflejándose en el grado de apropiación conceptual y práctico de los temas, los resultados en las pruebas internas y externas, la participación en el desarrollo de las clases, la disciplina, entre otros.

Debido a estos obstáculos que se encuentran en el proceso enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico, el docente debe replantearse continuamente los métodos de enseñanza (pedagógicos y didácticos), como lo sustenta Herrera (2014, p.23), “para favorecer la comprensión de los conceptos químicos, al construir ambientes favorables de aprendizaje para acercar a los estudiantes a aprender con gusto e interés”. Es por esto que

se diseñan y aplican estrategias metodológicas que contribuyan en su aprendizaje, siendo las unidades didácticas, un instrumento óptimo en la planeación y ejecución de la orientación de clase (García y Garritz, 2006); de ahí que investigaciones llevadas a cabo por Alvarado (2005); De Posada (1999); Taber (1997); Solbes, Silvestre, & Furió (2010); Peterson & Treagust (1989); García, Garritz, & Chamizo (2009); Muñoz (2010); Kind (2004), entre otros; evidencian mejoras en el nivel de asimilación, comprensión y aplicación del concepto enlace químico, ya que los estudiantes logran superar con la intervención de las unidades didácticas obstáculos epistemológicos o modelos explicativos preexistentes como: la no diferenciación de los tipos de enlace, o reconocen sólo el enlace iónico y el enlace covalente; explican el enlace químico a partir de sus propiedades y estructuración atómica y no molecular; no establecen relación entre el mundo macroscópico y las interacciones a nivel nanoscópico; reconocen el enlace químico como una fuerza de atracción, pero no entienden el porqué y el cómo se puede generar dicha fuerza de atracción, entre otras; por lo cual, emerge la unidad didáctica como una estrategia muy útil y eficiente en el proceso enseñanza y aprendizaje.

Tanto así que Muñoz (2010) afirma:

Las unidades didácticas son consideradas herramientas para: planificar los contenidos, promover una orientación inmediata del aprendizaje, ampliar la información, abordar problemáticas que inquieten al estudiante o simplemente le sean de interés. La planificación de las unidades didácticas tiene características que las hacen diferentes respecto a las actividades de enseñanza tradicional, debido a que su diseño presenta flexibilidad respecto: a las estrategias de enseñanza y aprendizaje (lecturas dirigidas, lluvia de ideas, experiencias de cátedra, videos, debates, etc.), a la organización de los estudiantes (individual o grupal), a los espacios donde se imparte la clase (salón, laboratorio, explanada etc.), a los diversos métodos y medios para el aprendizaje. (p. 4)

Además de lo antes descrito, se incorpora el empleo de recursos TIC en las diferentes actividades y secuencias de la unidad didáctica, facilitando el desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje, dando respuesta a las necesidades de los

estudiantes, de la institución y del contexto, ya que “al usar las herramientas tecnológicas y virtuales, cambia la rutina de la clase, favorece el trabajo grupal, se estimula el pensamiento y razonamiento de los estudiantes” (Herrera, 2014, p. 24).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar una unidad didáctica para mejorar el proceso enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico en estudiantes del grado décimo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar un instrumento para explorar las ideas previas de los estudiantes, a partir de una revisión histórico-epistemológica del concepto enlace químico, en el que se evidencien los modelos explicativos y los obstáculos epistemológicos.
- Identificar mediante la aplicación de un instrumento las ideas previas, los modelos explicativos y los obstáculos epistemológicos que presentan los estudiantes sobre el concepto enlace químico.
- Diseñar una unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico a partir del análisis de las ideas previas, los modelos explicativos y los obstáculos epistemológicos hallados en los estudiantes del grado décimo.

2. Marco teórico

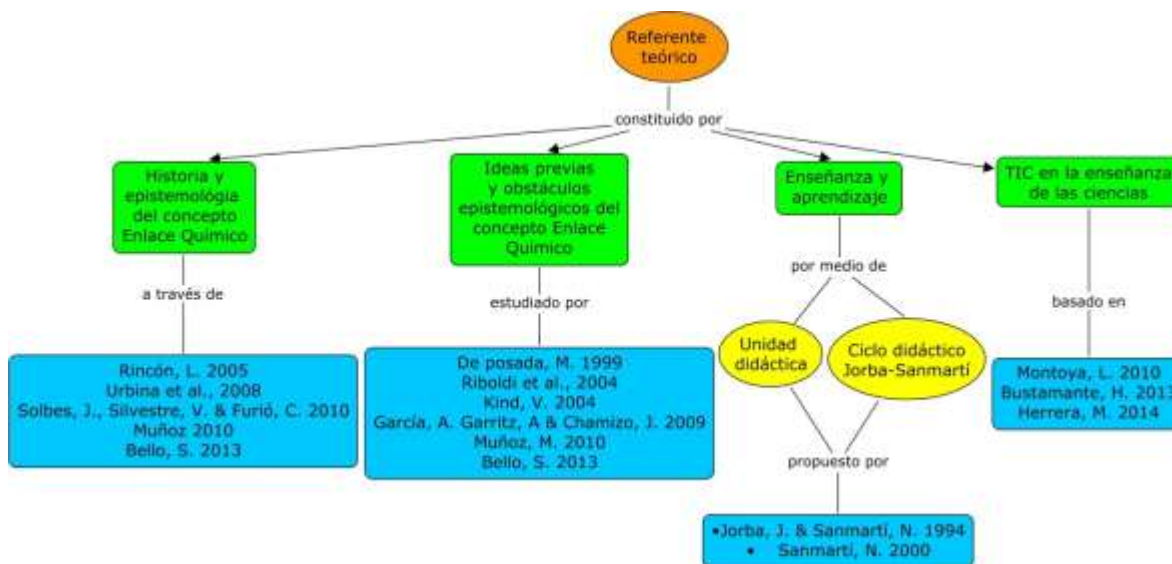


Figura 1. Referente teórico

Para el desarrollo del presente trabajo de profundización, se tomaron cuatro aspectos para el referente teórico: En la primera parte, se estudia la historia y epistemología del concepto enlace químico, al igual que los diferentes modelos explicativos, apoyados en los autores: Rincón (2005); Solbes, silvestre & furió (2010); Bello (2013). El segundo aspecto a estudiar son las ideas previas y obstáculos epistemológicos que presentan los estudiantes frente al concepto enlace químico, basados en las investigaciones realizadas por Riboldi et al., (2004); Kind (2004); García, Garrtiz & Chamizo (2009); Muñoz (2010); Bello (2013). En la tercera parte, se estudian estrategias metodológicas que mejoren el proceso enseñanza y aprendizaje, siendo empleada la Unidad Didáctica, enmarcadas desde diferentes ciclos, tomando como referentes a Jorba & Sanmartí, 1994; Sanmartí, 2000. Por último, en la cuarta sección se hará una reseña del empleo o incorporación de recursos TIC como estrategia en el diseño de unidades didácticas en la enseñanza de las ciencias, citando autores como Montoya, 2010; Bustamante, 2013; Herrera, 2014.

En las siguientes secciones se realizará las discusiones planteadas sobre cada uno de los aspectos antes descritos, en el diseño de la unidad didáctica para mejorar el proceso enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico en estudiantes de grado décimo.

2.1 Historia y epistemología del concepto enlace químico

El concepto enlace químico es fundamental en el campo de la enseñanza de las ciencias porque es, según Aguirre (2011), un concepto básico para la comprensión y asimilación de otros muchos en los campos de la Química, la Biología y la Geología; ya que permite explicar las propiedades de la materia. Por lo tanto, la realización de la revisión histórica y epistemológica en la enseñanza de dicho concepto, permite llenar los vacíos conceptuales de los docentes y superar las dificultades evidenciadas en estudiantes en la comprensión, en cuanto a que un enlace químico no se establece únicamente a nivel interatómico (iones y átomos), sino que también existen interacciones electrostáticas entre moléculas (Alvarado, 2005). Además, ahondar en los nuevos campos de investigación en didáctica de las ciencias, que se enfocan en la construcción de modelos científicos y didácticos en el aula, con estudiantes y con profesores (Urbina, S., Gallego, R., Pérez, R. & Gallego, A., 2008).

El concepto enlace químico es tan antiguo como la misma noción de átomo, pues Demócrito concebía, en sus explicaciones de forma empírica, a los átomos como ganchos que podían unirse (Muñoz, 2010). Por lo que, “desde el momento que se admitió la existencia de partículas elementales, una de las explicaciones sobre enlace giro en torno a una fuerza capaz de unir las” (Livage, citado por Muñoz, 2010, p. 19).

Sin embargo, el desarrollo histórico del concepto enlace químico ha estado marcado por diferentes perspectivas, los cuales abarcan:

Modelos químicos como la afinidad, Muñoz (2010) cita a Newton (1642 -1727), el cual describe en su Óptica, “que todos los cuerpos están formados por partículas iguales y que existen fuerzas de atracción entre estas partículas diminutas que son análogas a fuerzas gravitatorias” (Estany e Izquierdo, 1990), siendo uno de los primeros modelos sobre enlace químico, en el cual se propone a la fuerza de gravedad como la principal responsable del enlace (Chamizo, 1992). Este modelo prevalecerá hasta finales del siglo XVIII.

Guyton de Morveau (Siglo XVIII, contemporáneo de Lavoisier). Dos o más cuerpos se unen, a causa de la afinidad química, para dar lugar a un nuevo cuerpo cuyas propiedades son completamente diferentes de las de los que le dieron origen. Berthollet (1748-1822) desarrolla más ampliamente el concepto de afinidad, en el siglo XVIII (Bello, 2013, p. 15).

En cuanto a las ideas o concepciones eléctricas (electroquímicas), como lo sustenta Muñoz (2010), gracias a los resultados obtenidos por Nicholson (1753 – 1815) y Carlisle (1768 – 1840), al demostrar la naturaleza eléctrica sobre el enlace químico, al descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno mediante el paso de la corriente eléctrica (electrólisis).

A partir de estas demostraciones, proceden los modelos propuestos de Davy, Berzelius y Werner, como lo señala Bello (2013),

Davy (1778-1829), propuso que cuando dos átomos de dos sustancias se aproximan, toman cargas eléctricas opuestas, formando la unión cuando se neutralizan.

Berzelius (1779-1848), propone un sistema dualista en el que toda sustancia está formada por una “partícula” con carga positiva y otra con carga negativa, que neutraliza a la primera. Así el metano (CH_4) estaría constituido por H^+ y CH_3^- .

Werner, propone la existencia de una valencia primaria y una secundaria. Hoy conocemos la primaria como iónica y la secundaria como covalente. (p. 15)

Examinaremos ahora, los modelos electrónicos basados en la valencia, el octeto de Lewis, el modelo de Gillespie (RPECV), modelos a partir de la química cuántica como enlace de valencia y orbital molecular, que a su vez permiten comprender la teoría de bandas.

Richard Abegg, según Rincón (2005, p. 4) “al parecer fue el primer investigador quien se haya fijado que la valencia química debía estar relacionada con lo que actualmente se denomina configuración electrónica“. Según Abegg, un elemento puede variar únicamente en ocho unidades su valencia, sus ideas fueron desarrolladas por químicos como Kossel y Lewis. Albrecht Kossel introdujo el concepto de la electrovalencia por transferencia de electrones de un átomo a otro para formar iones con estructura de gas noble. La atracción electrostática entre ambos iones sería responsable de la formación del enlace químico. En este mismo año, 1916, Gilbert Newton Lewis estableció la teoría del enlace químico por compartición de pares de electrones (Rincón, 2005), en su modelo, los electrones eran estáticos y arreglados en capas (Urbina et al., 2008).

Pero fue en 1919 que Irving Langmuir introdujo el concepto de enlace covalente, para describir el enlace o unión por los electrones apareados o compartidos, que según Lewis era lo esencial del enlace para obtener la estructura de gas noble (Rincón, 2005), por tanto se puede afirmar que la teoría del enlace covalente se debe a Lewis y Langmuir, “proponiendo uno de los más grandes logros en la construcción del concepto de enlace químico: un par de electrones forma un enlace” (Bello, 2013, p. 16). Posteriormente “el inglés Nevil Vincent Sidgwick (1873-1952), introdujo la noción de enlace covalente coordinado, ampliando el concepto de covalencia a los compuestos inorgánicos, la cual jugó un importante papel en la química de los compuestos complejos o de coordinación” (Rincón, 2005, p. 4).

En 1927 W. Heitler y F. London abordaron el problema de la molécula de hidrógeno. Esta teoría fue extendida en moléculas más complejas por Pauling, Slater, Born, Weyl, etc. “Esta concepción denominada “teoría del enlace de valencia” ó HLSP (en su honor) se refiere a la

concentración de electrones apareados entre átomos enlazados, a las propiedades direccionales de los enlaces y a la estructura molecular, señalando la importancia de la naturaleza atómica original del sistema” (Solbes, et al., 2010, p. 96).

En 1927 Burrau y Hund, Mulliken y Lennard- Jones en 1932, desarrollan el modelo orbital molecular. En el cual según Solbes (2010) “se forman las moléculas mediante un sistema de orbitales que van siendo ocupados por los electrones siguiendo las mismas reglas de los átomos” (p. 97), una combinación lineal de los orbitales atómicos (Urbina et al., 2008).

En 1939 Pauling propone el concepto moderno de electronegatividad en su libro *The nature of the chemical bond*. “Según este modelo hay átomos que atraen a los electrones del enlace con mayor fuerza que otros. Como consecuencia clasifica al enlace en tres categorías distintas: covalente, iónico y metálico” (Bello, 2013, p. 18).

La teoría más sencilla del enlace metálico fue introducida por Drude a principios de siglo y recibió el nombre de teoría del electrón libre o del mar de electrones. Posteriormente con la aplicación de la mecánica estadística, el modelo fue adquiriendo complejidad matemática, aplicándose la estadística de distribución de Fermi-Dirac a los electrones por primera vez en 1928 por Sommerfeld. (Rincón, 2005).

Bethe y Kramers desarrollan la teoría del “campo cristalino”. Consideran las moléculas complejas como sistemas electrostáticos formados por cargas puntuales y dipolos. (Solbes, et al. 2010, p. 97)

En 1927, Strout en entrevista propone la “teoría de bandas”, la cual fue complementada y desarrollado poco después por Brillouin, Peierls y Morse, dicha teoría fue descrita como:

El movimiento de los electrones en un cristal como consecuencia de la periodicidad de la red cumple que su energía está comprendida en ciertas bandas, cuyos límites corresponden a longitudes de onda que satisfacen las condiciones de Bragg. Entre bandas permitidas existen bandas prohibidas, lo cual permite la distinción entre aislantes y semiconductores, electrones ligados y semilibres”. (Solbes, et al., 2010, p. 98).

Tras una breve revisión histórico-epistemológica del concepto enlace químico, podemos concluir que la química se ha constituido como una de las ciencias de la naturaleza, siguiendo un lenguaje conceptual y metodológico. “Este lenguaje, de carácter hipotético-deductivo, es el que ha adquirido pleno significado para la construcción y modificación paulatina de modelos icónicos o gráficos. En consecuencia, para la elaboración de una didáctica de esta ciencia, es necesario aproximarse a la historia de esas construcciones y modificaciones” (Urbina, et al., 2008, p. 53). Evidenciándose gran complejidad en el proceso enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico, porque en cada momento histórico pueden convivir diversos modelos que corresponden a diversos marcos teóricos. (Solbes, et al., 2010).

Y son por estas razones, que se requiere en la profesión docente una intervención en el aula de clase, llevando alternativas metodológicas y didácticas para incrementar la comprensión y asimilación del estudiantado en el concepto de enlace químico, a través de su historia y epistemología, teniendo como base la construcción de modelos científicos y didácticos a partir de las teorías que fundamentan dicho concepto.

2.2 Ideas previas y obstáculos epistemológicos del concepto enlace químico

Inicialmente se concebía a las ideas previas o concepciones alternativas que poseían los estudiantes o aprendices frente algún concepto eran siempre incorrectas, y se les llamaba “errores conceptuales”. Sin embargo, dicho pensamiento ha venido cambiando hasta hoy

día, pues se sabe que algunas son efectivamente incorrectas, pero otras son correctas y pueden ser incompletas o mal aplicadas (Bello, 2013).

Una de las definiciones que se tienen actualmente sobre las concepciones alternativas o ideas previas es:

Son construcciones personales que utilizamos para comprender los fenómenos que observamos y los conceptos que aprendemos, para movernos en el ambiente físico y social que nos rodea. Comprender algo, implica activar una idea o conocimiento previo para organizar esa situación y darle sentido. (Bello, 2013, p. 4)

Razones por las cuales, se busca en el proceso enseñanza y aprendizaje de las ciencias promover el acercamiento de las ideas previas hacia concepciones más científicas, considerando que “si no se sabe lo que piensan los estudiantes y por qué opinan así, se tendrán escasas posibilidades de ejercer un impacto en sus concepciones con la enseñanza” (Bello, 2013, p.5).

Pozo (1987), destaca el papel fundamental que cumplen las concepciones alternativas o conceptos cotidianos que presentan los estudiantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje, más aún al momento de diseñar cualquier estrategia metodológica. Riboldi, et al., (2004) considera que “los conocimientos previos no sólo permiten contactar inicialmente los nuevos contenidos, sino que, además, son los fundamentos de la construcción de nuevos significados”. (p. 195).

A continuación, en las siguientes tablas, se presentarán algunas de las ideas previas y obstáculos epistemológicos sobre el concepto de enlace químico (tabla 1), enlace iónico (tabla 2) y enlace covalente (tabla 3) encontrados en diversas investigaciones realizadas por diferentes autores.

Tabla 1. Ideas previas y/u obstáculos epistemológicos sobre el concepto enlace químico

Idea previa y/u obstáculo epistemológico	Referencia
Identifican como moléculas a estructuras gigantes; un elevado porcentaje de estudiantes asocia 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.	Caamaño y Casassas (1987, p. 159-160)
La unión entre átomos se debe a las diferentes cargas situadas en los átomos.	De posada, M. (1999, p. 227-245).
Los átomos se unen porque tienen un campo de atracción sobre otros átomos.	De posada, M. (1999, p. 227-245).
La razón de que un electrón sea transferido se debe a la tendencia (o necesidad) de los átomos de tener una configuración de gas noble.	Taber, K. (1994, p.100-102).
Un enlace necesariamente implica un par de electrones (o más de un par en algunos casos) entre dos átomos.	Boo, H. (1998, p. 569-581).
Una fuerza electromagnética por medio de la cual, la materia (en este caso los electrones) presentan interacciones.	Garcés, S. Herrera, A. y Velázquez, L., (2008, p. 51).
Un modelo que permite explicar las interacciones que existen entre los átomos.	Garcés, S. Herrera, A. y Velázquez, L., (2008, p. 51).

Tabla 1: (Continuación)

Una entidad física que permite ver cómo están unidos los átomos.	Garcés, S. Herrera, A. y Velázquez, L., (2008, p. 51).
La energía que interacciona entre dos átomos.	Garcés, S. Herrera, A. y Velázquez, L., (2008, p. 51).
Se desprende energía cuando se rompe un enlace químico; y se absorbe energía para formar un enlace químico	Bello, S. (2013, p. 5)

(Tomado y modificado de Muñoz, 2010, p.37)

Tabla 2. Ideas previas y/u obstáculos epistemológicos sobre el concepto enlace iónico

Idea previa y/u obstáculo epistemológico	Referencia
La geometría de las moléculas está influenciada por la polaridad.	Peterson y Treagust (1989, p. 459-460)
El enlace iónico es la atracción entre un ion con carga positiva y uno con carga negativa.	Taber, K. S. (1997, p. 85 – 95).
Un ion positivo estará enlazado a cualquier ion negativo cercano.	Taber, K. S. (1997, p. 85 – 95).
Un átomo de sodio sólo puede donar un electrón, así que sólo puede formar un enlace iónico con un átomo de cloro.	Taber, K.S. (1994, p. 100-102).
Los enlaces iónicos se forman sólo entre los átomos que donan/aceptan los electrones.	Taber, K.S. (1994, p. 100-102).

Tabla 2: (Continuación)

<p>Los enlaces iónicos no se ven afectados por el proceso de disolución y solamente los enlaces más débiles entre las moléculas iónicas se rompen en el proceso de disolución.</p>	<p>Boo, H. (1998, p. 569-581).</p>
<p>El número de electrones transferido o aceptado por un átomo se relaciona con la valencia del elemento.</p>	<p>Kind, V., (2004, p. 110-114).</p>
<p>Las cargas positivas y negativas abarcan “todo” el ion de manera que, dependiendo del empaquetamiento, los iones forman enlaces iónicos con más de un ion de carga opuesta a la vez, para integrar una estructura gigantesca que llamamos cristal.</p>	<p>Kind, V., (2004, p. 110-114).</p>
<p>Para el cloruro de sodio disuelto en agua: las partículas se dispersarían, aunque algunos estudiantes pensaban que los iones cloruro y sodio seguirían atrayéndose uno al otro de manera que habría una estructura “residual” en el agua.</p>	<p>Kind, V., (2004, p. 110-114).</p>
<p>Todos los compuestos iónicos son solubles en agua y tienen altos puntos de fusión</p>	<p>Bello, S. (2013, p. 5)</p>
<p>El enlace covalente es más débil que el iónico.</p>	<p>Bello, S. (2013, p. 5)</p>

Tabla 2: (Continuación)

La carga iónica determina la polaridad del enlace.	Bello, S. (2013, p. 5)
Los iones son idénticos a los átomos de los que provienen; es decir $\text{Na} = \text{Na}^+$; $\text{Cl} = \text{Cl}^-$	Bello, S. (2013, p. 5)

(Tomado y modificado de Muñoz, 2010, p.38)

Tabla 3. Ideas previas y/u obstáculos epistemológicos sobre el concepto enlace covalente

Idea previa y/u obstáculo epistemológico	Referencia
El estudiante no considera la influencia de la electronegatividad y la desigual compartición del par de electrones en el enlace polar;	Peterson y Treagust (1989, p. 459-460)
La definición de orbital molecular no es bien entendida.	Dumon y Merlin. (1988, p. 49-52)
En el enlace covalente los átomos comparten electrones para obtener capas de electrones llenas.	Taber, K. S. (1999, p. 135-137).
Un par de electrones es compartido por dos átomos, y que en un enlace doble son dos pares de electrones los compartidos.	Kind, V., (2004, p. 107-110).
Compartir electrones confiere estabilidad adicional a los átomos participantes y se necesita una cierta energía para romper el enlace.	Kind, V., (2004, p. 107-110).

Tabla 3: (Continuación)

Se da cuando se unen dos elementos no metálicos en donde comparten electrones para completar el octeto de Lewis.	Garcés, S., Herrera, A. y Velázquez, L., (2008, p. 51).
Para que un enlace sea covalente, debe haber una diferencia de electronegatividad entre el elemento menor a 1.7.	Garcés, S., Herrera, A. y Velázquez, L., (2008, p.51).
Es el enlace que se da entre las moléculas.	Garcés, S., Herrera, A. y Velázquez, L., (2008, p. 51).
Todos los compuestos covalentes son insolubles en agua y tienen bajo punto de fusión	Bello, S. (2013, p. 5)
Los enlaces covalentes o iónicos se rompen cuando una sustancia cambia de estado.	Bello, S. (2013, p. 5)
En un enlace covalente, los electrones se encuentran más cerca del elemento más electronegativo.	Bello, S. (2013, p. 5)
El átomo más grande es el que ejerce el mayor control sobre el par de electrones compartidos.	Bello, S. (2013, p. 5)

(Tomado y modificado de Muñoz, 2010, p.40)

A partir de las ideas previas anteriormente citadas que poseen estudiantes sobre el modelo del concepto enlace químico, nos brinda la posibilidad de explorar, identificar y conocer las concepciones alternativas básicas que poseen los estudiantes antes de comenzar con el estudio formal del tema o intervención didáctica.

2.3 Unidad didáctica en la enseñanza de las ciencias

En esta sección del trabajo se abordarán las recomendaciones y estrategias propuestas por Jorba & Sanmartí (1994) y Sanmartí (2000) que fueron consideradas y utilizadas para el diseño de la unidad didáctica.

2.3.1 Sugerencias y recomendaciones para el diseño de la unidad didáctica

Las unidades didácticas están dirigidas a fortalecer el proceso de enseñanza de los docentes, pensando en el aprendizaje de sus estudiantes, superando dificultades en cuanto la comprensión de algún tema determinado, satisfacer sus intereses, necesidades, concepciones alternativas, preparación para el trabajo profesional y para la vida, entre otras (Bello, 2013).

Tal como lo ha recomendado Campanario & Moya (1999), el diseño de unidades didácticas es una de las propuestas más recientes para mejorar la enseñanza en ciencias naturales, aunque actualmente, “la didáctica de la ciencia se concibe como una disciplina en donde no se puede prescribir cómo enseñar, sino más bien, se pronuncia respecto a lo que no debería suceder en el aula, por ello cualquier propuesta de enseñanza es considerada como una hipótesis de trabajo” (Muñoz, 2010, p. 41).

Diseñar una unidad didáctica resulta muy útil para reflexionar y mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje desde la práctica, pues permite enfatizar lo qué se va a enseñar y cómo, respondiendo a las diferentes necesidades de los estudiantes, intenciones educativas (curriculares e institucionales) y del contexto social, evidenciándose en las verbalizaciones, si han sido interiorizadas y aplicadas (Sanmartí, 2000).

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Consideremos ahora la flexibilidad y autonomía que le permiten al docente, teniendo en cuenta que ya no es “camisa de fuerza” seguir al pie de la letra las orientaciones o programas curriculares oficiales, ya que se parte de la lectura diagnóstica del contexto, de las cualidades y estilos de aprendizaje de los estudiantes, de las concepciones alternativas encontradas, entre otros factores; centrándose en el proceso y rol de los estudiantes, quienes construyen su propio conocimiento, y resaltar el rol del docente, promover ese proceso constructivo, por medio de diferentes estrategias metodológicas como la unidad didáctica (Sanmartí, 2000).

Razones por las cuales en este trabajo de profundización se consideran las recomendaciones y estrategias de Jorba & Sanmartí (1994) y Sanmartí (2000), para el diseño de unidades didácticas, en ellas se reflexionan seis criterios a tener en cuenta, de forma implícita o explícitamente:

1. Criterios para la definición de finalidades de la enseñanza /objetivos: ideas-matriz acerca de las finalidades de la enseñanza científica, que se considera importante enseñar, sobre cómo aprenden mejor los alumnos y sobre cómo es mejor enseñar. Estas permiten definir los objetivos generales de la unidad didáctica.
2. Criterios para la selección de contenidos: contenidos significativos a enseñar, justificando cuáles deben ser y qué características deben tener para que posibiliten la comprensión de los fenómenos estudiados. Para la selección es necesario reflexionar sobre: a) los tipos de contenidos, b) las relaciones entre la ciencia de los científicos y la ciencia escolar y c) significado social de estos contenidos.
3. Criterios para organizar y secuenciar los objetivos: selección de temáticas o ideas para organizar y secuenciar los contenidos.
4. Criterios para la selección y secuenciación de actividades: El profesor o profesora formula hipótesis sobre cuál puede ser el mejor itinerario de actividades para sus alumnos con el objetivo de que aprendan (posibilitando que los estudiante accedan al conocimiento), tomando en cuenta los conocimientos, características y diversidad de sus alumnos o variables como tiempo y material disponible.
5. Criterios para la selección y secuenciación de actividades de evaluación: Analizar qué aspectos son importantes de evaluar y diseño de actividades de evaluación.

6. Criterios para la organización y gestión del aula: Organización y gestión de las actividades realizadas en el aula, formas de organizar al grupo, distribución de tiempo y espacios, en función de favorecer la comunicación en el aula y atender la diversidad del alumnado. (Muñoz, 2010, p. 42)

Estas recomendaciones y criterios estrategias se seleccionaron ya que se consideran adecuadas para reflexionar, plantear, diseñar y aplicar una nueva orientación didáctica, mejorando el proceso de enseñanza y aprendizaje del estudiante, que incluya actividades que favorezcan el desarrollo de competencias de pensamiento científico, una actitud más analítica, crítica del conocimiento y su construcción, así como la adquisición y construcción de saberes en profundidad.

2.3.2 Descripción de la secuenciación y actividades de la unidad didáctica

A continuación se describen las actividades a realizar considerando las recomendaciones de Jorba y Sanmartí (1994) y Sanmartí (2000) y su respectiva secuenciación en el diseño de la unidad didáctica, de tal manera que cumplan el siguiente orden:

I. Iniciación, exploración, explicación de planteamientos de problemas o hipótesis iniciales.

Son actividades motivadoras que buscan facilitar en los estudiantes el planteamiento de preguntas o problemas a estudiar, puesto que no cuentan con la suficiente información para responder con sus propias ideas o modelos mentales; se tratará que ellos expliciten sus representaciones sobre los conceptos que se desarrollarán en la unidad didáctica (Quintanilla, Merino, & Daza, 2010). A través de estas actividades se elabora una presentación inicial de los objetivos del trabajo, analizando situaciones simples y concretas cercanas al contexto del vivir diario de los estudiantes. Por lo tanto, es importante que los estudiantes perciban que sus ideas son valoradas positivamente y que se reconozcan los diversos puntos de vista (Muñoz, 2010).

II. Introducción de nuevos conocimientos.

Estas actividades buscan orientar y facilitar en los estudiantes la identificación de nuevos puntos de vista con relación al tema estudiado, formas de abordar y de resolver problemas o tareas que le permitan definir los conceptos, las relaciones entre los conceptos anteriores y los nuevos (Jorba & Sanmartí, citado por Vasco, 2014). Son actividades que promueven la introducción de nuevas variables, de identificación de otras formas de observar y de explicar, en consonancia de las experiencias que propicien la observación, explicación, representación y reflexión de la naturaleza de las sustancias analizadas (Muñoz, 2010).

III. Sistematización: Estructuración del conocimiento, actividades de síntesis, elaboración de conclusiones, confrontación.

Con el propósito que los estudiantes expliciten lo que están aprendiendo, analicen cómo lo están haciendo, elaboren conclusiones y reconozcan y diferencien ideas (Quintanilla et al., 2010), se plantean actividades que ayuden al estudiante a construir el conocimiento, generalmente guiado por el docente y siempre es consecuencia de la interacción con los compañeros de clase. Se espera presenten evolución en sus ideas y deberán ser capaces de integrar información significativa en forma sintetizada (Muñoz, 2010).

IV. Aplicación.

Son actividades que están orientadas para que los estudiantes utilicen el nuevo aprendizaje o conocimiento construido, a partir de situaciones reales, del contexto, concretas, simples o complejas para interpretar la realidad (Jorba & Sanmartí citado por Vasco, 2014); donde se originarán nuevas preguntas e interrogantes, abriendo así un nuevo ciclo de aprendizaje (Quintanilla et al., 2010). De allí que los estudiantes logren identificar los alcances y limitaciones de los modelos, leyes y teorías propuestas, así como la socialización de ideas para propiciar la comparación y reestructuración de las mismas (Muñoz, 2010).

V. Evaluación

Como lo describe Jorba & Sanmartí (1994):

Relacionada con los estilos, ritmos y procesos de aprendizaje de cada uno de los estudiantes, partiendo del diagnóstico en un primer momento, procesual durante el tiempo y al final de la intervención, todo esto a partir de las prácticas de laboratorio, instrumentos y herramientas diseñadas para el aprendizaje de los enlaces químicos. (p.319)

2.3.3 Criterios para la organización y gestión del aula

En el diseño de la unidad didáctica se deben establecer criterios para organización y gestión de la clase, enfocados a crear espacios de aprendizaje que permitan ambientes de clase y valores favorables a la verbalización de ideas y formas de trabajo (Sanmartí, 2000), está pensada de forma cooperativa. Es decir, prever la logística del grupo, distribución del tiempo y del espacio, ya que se espera que los estudiantes se ayuden y que la responsabilidad de los aprendizajes sea compartida entre los equipos y la clase.

Otros criterios para la organización y gestión en el aula como lo describe Muñoz (2010), son los siguientes:

- Durante todo el proceso de modelaje se considera al profesor como guía, mediador, asesor, motivador del conflicto y monitor del proceso de aprendizaje.
- Considera a los estudiantes como los sujetos más importantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Se considera las habilidades cognitivas y sociales de los estudiantes.
- Se propicia la reflexión dentro del salón de clases.
- Se enfoca los recursos didácticos de acuerdo al tema.
- Se da seguimiento a las actividades realizadas a fin de detectar los errores y retroalimentar el aprendizaje.
- Se promueve un marco de respeto hacia las ideas de los estudiantes.

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

- Se promueve la participación activa de los estudiantes y el trabajo en equipo.
- Se concibe el aprendizaje como un sistema dinámico, auto-regulado con procesos y resultados.
- Se promueve la confrontación de ideas frente al grupo (argumentación).
- Se favorece la metacognición, ya que el estudiante está consciente de su propio proceso de aprendizaje. (p. 49)

2.4 TIC en la enseñanza de las ciencias

Con la invención e innovación de nuevas tecnologías como celulares inteligentes, tabletas, computadores portátiles de avanzada, internet, páginas web, redes sociales y una gran cantidad de herramientas virtuales (Herrera, 2014), ha causado un gran impacto en la sociedad, generando una “REVOLUCIÓN DIGITAL”.

Kofi Annan (citado por Bustamante, 2013), considera que las tecnologías de la información y comunicación (TIC) “pero pueden mejorar la vida de todos los habitantes del planeta, instrumentos que harán avanzar la causa de la libertad y la democracia y de los medios necesarios para propagar los conocimientos y facilitar la comprensión mutua”. (p. 17)

De ahí la consideración de incluir en el proceso de enseñanza y aprendizajes de las ciencias la dimensión tecnológica, permitiéndole a los estudiantes reflexionar sobre la utilización de la tecnología, las posibles ventajas y desventajas que trae su aplicación y constante innovación (Montoya, 2010).

Maiztegui et al., (Citado por Montoya, 2010), habla de los diferentes aportes de las TIC en algunas ciencias como:

“didáctica (favorecer un aprendizaje más significativo, facilitar la conexión con la vida cotidiana, contextualizar la ciencia con las relaciones CTS, etc.), epistemológica (mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnociencia contemporáneas) y sociales (a la hora de tomar decisiones con fundamento sobre cuestiones tecnocientíficas de interés social”. (Citado por Montoya, 2010, p. 1)

Gras-Martí & Cano (citado por Montoya, 2010), consideran que las TIC pueden contribuir de dos maneras en particular en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias: en aplicaciones prácticas y en aplicaciones constructivas. La primera, como el uso de ordenadores o computadores, con los cuales el estudiante puede demostrar, simular, analizar o estudiar algún fenómeno o proceso establecido, permitiendo una participación activa y operacional, generando motivación e interés por el aprendizaje de las ciencias, liberándolos de actividades tediosas. Respecto a la segunda, le permite a parte al estudiante explorar, crear o reestructurar su conocimiento, siempre y cuando se les proporciona herramientas y guías de estudio adecuadas.

En cuanto a lo antes señalado, Marco-Stiefel (citado por Montoya, 2010), identifican cinco elementos de mejora de la enseñanza de las ciencias incorporando herramientas TIC, valiosas para el aprendizaje de los estudiantes, pues permiten:

Visualizar algo que no se ve a simple vista, interaccionar promoviendo esta interacción alumnado-profesorado o alumno-alumnos, reflexionar apoyando un aprendizaje significativo, autentificar el asombro del alumnado a escenarios reales y por último, practicar promoviendo la cantidad y la calidad de la práctica de los estudiantes. (p. 2)

Lo hasta aquí mencionado, son razones por las cuales se permita generar cambios en el ámbito educativo, contexto escolar, ya que el uso de TIC puede mejorar la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje. Dado que en la práctica, en ocasiones, el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias que se vivencia en el aula de clase, se torna monótono y reduciendo el rol del docente a “una mera transmisión y reproducción de

conocimientos carentes de valor sin una contextualización adecuada por el estudiante” (IES, 2007, citado por Herrera, 2014), resultando aburrida y olvidada en poco tiempo.

No se trata solo de cambiar o complementar recurso tradicionales como el lápiz, el papel, el cuaderno, las guías (fotocopias), los libros y el tablero por el computador, internet, las tabletas, los televisores, tableros interactivos o inteligentes, blogs, video-audios, el video beam, entre otros, sino de capacitar y formar al estudiante en saber utilizar los recursos y herramientas (IES, 2007, citado por Herrera, 2014), construyendo su propio conocimiento, participes y activos en el proceso de enseñanza y aprendizaje, comprendiendo el mundo que les rodea, en los que pueda modelar la realidad y aplicarla al contexto cotidiano (Herrera, 2014).

En general, “Las clases con herramientas virtuales aumentan la motivación de los jóvenes, los atrae, hace que las clases sean atractivas, prácticas e interactivas, más visuales y promueven el uso de la imaginación y la creatividad, un mejor ambiente de trabajo y más participación” (Herrera, 2014, p. 67-69).

Sin embargo, al integrar las TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje, se esperaría, como lo menciona Acevedo & Vázquez (2004), poseer una visión más adecuada de la ciencia, a partir de las necesidades encontradas en la práctica docente, reformulando la educación científica, planeando y ejecutando nuevas estrategias metodológicas.

3. Metodología

3.1 Enfoque del trabajo

Hernández, Fernández & Baptista, (1997), caracterizan al estudio descriptivo como aquel que a partir de la selección de una serie de cuestiones y medición de cada una de ellas, de manera independiente, se pueda describir situaciones o eventos, esto es, decir cómo es y cómo se manifiestan determinado fenómeno. Dankhe (citado por Hernández, et al., 1997) propone que los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis.

En cuanto al enfoque cuantitativo, Hernández et al., (1997) considera que usa para la recolección de datos con el fin de verificar hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico, estableciendo patrones de comportamiento.

Por lo cual, el presente trabajo de profundización se realizó bajo un enfoque cuantitativo-descriptivo ya que a partir de la medición numérica (instrumento -test- de exploración) y análisis estadístico en forma de porcentajes y gráficos, y la interpretación de los mismos, se pretende identificar las ideas previas, modelos explicativos y obstáculos epistemológicos sobre el concepto enlace químico, y así poder determinar el mejor diseño de unidad didáctica para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de dicho concepto.

3.2 Contexto del trabajo

La Institución Educativa Juan XXIII se encuentra ubicada en el corregimiento de Padua, en el municipio de Herveo, departamento del Tolima, de carácter oficial con calendario académico A. En la actualidad la Institución cuenta con una población aproximada de 690 estudiantes, distribuidos desde preescolar hasta la media académica.

La población objeto de estudio son 28 estudiantes del único grado 10° de la Institución, con edades oscilantes entre los 14 y 17 años de ambos géneros (13 hombres y 15 mujeres), pertenecientes a niveles socio-económicos con estratificación 1, 2, 3.

3.3 Etapas del trabajo

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados en el presente trabajo de profundización se establecerán las siguientes fases y actividades:

Tabla 4. Etapas del trabajo de profundización

FASE	OBJETIVO	ACTIVIDADES
Fase I: Diagnóstica	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un instrumento para explorar las ideas previas de los estudiantes, a partir de una revisión histórico-epistemológica del 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis del contexto educativo. • Identificación del problema. • Planteamiento de los objetivos. • Plantear la metodología. • Revisión bibliográfica de antecedentes.
Fase II:		<ul style="list-style-type: none"> • Revisión histórica-epistemológica del

Elaboración de instrumentos de recolección de información.	concepto Enlace Químico, en el que se evidencien los modelos explicativos y los obstáculos epistemológicos.	concepto Enlace Químico. <ul style="list-style-type: none"> • Descripción de los modelos explicativos y obstáculos epistemológicos. • Elaborar un instrumento de ideas previas.
Fase III: Aplicación del instrumento de ideas previas	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar mediante la aplicación de un instrumento las ideas previas, los modelos explicativos y los obstáculos epistemológicos que presentan los estudiantes sobre el concepto Enlace Químico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación del instrumento de ideas previas. • Análisis de la información recolectada del instrumento de ideas previas. • Identificación de los modelos explicativos y obstáculos epistemológicos del concepto Enlace Químico. • Establecer actividades para superar los obstáculos epistemológicos del concepto Enlace Químico.
Fase IV: Diseño de la unidad didáctica.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar una unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico a partir del análisis de las ideas previas, los modelos explicativos y los obstáculos 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar una unidad didáctica para mejorar el proceso enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico en estudiantes del grado décimo.

	epistemológicos hallados en los estudiantes del grado décimo.	
--	--	--

FASE 1: Diagnóstica

Se realiza un estudio de campo con el fin de caracterizar el contexto educativo, como lo es: las instalaciones (infraestructura) de la institución, recursos físicos y humanos, metodología empleada, condiciones socioculturales y económicas de los estudiantes, determinando como se realiza el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en estudiantes de la Institución.

A partir del diagnóstico del contexto educativo, se identifican los problemas o situaciones a intervenir para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, específicamente del concepto enlace químico, planteándose una posible solución o minimización del impacto dentro del contexto escolar educativo.

Con base a los problemas identificados y planteados, se establecen los objetivos del trabajo que permitan la consecución de los resultados esperados. Es por esto que se proyecta diseñar una unidad didáctica para mejorar el proceso enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico en estudiantes del grado décimo, a partir de la aplicación de instrumento de exploración y del análisis de las ideas previas, los modelos explicativos y los obstáculos epistemológicos hallados en la población objeto de estudio.

Finalmente se hará una revisión bibliográfica de antecedentes, cualificando investigaciones donde se estudien casos similares, como el contexto, situación problema, metodología, estrategias empleadas para superar los obstáculos epistemológicos o modelos explicativos, y así lograr cumplir los objetivos propuestos y obtener los resultados deseados.

FASE 2: Elaboración de instrumento de recolección de información.

Para la elaboración del instrumento de recolección de la información (diseño y fundamentación), se realiza una consulta y selección de referentes bibliográficos que expliciten y evidencien la evolución histórica y epistemológica del concepto enlace químico; en la cual se caracterizan los diferentes tipos de enlace, detallando la teoría o modelo explicativo que lo sustenta, además de los conceptos previos o Leyes que deben de emplearse para predecir y argumentar los mismos.

Por otra parte, a partir de la revisión histórica-epistemológica se sintetizarán las principales concepciones alternativas o ideas previas que se posean sobre el concepto enlace químico, su correspondiente obstáculo epistémico, enmarcadas o caracterizadas en un modelo explicativo.

Con base en los análisis de la información recopilada, se elabora un instrumento de exploración de ideas previas o concepciones alternativas, para determinar en los estudiantes objeto de estudio el punto de partida, es decir, qué concepciones correctas o por mejorar poseen, que tanto coincide las respuestas con la de otras investigaciones realizadas, y así poder establecer el diseño metodológico que satisfaga las necesidades o alcance los objetivos propuestos.

El instrumento diseñado y validado por experto, cuenta con 10 preguntas de selección múltiple, dos de ellas con múltiples respuestas correctas y 8 con única respuesta correcta.

El instrumento se caracteriza por:

- La pregunta una y dos, son de selección múltiple con múltiple respuesta correcta. En esta, se pretende conocer como conciben los estudiantes lo que sucede cuando ocurre una transformación espontánea de la materia, sea en términos físicos

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

(cambios de estado de agregación de la materia) o químico (reacciones, ruptura y formación de enlaces químicos). Igualmente se explora sobre la Ley de la conservación de la materia, pues tras darse una transformación espontánea, los estudiantes pueden concebir que la materia (sustancia) pueda aumentar, disminuir o quedar inalterada.

- De la pregunta 3 a la 10, corresponden a preguntas de selección múltiple con única respuesta. El objetivo de las preguntas en mención es determinar el grado de apropiación, explicación y representación en modelos (didácticos y científicos) de conceptos fundamentales para comprender enlace químico, como son: estructura o fórmulas de Lewis, Ley del octeto, electronegatividad, distribución electrónica, electrones de valencia, niveles o capas de energía. Así mismo se busca conocer como caracteriza, a partir de sus propiedades, los tipos de enlace químico: el iónico, el covalente y el metálico; además de los modelos explicativos o teorías de enlace como: electrostático, electrovalencia, RPECV, enlace de valencia, orbital molecular, bandas.

En la pregunta 3, se explora por la concepción que posean los estudiantes frente al enlace químico, al igual que la teoría electrostática o electrovalencia.

En la pregunta 4, se pretende determinar cómo representan la estructura del enlace químico mediante las simbologías de Lewis.

En la pregunta 5, tiene como finalidad identificar conceptos como: enlace covalente por la compartición de electrones; polaridad de las moléculas debido a la atracción mayor de electrones por parte de un átomo que a otro por ser más electronegativos; la teoría de enlace de valencia; aplicar la Ley del octeto para alcanzar la estabilidad molecular; relacionar y diferenciar los electrones de valencia con los de configuración electrónica.

En la pregunta 6, se describe como se da la formación de un enlace de tipo covalente, con la cual se espera que el estudiante explique con base a la teoría orbital molecular, comparando y caracterizando el orbital atómico del orbital molecular.

En la pregunta 7, se representa la densidad electrónica de una sustancia (HCl), con la cual se especifica que los átomos presentan una nube electrónica, en donde existe la mayor probabilidad de encontrarse un electrón. A partir de ello, observar cómo se polariza la sustancia, evidenciando la existencia del enlace covalente polar, siendo la electronegatividad la principal propiedad periódica atómica a tener en cuenta para su formación.

En la pregunta 8, se plantean diferentes modelos materiales para explicar la disolución de un sólido cristalino como lo es el cloruro de potasio en agua. Se espera que los estudiantes puedan explicarlo a partir de las propiedades del enlace iónico, ya que como se observa, se da la formación de iones, de tener una forma de red cristalina en estado sólido, entre otros.

En la pregunta 9, se indaga por las ideas previas que poseen los estudiantes al momento de representar (modelos materiales) la estructura molecular de una sustancia de interés (NaCl), a partir del tipo de enlace que forman. Adicionalmente, se pretende que los estudiantes diferencien la forma en que se escriben las formulas, ya sea para moléculas (enlace covalente), o para iones, formando redes (enlace iónico y metálico).

En la pregunta 10, se describe y representa un fenómeno cotidiano, en la cual se caracteriza por la conductividad eléctrica, con el objetivo de identificar y caracterizar el enlace metálico, así mismo, emplear la teoría de bandas para explicar dicho fenómeno con sus respectivas propiedades.

FASE 3: Aplicación del instrumento de ideas previas

La aplicación del instrumento de exploración de ideas previas se realizó el 9 de Febrero de 2016, en las instalaciones de la Institución Educativa Juan XXIII, en el salón de clase correspondiente a grado décimo. La población objeto de estudio fueron 28 estudiantes.



Figura 2. Aplicación del instrumento de exploración de ideas previas

Cabe señalar que al momento de aplicar el cuestionario aún *no* se explica o enseña el tema de enlace químico, y tampoco se realiza la intervención didáctica al grupo experimental.

Para un mejor análisis, se presentará gráfica y estadísticamente, en forma de porcentajes, los resultados de cada pregunta del cuestionario de ideas previas de forma individual. (Capítulo 4)

Algunas de las principales ideas previas y obstáculos epistemológicos que se hallaron sobre el concepto enlace químico en estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Juan XXIII, a partir de la aplicación del instrumento fueron:

- Reconocen como enlace químico, aquella atracción generada por la formación de cargas, prevaleciendo el modelo electrostático.

- Confusión o concepción parcial del concepto de electronegatividad, electrones de valencia y configuración electrónica.
- No hay coherencia en la aplicación o generalización de la Ley de la conservación de la materia, para los diferentes fenómenos planteados.
- Dificultad al representar y explicar mediante modelos materiales la estructura de las moléculas a partir del tipo de enlace que forman.
- Carencia de argumentos al momento de explicar la teoría orbital molecular y la teoría de bandas, con base en las propiedades de las sustancias o fenómenos que se describen y que están formadas por enlaces covalente y metálico, respectivamente. (Capítulo 4, para más detalles)

Por último, se plantearon diferentes actividades con el fin de ir superando cada una de las ideas previas y obstáculos epistemológicos identificados, entre las que se destaca el uso de herramientas TIC, como estrategia motivadora e innovadora en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Algunas de las actividades planteadas (Capítulo 5) son:

- Elaboración de modelos materiales didácticos, en la cual el estudiante represente la estructura interna del átomo, los orbitales o niveles de energía, formación de moléculas (enlace covalente), explicación y aplicación de la Ley del octeto, con base en el video “¿Qué son los enlaces químicos? ¿qué tipos de enlaces químicos existen? Enlaces químicos EA”. (Capítulo 5, secuencia II, momento 1, actividad 1)
- Construcción, reestructuración y aplicación de los conceptos en la utilización de simuladores (Phet) para representar la formación y predicción de enlaces químicos, polaridad de una molécula, entre otras. (Capítulo 5, secuencia III, actividad 1)

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

- Contextualización de lo teórico-abstracto en lo real-concreto, mediante la comprobación práctica (laboratorio) de las diferentes propiedades que presentan las sustancia según el enlace químico que forme. (Capítulo 5, secuencia IV, actividad 1)

FASE 4: Diseño de la unidad didáctica

El diseño de la unidad didáctica para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico en estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Juan XXIII, estará enmarcada en el ciclo didáctico propuesto por Jorba & Sanmartí (1994) y criterios de selección de actividades en las unidades didácticas de Sanmartí (2000), empleando las recomendaciones y secuencias a desarrollar. Para lograrlo, se partirán de las necesidades educativas de los estudiantes encontrados en el diagnóstico de campo y en el test de exploración de ideas previas, puntualizando las actividades didácticas más apropiadas en cada una de la secuencia de la unidad didáctica, como lo son (Jorba & Sanmartí, 1994, p. 319)

- Actividades de exploración, en la cual los estudiantes se plantean cuestiones o expresan su información sobre el concepto enlace químico. Además nos permitirá identificar las ideas previas y los obstáculos epistemológicos que estos posean.

En la primera parte de la unidad didáctica sobre enlace químico se emplean diferentes estrategias y recurso como lecturas, videos, simuladores, objetos virtuales de aprendizajes (OVA), páginas web interactivas, con el fin alcanzar progresivamente una conceptualización y lenguaje teórico-simbólico propio de química, a partir de un lenguaje y situaciones (fenómenos) cotidianos.

- Actividades de introducción de conceptos, en donde el educando relaciona los conocimientos anteriores y los nuevos, al igual que nuevas formas de resolver problemas o de abordarlos desde diferentes puntos de vistas.

Con el fin de introducir nuevos conocimiento o variables en el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico mediante la unidad didáctica, se incorporaron experiencias de cátedra y virtuales, actividades experimentales que permitieron la observación, explicación, representación y reflexión sobre los diferentes tipos de enlace químico, se elaboran modelos materiales bidimensionales y tridimensionales, facilitándole a los estudiantes explicitar sus aprendizajes, sus puntos de vista y sus conclusiones.

- Actividades de estructuración del conocimiento, proceso guiado por el profesor, el estudiante construye su propio conocimiento con ayuda de la interacción con sus compañeros de clase.

En la tercera secuencia de la unidad didáctica se llevaran a cabo actividades de diseño y comprobación de los conceptos y teorías que fundamentan el enlace químico, empleando herramientas TIC como simuladores y laboratorios virtuales para facilitar su comprensión, ya que permite al estudiante modelar a partir del objeto o sustancia de experiencia y desarrollar habilidades de abstracción de ideas, pasando de un plano abstracto-teórico a una concreto-real, y así explicitar lo aprendido, los cambios o complementación de sus puntos de vista, sus conclusiones sobre las estructuras y propiedades de las sustancias, integración de diversos códigos de representación y selección de materiales (Muñoz, 2010).

- Actividades de aplicación, permitiendo al estudiante contextualizar o llevar a la realidad en forma práctica la aplicación del concepto o procedimientos aprendidos sobre el enlace químico.

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Las actividades de aplicación pretenden comparar la fundamentación teórica/virtual con la realidad, llevando a cabo prácticas de laboratorio, en la cual el estudiante caracterizará y analizará sustancias cotidianas, determinando su tipo de enlace a partir de las propiedades observadas.

- Evaluación, esencial para determinar los avances de los estudiantes relacionados con sus estilos, ritmos y procesos de aprendizajes, partiendo desde un primer momento diagnóstico, procesual durante el tiempo y al final de la intervención.

En la evaluación se pretende que los estudiantes diferencien entre los modelos materiales, contruidos por ellos y los científicos (secuencias unidad didácticas), que generalmente explican más fenómenos. Lo anterior no quiere decir que los modelos materiales elaborados por ellos estén mal, o que sean falsos, simplemente su capacidad de explicación es menor cuando se los compara con aquéllos contruidos por los expertos a lo largo de muchos años de trabajo e investigación (Muñoz, 2010).

Por lo cual se llevará a cabo un cuestionario KPSI y preguntas metacognitivas con el objeto que los estudiantes realicen la autorregulación de su aprendizaje, adicional a las diferentes actividades cognitivas, procedimentales y comportamentales incluidas en cada una de las diferentes secuencias de la unidad didáctica.

4. Análisis de resultados

A continuación se reportan los resultados y los análisis de cada pregunta obtenidos a partir de la aplicación del cuestionario (anexo 1), el cual tiene como objetivo identificar las ideas previas, modelos explicativos y obstáculos epistemológicos que poseen los estudiantes sobre el concepto de enlace químico.

Pregunta 1. (Selección múltiple con múltiple respuesta)

La figura 3 representa el estado inicial de un sistema, donde X son átomos de un mismo elemento. Suponiendo que ocurra una transformación espontánea, ¿cuál o cuáles de las siguientes figuras crees tú que sería la representación del estado final del mismo? (Modificada de Riboldi, L., Pliego, O., & Odetti, H, 2004, p.202)

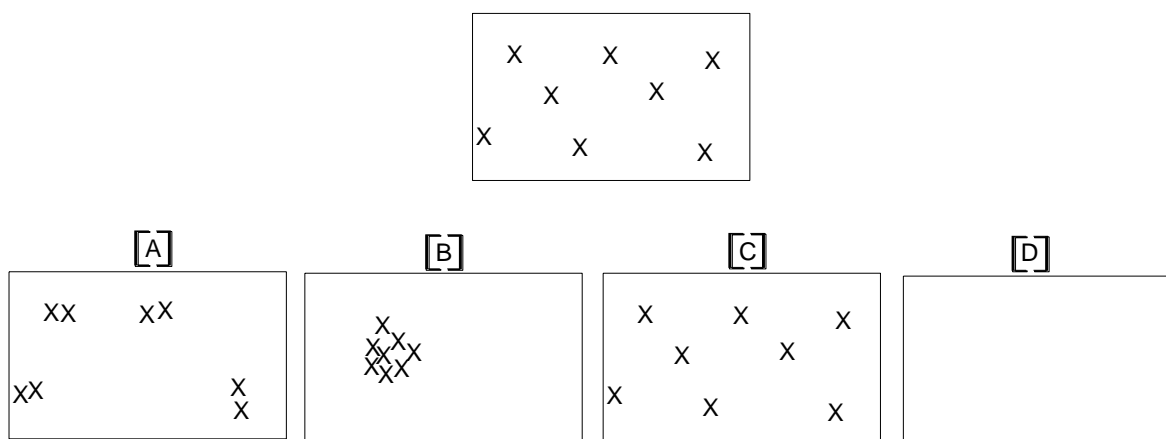


Figura 3. Representación inicial y final del sistema

La pregunta uno tiene como objetivos:

- a) Identificar las ideas de los estudiantes sobre el estado final que alcanza espontáneamente un sistema formado inicialmente por átomos aislados de un mismo elemento, cumpliendo la ley de la conservación de la materia.
- b) Determinar los obstáculos epistemológicos que presentan los estudiantes al concebir la transformación espontánea de la materia, en un sistema formado inicialmente por átomos aislados de un mismo elemento.

Los resultados obtenidos de la primera pregunta por parte de los estudiantes se muestran en la figura 4.

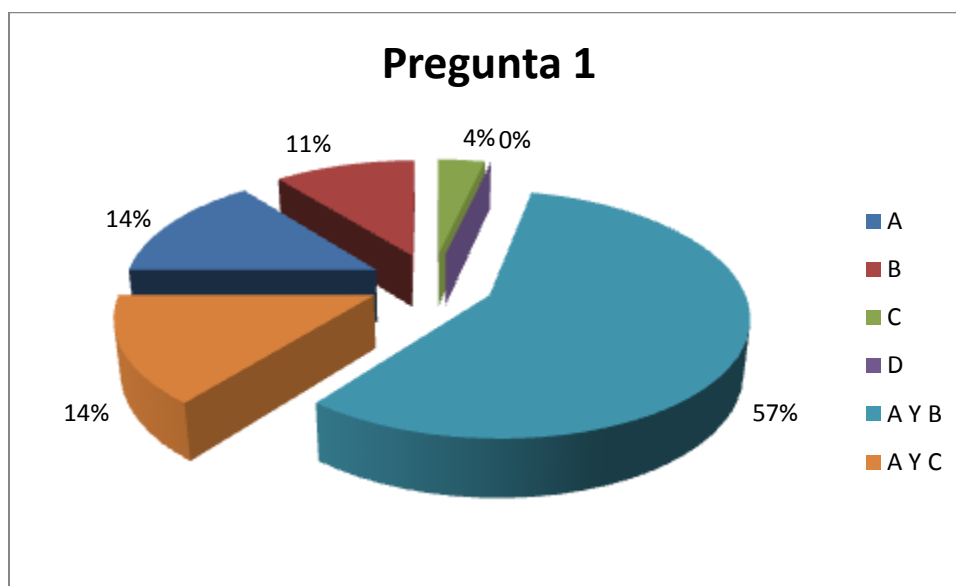


Figura 4. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la primera pregunta del cuestionario de ideas previas

La pregunta está planteada en un plano abstracto bidimensional, ya que no se especifica la identidad de los átomos presentes en el sistema. Se pretende que el estudiante logre razonar, como lo menciona Riboldi et al., (2004, p. 206), en un plano ideal sobre construcciones mentales

que interpretan la realidad; y es en tal nivel donde parece pertinente averiguar qué concepciones tiene.

La respuesta correcta son las opciones A y B para ambos estados finales; y es la opción en la cual mayoría de los estudiantes, con un 57% aproximadamente, consideran es el estado final del sistema formado inicialmente por átomos aislados de un mismo elemento.

Así mismo, hay que tener en cuenta el 14% de los estudiantes que respondieron como opción correcta la A y un 11% la opción B, en vista de que la elección de una de estas opciones sería parcialmente correcta.

Los estudiantes que han elegido la opción A, probablemente lo hicieron porque pensaron o han visto la representación de una sustancia simple que forma moléculas diatómicas (como el H_2 , N_2 , O_2 , etc.). No obstante, el estudiante pudo haber considerado que el sistema sufre una transformación espontánea, por lo cual, la materia (átomos de identidad desconocida) llevan a cabo una reacción obteniendo nuevas sustancias a partir de la formación de enlaces entre dichos átomos.

El razonamiento que realiza el estudiante que ha elegido la opción B, tal como lo describe Riboldi et al., (2004, p. 206), es la representación de un cristal covalente (como el diamante o el grafito) o considerar que se trata de moléculas poliatómicas de sustancias simples (como el S_8 o el P_4), aunque la representación no coincide con ellas. También el estudiante asume que ocurrió un cambio de estado de agregación, acorde con la disposición y organización de los átomos en el sistema, en el cual en estado inicial estaría en un estado de agregación gaseoso o líquido, mientras que en el estado final estaría en un estado de agregación sólido.

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Para el caso de los estudiantes que han elegido la opción C (4%) o la combinación de esta (A y C, con un 14%) como respuesta correcta, no tienen presente las condiciones del fenómeno, en donde el sistema sufre una transformación espontánea, por ende, la representación del estado final del sistema debería presentar algún cambio (físico o químico), el cual no se observa en dicha representación, por lo tanto, no hay coherencia de la respuesta con lo que se plantea en el fenómeno descrito.

Finalmente, ningún estudiante eligió como opción de respuesta la D, en la que el sistema se representa como si los átomos de identidad desconocida desaparecieran, es decir, si se destruyese la materia, lo cual no es posible, Babor & Ibarz (1978) lo describen:

Lomonosov (1745) “La masa de un sistema permanece invariable cualquiera que sea la transformación que ocurra dentro de él; esto es, en términos químicos, la masa de los cuerpos reaccionantes es igual a la masa de los productos en reacción”, Lavoisier (1785) “la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma”.

Así que podemos determinar que hay comprensión por parte de los estudiantes de dicha Ley en el fenómeno planteado.

Pregunta 2. (Selección múltiple con múltiple respuesta)

A partir de la opción de respuesta elegida en la pregunta anterior, según tu razonamiento, ¿Qué crees que ocurrió? Justifique tu respuesta. (Modificada de Riboldi et al., 2004, p.202)

A. Cambio de estado de agregación.

B. Enlace químico.

C. Se destruye la sustancia.

D. No hay alteración del sistema.

Justificación: _____

La pregunta dos tiene como objetivo:

Especificar por parte del estudiante, si el fenómeno ocurrido en la pregunta 1 se debe a un cambio químico, físico o ambos.

Los resultados obtenidos de la segunda pregunta por parte de los estudiantes se muestran en la figura 5.

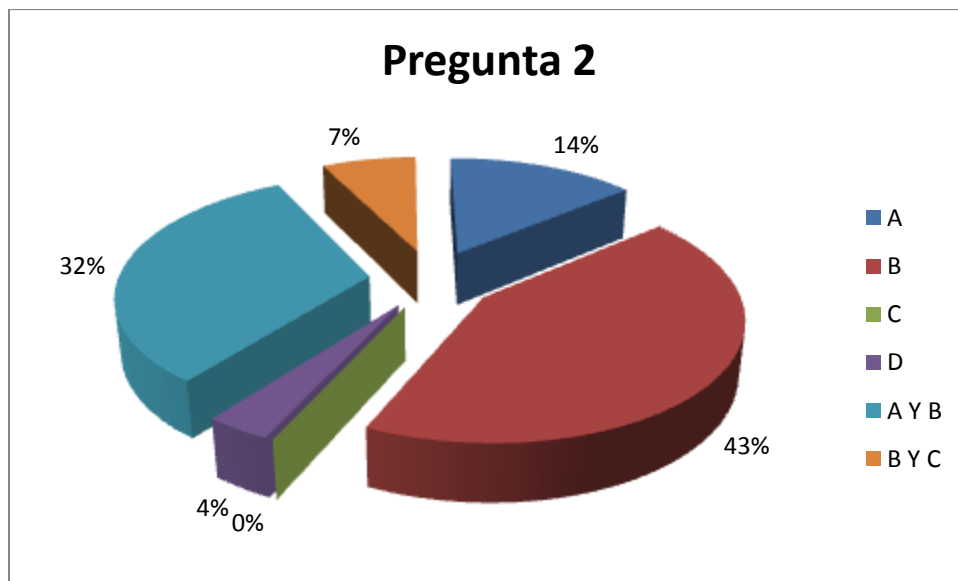


Figura 5. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la segunda pregunta del cuestionario de ideas previas

Las opciones A y B conjuntamente son la respuesta correcta, en caso de que escoja una de las dos opciones sería parcialmente correcta la respuesta.

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

El 32% de los estudiantes considera que la explicación a lo ocurrido en el fenómeno descrito en la figura 3 corresponde a la opción A y B, es decir, a un cambio de estado de agregación y/o formación de una molécula diatómica debido a la formación de un enlace químico; tal como se expone y analiza en la pregunta 1.

El 14% de los estudiantes elige la opción A, quienes tienen en cuenta la posibilidad de un cambio de estado de agregación debido a que hay una mayor condensación de los átomos en el sistema, ya sea por la disminución de la temperatura o aumento de la presión (disminución del volumen); o la formación de moléculas poliatómicas.

Por el contrario, la opción B con un 43% de las respuestas elegidas por los estudiantes, conciben una reacción química entre átomos de un mismo elemento, dando lugar a la formación del enlace químico, principal justificación de lo sucedido en el sistema.

En el caso de los estudiantes que han elegido la opción C o la combinación de esta (B y C, con un 7%) y la opción D (4%), la respuesta es incorrecta. Se evidencia la no comprensión de la Ley de la conservación de la materia. En la opción C, conciben dicha transformación como destrucción de la materia inicial, donde no aplican esta Ley clásica de la química. Para la opción D, los estudiantes tienen en cuenta la cantidad de masa, más no el estado final, que es invariable al inicial, lo cual, luego de una transformación espontánea debe sufrir alguna alteración (física o química).

Hay que mencionar, la situación particular de estudiantes quienes presentan obstáculos epistemológicos similares a los hallados por Riboldi et al. 2004 como se describe en la tabla 5:

Tabla 5. Relación de obstáculos epistemológicos hallados en el trabajo de profundización frente a los reportados por Riboldi et al., (2004).

Encontrados en el test de exploración	Encontrados por Riboldi et al. 2004
No razona sobre la posibilidad que ocurra un enlace químico entre átomos de un mismo elemento, pero si la del cambio de estado de agregación en el estado final del sistema.	Justifica la posibilidad de un cambio de estado de agregación como la de un enlace químico puede llevar al estado final del sistema, pero no considera que un enlace químico pueda dar lugar al estado final.
Considera férreamente que el estado final del sistema de la pregunta 1 se debe a la formación del enlace químico, pero no justifica la razón por lo cual ocurre o deja en entre dicho que se debe a la estabilidad, probablemente por formar moléculas diatómicas. En algunos casos se menciona la atracción o estabilización por cargas. Las cuales no se evidencian.	No considerar la posibilidad de un cambio de estado de agregación en los estados finales del sistema de la pregunta 1, pero lo asocia a la formación del enlace químico entre los átomos. Probablemente conciba la formación de moléculas diatómicas y cristales covalentes entre átomos de un mismo elemento.
No tener la certeza de cuando se piensa sólo en la formación del enlace químico suponer que la transformación espontánea del sistema también se debe a un cambio de estado de agregación.	Tampoco tiene en cuenta que un enlace químico puede llevar al estado final del sistema como se representa en la opción A de la pregunta 1, porque posiblemente imagine que entre átomos de un mismo elemento se dé la formación de moléculas diatómicas pero no de cristales covalentes o cambio de estado de agregación, como lo representa la opción B de la pregunta 1.

Tabla 5: (Continuación)

<p>Comprensión parcial o nula de la Ley de la conservación de la materia, ya que concibe la transformación espontánea del sistema como destrucción de los átomos de identidad desconocida.</p>	<p>Tampoco tiene en cuenta que un enlace químico puede llevar al estado final del sistema como se representa en la opción A de la pregunta 1, porque posiblemente imagine que entre átomos de un mismo elemento se dé la formación de moléculas diatómicas pero no de cristales covalentes o cambio de estado de agregación, como lo representa la opción B de la pregunta 1.</p>
--	---

Cabe destacar que en la pregunta 2 el 89% de los estudiantes, sea completa o parcialmente correcta la respuesta, aciertan y explican lo sucedido en el fenómeno planteado en la figura 3, debido a unos cambios químicos, físicos o ambos; comparado con el 82% obtenido en la pregunta 1, en la que se pretende que el estudiante razone en un plano ideal sobre construcciones mentales que interpretan la realidad; lo dicho hasta aquí supone, de manera general, la coherencia entre la predicción y explicación de lo ocurrido en el estado final del sistema, conformado por átomos de identidad desconocida, luego de una transformación espontánea.

Todas estas observaciones se relacionan también con los resultados obtenidos por Riboldi et al. 2004, evidenciándose un mayor porcentaje de respuestas correctas en los estudiantes de la Institución Educativa Juan XXIII, por ende, mayor comprensión, ya que la pregunta 1 y 2 obtuvieron un 57% y 32% de respuestas correctas respectivamente, mientras que en investigación llevada a cabo por Riboldi et al. 2004, en la pregunta 1 y 2 obtuvieron en promedio un 13,9% y 15,2% de respuestas correctas en el grupo control y experimental respectivamente.

Pregunta 3. (Selección múltiple con única respuesta)

¿Qué entiendes por enlace químico? (Modificada de Muñoz, 2010, p. 133)

- A. La ganancia o pérdida de electrones.
- B. Fuerzas de atracción entre átomos.
- C. La afinidad entre diferentes sustancias, la cual depende de la identidad de los átomos para adquirir cargas de distinto signo para unirse.
- D. Interacciones eléctricas de los átomos (entre núcleos y electrones o entre iones vecinos).

La pregunta tres tiene como objetivo:

Explorar la idea que poseen los estudiantes sobre el concepto de enlace químicos y los tipos de enlace: covalente polar, covalente no polar, iónico y metálico; que ocurre entre átomos de identidad desconocida.

Los resultados obtenidos de la tercera pregunta por parte de los estudiantes se muestran en la figura 6.

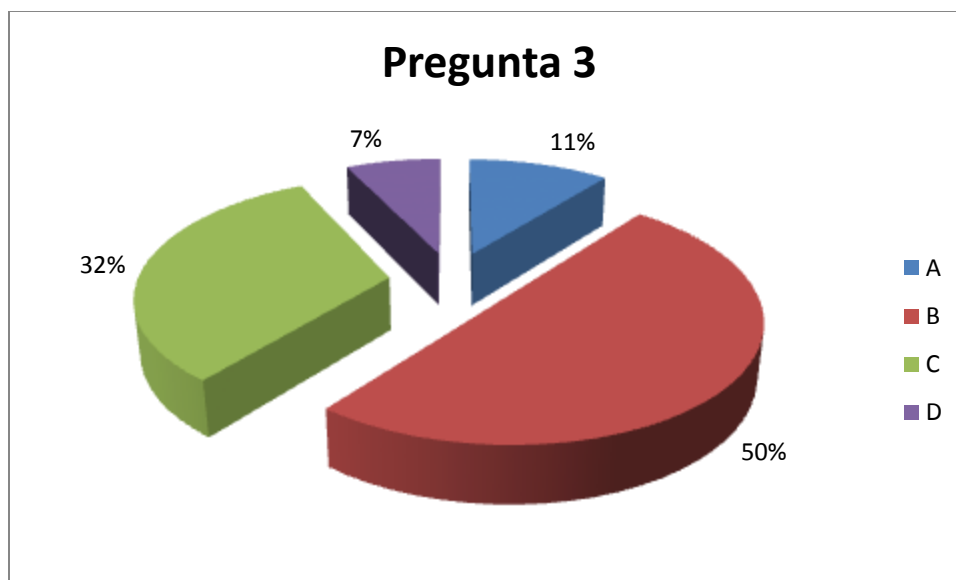


Figura 6. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la tercera pregunta del cuestionario de ideas previas.

En el caso de aquellos estudiantes que han dado como respuesta la opción A (11%) o la opción B (50%) se debe a que modelaron o imaginaron una sustancia iónica, en donde las explicaciones sobre el enlace iónico fueron respecto a que un átomo transfiere uno o más electrones a otro átomo y los iones resultantes se mantienen agrupados por la atracción de cargas opuestas, coincidiendo con lo hallado por Muñoz, 2010. El origen de este modelo de enlace es puramente electrostático. Es por ello, que prevalece en la mayoría de estudiantes (61%) la idea sobre el enlace químico como fuerzas de atracción en los estudiantes.

Para el 32% de los estudiantes que marcaron como respuesta la opción C, es incorrecta, ya que para el caso del enlace metálico no hay formación de iones de diferente signo. Además, no es indispensable conocer la identidad de los átomos para saber que dos o más átomos de un mismo elemento se transformen en iones de distinto signo al unirse por enlace químico (Riboldi et al. 2004).

La opción correcta es la D, respuesta elegida por solo el 7 % de los estudiantes, en el que define al enlace químico como interacciones eléctricas entre núcleos y electrones o entre iones vecinos. La misma permite reflexionar en un enlace covalente entre átomos de un mismo elemento, ya sea para formar una molécula diatómica o una molécula poliatómica, o un cristal covalente (Riboldi et al. 2004).

En contraste con lo anterior, Muñoz (2010) en su grupo control, obtiene resultados similares, ya que el 7.34% contestan correctamente, por lo cual podemos concluir que tanto en el contexto escolar de Educación Media Superior del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el grado de comprensión y/o modelos mentales que poseen los estudiantes es semejante a los encontrados en la Institución Educativa Juan XXIII.

Las ideas previas que poseen los estudiantes sobre enlace químico, presentan similitud con las expuestas en investigaciones realizadas por diversos autores (citados por Muñoz, 2010), tales como: Garcés, Herrera y Velázquez (2008), “Un modelo que permite explicar las interacciones que existen entre los átomos” “Una entidad física que permite ver cómo están unidos los átomos”. De posada (1999), “La unión entre átomos se debe a las diferentes cargas situadas en los átomos” “Los átomos se unen porque tienen un campo de atracción sobre otros átomos”. Taber (1994), “La razón de que un electrón sea transferido se debe a la tendencia (o necesidad) de los átomos de tener una configuración de gas noble”.

A partir de la figura 7, responda la pregunta 4 y 5:

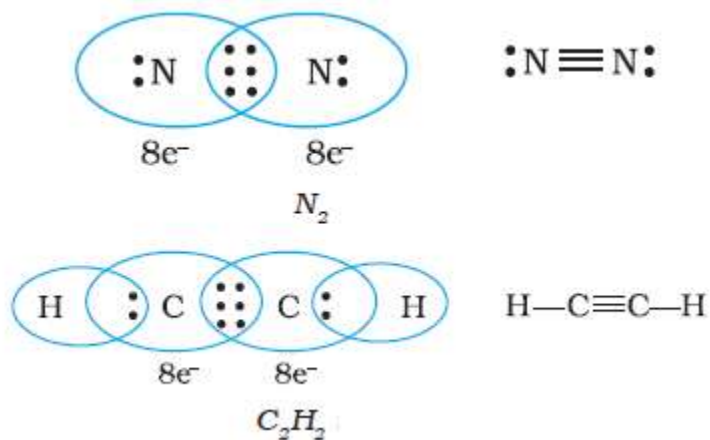


Figura 7. Estructura de Lewis

<https://quimica2bac.wordpress.com/2012/10/25/estructuras-de-lewis/>

Pregunta 4. (Selección múltiple con única respuesta)

Las simbologías químicas mostradas en la figura 7 se denominan:

- A. Estructura de Lewis
- B. Ley del Octeto
- C. Configuración electrónica
- D. Electronegatividad

La pregunta cuatro tiene como objetivos:

- a) Precisar como el estudiante imagina o piensa la representación simbólica de los enlaces químicos.

- b) Establecer que conceptos tiene en cuenta de estructura interna de la materia y propiedades periódicas, al momento de formar un enlace químico.

Los resultados obtenidos de la cuarta pregunta por parte de los estudiantes se muestran en la figura 8.

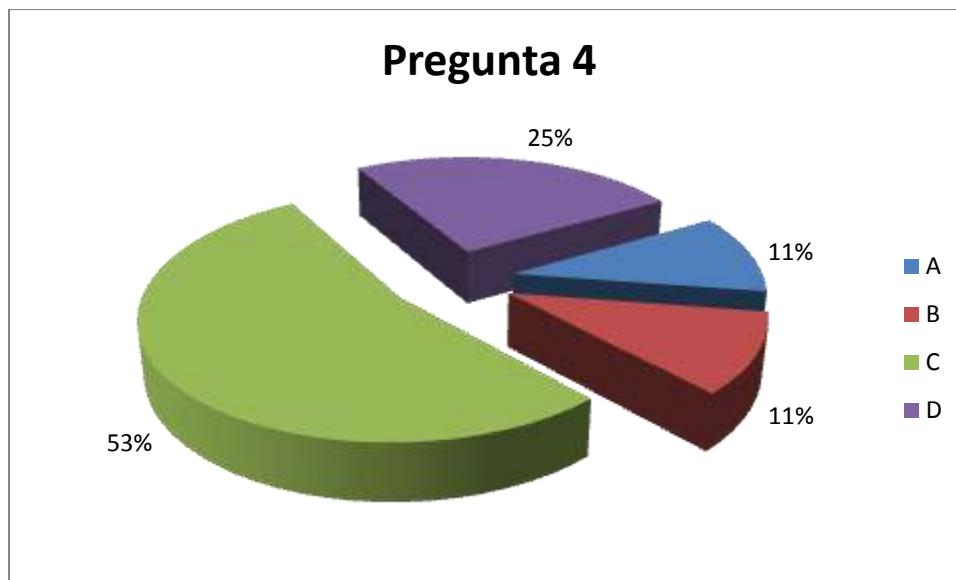


Figura 8. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la cuarta pregunta del cuestionario de ideas previas.

La respuesta correcta es la opción A, elegida por un 11% de los estudiantes. Gilbert Lewis (citado por Brown, LeMay, Bursten, & Murphy, 2009) sugirió una forma sencilla de mostrar los electrones de valencia de un átomo y de darles seguimiento durante la formación del enlace, por medio de lo que ahora se conoce como símbolos de electrón-punto de Lewis, o simplemente símbolos de Lewis.

El estudiante tiene la posibilidad de reflexionar sobre la forma en que se distribuyen los electrones en los átomos, en pares, recordando el concepto de orbitales atómicos. Adicionalmente, le proporciona diferenciar aquellos pares de electrones que están intersectados en los óvalos frente a los que posee el átomo, permitiendo formar el enlace. En esta reflexión u

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

análisis por parte del estudiante, está basado en el modelo de Enlace de Valencia, propuesto por Heitler, London, Pauling, Slater; en el cual el enlace se forma por el solapamiento de dos orbitales atómicos (comparten una región común en el espacio), y la energía potencial del sistema ha disminuido al mínimo (más estabilidad).

Cabe señalar la convergencias de conceptos claves para predecir dichas estructuras, como el número atómico, por medio del cual se determina la cantidad de protones y por ende la de electrones, permitiendo obtener la distribución electrónica, y así saber cuántos electrones cuenta en su última capa de valencia, de donde se determinar la carga formal (formación de iones) y lograr la estabilidad.

Para aquellos estudiantes que seleccionaron la opción B (11%) y la opción C (53%), presentan parcialmente una noción sobre la Ley del Octeto y configuración electrónica, que en esta pregunta ambas elecciones son incorrectas. En la opción B, se podría decir que se evidencia el octeto en la figura 7, pues si sumamos las cantidad de electrones que hay en los óvalos de los átomos de carbono y de nitrógeno llegamos a la suma de ocho electrones en el último de nivel de energía del correspondiente átomo, alcanzado la configuración electrónica del gas noble más cercano en la tabla periódica y presentando una mayor estabilidad al poseer menor cantidad de energía. Sin embargo, no se especifica la posibilidad de tener menos de ocho electrones en su última capa de valencia (octeto incompleto) como sucede con el átomo de Hidrogeno. En la opción C, el estudiante puede confundir electrones de valencia con configuración electrónica. Para esta pregunta lo que se observa en la figura 7 son los electrones de valencia, los cuales podemos determinar a partir de la configuración electrónica de cada elemento químico involucrado.

Finalmente, la opción de respuesta D fue escogida por el 25% de los estudiantes. La electronegatividad es un concepto básico a tener en cuenta en la formación del enlace, no se presenta de manera explícita en la figura 2, ni tampoco da razón a la pregunta generada. No

obstante, el estudiante si podría deducir la polaridad de los compuestos, generada por el momento dipolar existente entre los átomos que forman el enlace. Por ejemplo, en el N_2 se observa que las fuerzas de interacción entre los electrones del Nitrógeno son equitativas. Por el contrario, en la formación del C_2H_2 , específicamente la interacción C-H se evidencia una tendencia de los electrones estar más cerca del Carbono que al Hidrógeno, debido a la mayor electronegatividad del Carbono.

Pregunta 5. (Selección múltiple con única respuesta)

Si te fijas, hay óvalos de color azul que se intersectan. En su interior hay puntos de color negro que representan electrones ¿qué podrías determinar con ello?

- A. Electronegatividad
- B. Configuración electrónica
- C. Tipo y cantidad de enlaces.
- D. Electrones de valencia

La pregunta cinco tiene como objetivos:

- a) Distinguir las diferentes concepciones que poseen los estudiantes frente a los tipos de enlaces que se pueden formar entre los elementos descritos (no metales).
- b) Explicar las características para la formación del enlace: covalente polar, covalente no polar, covalente múltiple y covalente dativo.

Los resultados obtenidos de la quinta pregunta por parte de los estudiantes se muestran en la figura 9.

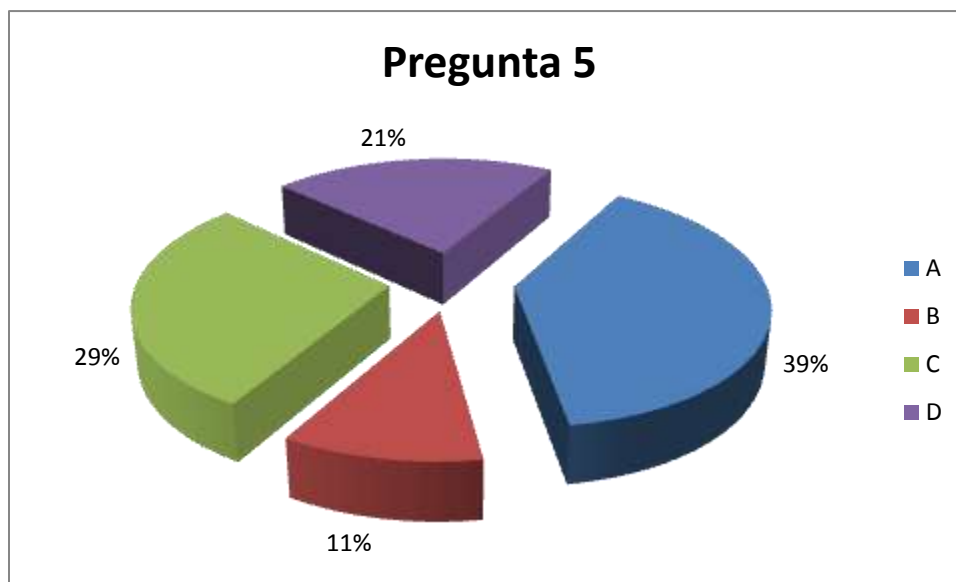


Figura 9. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la quinta pregunta del cuestionario de ideas previas.

La respuesta correcta es la opción C, la cual fue señalada por el 29% de los estudiantes, en donde los átomos representados dan lugar a la formación del enlace químico, por el compartimento de un par o múltiples pares de electrones, en este caso particular, entre elementos no metálicos (Carbono, Nitrógeno, Hidrógeno). En esta situación el enlace producido sería de tipo covalente, ya que su diferencia de electronegatividad no es suficiente para formar iones (transferencia de electrones), característico del enlace iónico. Razón por la cual hay un compartimiento mutuo de electrones entre átomos para así adquirir la configuración electrónica del gas noble más cercano.

El estudiante analizó el por qué en algunos óvalos hay un par de electrones, caso del enlace formado entre el Hidrógeno y el Carbono, o tres pares de electrones, como ocurre entre los átomos de Nitrógeno o de los átomos de Carbono. Permitiendo diferenciar tipos de enlace covalente. Para el primer argumento, hablaríamos del enlace covalente sencillo, puesto que

requiere de solo el compartir un par de electrones para formar el enlace. En el segundo suceso, al compartir tres pares de electrones se formarían tres enlaces (uno por cada par compartido), dando lugar un nuevo tipo de enlace covalente, el múltiple, el cual se caracteriza por la formación de más de un enlace entre átomos con el fin de obtener el octeto y alcanzar la configuración electrónica del gas noble más cercano y por ende mayor estabilidad energética.

En último lugar, se inducirá al estudiante a razonar el por qué en algunos elementos que conforman el enlace, la nube electrónica está más densa, como en el caso del Hidrógeno y el Carbono, donde los electrones permanecen más cerca del núcleo del Carbono, debido a la diferencia de electronegatividad, dando lugar una propiedad muy importante en química, la polaridad, y de allí que se conozca otro tipo de enlace, el covalente polar. Mientras que las nubes electrónicas de los átomos de Nitrógeno no se alteran, no hay variación de sus fuerzas de interacción, ya que poseen la misma electronegatividad, formando otro tipo enlace, el covalente apolar o no polar.

Se hallan ideas previas en los estudiantes similares a las encontradas en las investigaciones de autores como: Kind (2004), en donde el alumno concibe la formación del enlace covalente por un par de electrones compartido por dos átomos, y que en un enlace doble son dos pares de electrones los compartidos. Además el compartir electrones confiere estabilidad adicional a los átomos participantes y se necesita una cierta energía para romper el enlace. Taber (citado por Muñoz, 2010) percibe en sus alumnos que en el enlace covalente los átomos comparten electrones para obtener capas de electrones llenas. Garcés, Herrera, & Velázquez (citado por Muñoz, 2010), determinan en sus estudiantes la concepción de que el enlace covalente se da cuando se unen dos elementos no metálicos en donde comparten electrones para completar el octeto de Lewis.

En cuanto al análisis de la opción A, B y C, con un porcentaje de elección de respuesta del 39%, 11% y 21% respectivamente, resultan en todo similar a lo expuesto respecto de la pregunta 4;

corroborando el obstáculo epistémico que poseen los estudiantes frente a los conceptos de electronegatividad, configuración electrónica y electrones de valencia. Dado que no hay claridad por parte del estudiante de explicar o razonar el por qué parte de los electrones que posee un átomo (electrones de valencia) en la figura 7, se intersectan para formar el enlace. Tampoco especifica como determinaría la electronegatividad de los átomos en cuestión. Confusión entre configuración electrónica y electrones de valencia, donde estos últimos depende de la cantidad y distribución de los electrones que posea el átomo.

Pregunta 6. (Selección múltiple con única respuesta)

A continuación encontraras la figura 10, la cual representa como se forma un enlace entre dos átomos de identidad desconocida. Seleccione la opción que considera sea la representación final del enlace formado. Adaptado de Mora et al. (2003).

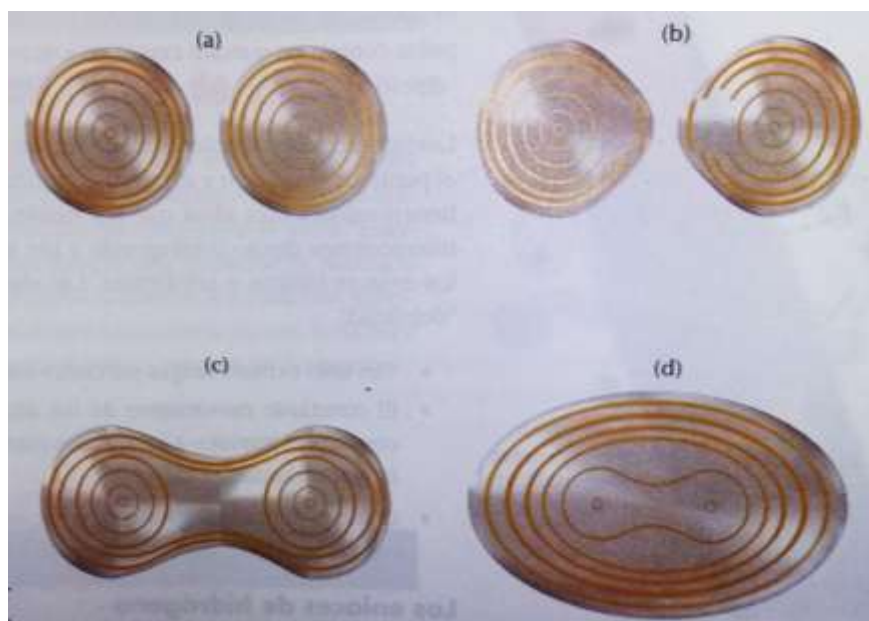


Figura 10. Cómo se forma un enlace químico

Mora et al. (2003)

La pregunta seis tiene como objetivos:

Establecer qué concepción tienen los estudiantes sobre las diferentes estructuras de enlace que se forman al obtener una molécula diatómica.

Los resultados obtenidos de la sexta pregunta por parte de los estudiantes se muestran en la figura 11.

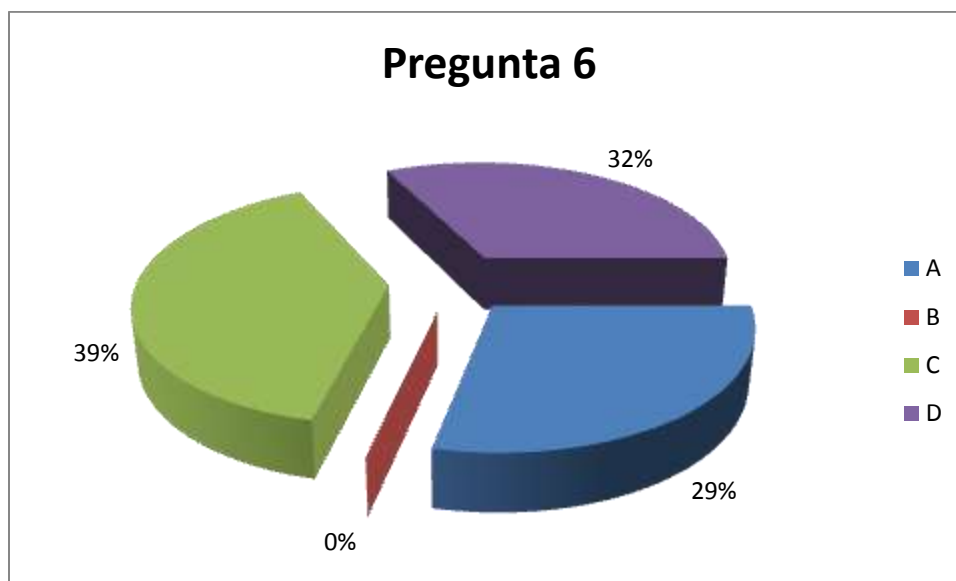


Figura 11. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la sexta pregunta del cuestionario de ideas previas.

La respuesta correcta es la opción D, con un 32% de acierto. La pregunta se plantea en un modelo didáctico bidimensional, por medio del cual se explora la forma en que los estudiantes representan el cambio en la estructura de la nube electrónica (orbitales moleculares) en la formación del enlace químico, y no un simple acercamiento de dos átomos que mantienen su nube electrónica inalterada (orbitales atómicos), como esta propuesto en opción A, la cual fue elegida como respuesta por el 29% de los estudiantes, evidencia del obstáculo epistemológico de la no comprensión de las interacciones que sufren los átomos, y por ende, sus propiedades al igual que su estructura, cuando forman un enlace químico. Además, se contempla los núcleos

atómicos, los cuales deberían hallarse a menor distancia de la que tendrían si los átomos simplemente se hubiesen acercado hasta tocarse (Riboldi et al., 2004, p. 208).

La opción B y C con 0% y 39% respectivamente de las respuestas dadas por los estudiantes, describen el proceso de transformación de la nube electrónica, y como poco a poco cambian los orbitales atómicos para obtener uno nuevo, los orbitales moleculares. Cabe señalar, que la opción C fue la más escogida por los estudiantes, porque para ellos, la representación evidencia que el enlace formado es tangible, es decir, estuviese de formar real sucediendo la unión (sujetados) de los átomos y no debido a las fuerzas de interacción entre ellos, obstáculo epistémico que se pretende superar con el diseño de la unidad didáctica.

De igual manera, se considera la evolución conceptual que posean los estudiantes sobre enlace químico. Ya que posiblemente se ha trasladado desde el modelo de Electrovalencia (Kossel, Lewis, Langmuir), pasando por Enlace de Valencia (Heitler, London, Pauling, Slater), hasta llegar al modelo Orbitales Moleculares, propuesto por Hund, Mulliken y Lennard- Jones. Mora et al., (2003), explica este último modelo como:

Al formarse una molécula desaparecen los orbitales atómicos de todos los átomos involucrados en la formación de enlace y se produce una serie de orbitales moleculares que pertenecen a la molécula y son controlados por todos los núcleos que forman parte de está. El número de orbitales moleculares formados debe ser igual al número de orbitales atómicos que les dieron origen. (p. 239)

Dicho lo anterior, se centra la atención en el 32% de estudiantes que señalaron la respuesta correcta, opción D, pues no especifican cómo o por qué llegaron a la representación final del enlace formado, y mucho menos nos permite identificar si conocen o entienden que son los orbitales atómico y orbitales moleculares que se generan.

Pregunta 7. (Selección múltiple con única respuesta)

En la figuras 12 se representa bidimensionalmente el enlace formado entre el Hidrógeno y el Cloro para obtener la molécula de ácido clorhídrico. Los puntos de color rojo representan el núcleo atómico y zona sombreada de azul la nube electrónica, correspondiente a cada uno de estos átomos.

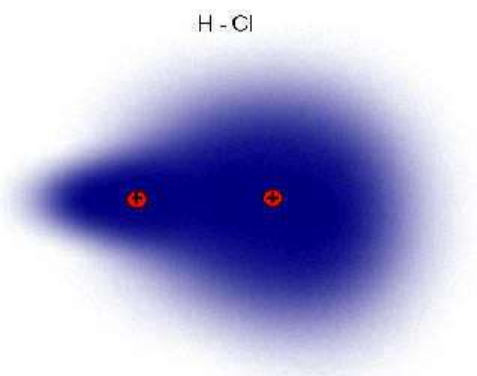


Figura 12. Densidad electrónica HCl

<http://iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/asignaturas/quimica2bac/materialdeaula/QUI2BAC>

Con base al fenómeno representado podrías inferir:

- A. La nube electrónica tiende a estar (ser más densa) en el átomo de cloro, debido a su mayor electronegatividad que el hidrógeno.
- B. Se da la formación de polos, por las diferencias de cargas eléctricas en la molécula, por lo tanto el ácido clorhídrico tiene propiedades polares.
- C. El ácido clorhídrico formado presenta características de un enlace covalente polar.
- D. Todas las respuestas anteriores son correctas.

La pregunta siete tiene como objetivos:

Determinar en los estudiantes el grado de apropiación del concepto electronegatividad para la formación de enlaces químicos, y de las propiedades que puede generar en las sustancias, como la polaridad.

Los resultados obtenidos de la séptima pregunta por parte de los estudiantes se muestran en la figura 13.

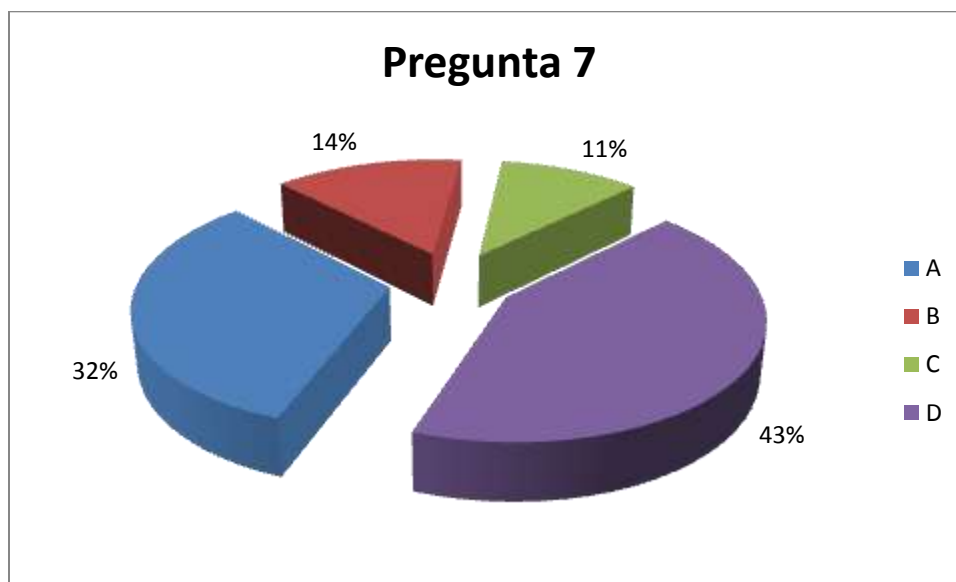


Figura 13. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la séptima pregunta del cuestionario de ideas previas.

Esta pregunta se relaciona con las preguntas 4 y 5, en las cuales el estudiante reflexiona sobre los distintos aspectos a considerar para la formación del enlace químico y sus características.

La opción correcta es la D, con un 43% de respuesta dada por los estudiantes. Para aquellos estudiantes que eligieron como respuesta la opción A (32%), B (14%) o C (11%), sería parcialmente correcta.

En esta pregunta, los estudiantes identifican al modelo material bidimensional de densidad electrónica, como la representación más apropiada para el ácido clorhídrico (HCl), en donde se representan a los átomos con el núcleo y la nube de electrones alrededor. Este modelo material bidimensional fue el más idóneo pues se ve de forma explícita como se da la interacción de los electrones que se comparten para formar el enlace químico, permitiéndole al estudiante reflexionar en propiedades químicas como la polaridad.

Por tanto, en caso de los estudiantes que eligieron la opción A, se centraron en el concepto de electronegatividad, fundamental para establecer el tipo de interacción entre los átomos, tal como lo describe Brown et al., (2009):

La electronegatividad se define como la capacidad de un átomo en una molécula de atraer electrones hacia él. A mayor electronegatividad de un átomo, mayor será su capacidad de atraer electrones hacia él. La electronegatividad de un átomo en una molécula está relacionada con su energía de ionización y con su afinidad electrónica, las cuales son propiedades de los átomos aislados. La energía de ionización mide la fuerza con que un átomo gaseoso se mantiene unido a sus electrones, mientras que la afinidad electrónica es una medida de la fuerza con que un átomo atrae electrones adicionales. (p. 308)

Cuanto mayor sea la diferencia de electronegatividad entre átomos implicados en un enlace más polar será éste. Como en nuestro ejemplo. De allí que la opción B y C también sean correctas, ya que la polaridad en química se da cuando en la molécula que se forma a partir de un enlace covalente, como en nuestro caso, los electrones se movilizan hacia la zona de electronegatividad más importante. A partir de entonces se desarrolla el dipolo eléctrico por las diferencias en la densidad de carga de los núcleos que componen el enlace en cuestión (Brown, 2009).

Para terminar, los resultados de esta pregunta permiten determinar que el estudiante tiene muy arraigado el concepto de electronegatividad, pues tiene un gran porcentaje de acierto (43%), teniendo en cuenta que en las preguntas 4 y 5, las opciones donde aparece esta propiedad

periódica también tiene un buen porcentaje de escogencia. Ahora bien, también se identifica ciertos errores conceptuales, evidenciables en la no coherencia de la explicación de la electronegatividad en los diferentes fenómenos planteados (pregunta 4, 5 y 7).

Pregunta 8. (Selección múltiple con única respuesta)

En el figura 14, el círculo a la derecha muestra una vista aumentada de una porción muy pequeña de agua líquida en un recipiente. (Tomado de Muñoz, 2010).

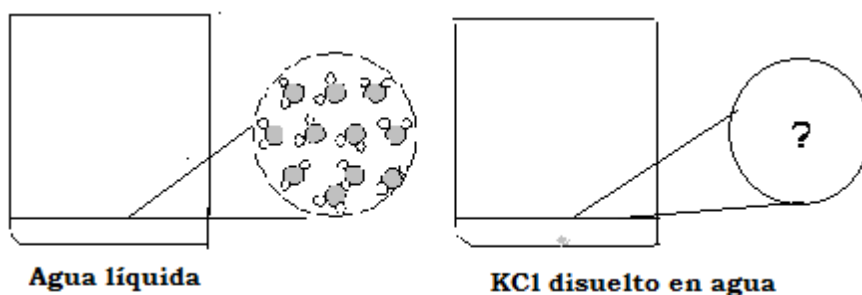
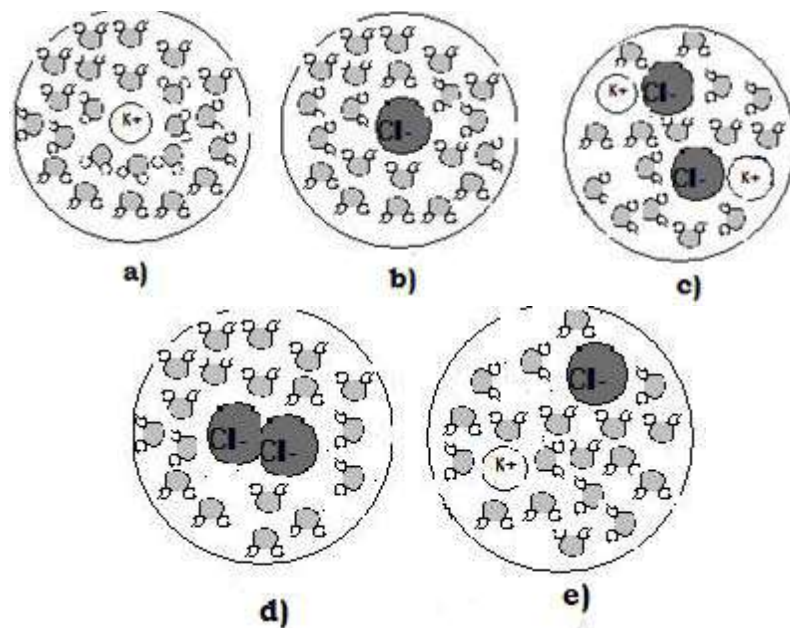


Figura 14. Representación aumentada del agua (líquida) y disolución de KCl en agua.

Muñoz, 2010.

¿Cuál de los siguientes modelos materiales bidimensionales corresponde al cloruro de potasio (KCl) disuelto en agua?



Muñoz, 2010.

La pregunta ocho tiene como objetivos:

- a) Identificar los modelos materiales bidimensionales que poseen los estudiantes para representar lo que sucede con el enlace químico del cloruro de potasio cuando se disocia en agua.
- b) Establecer las concepciones que poseen los estudiantes sobre enlace iónico, fenómenos electrostáticos (cargas iónicas K^+ y Cl^- , polaridad), fuerzas intermoleculares.

Los resultados obtenidos de la octava pregunta por parte de los estudiantes se muestran en la figura 15.

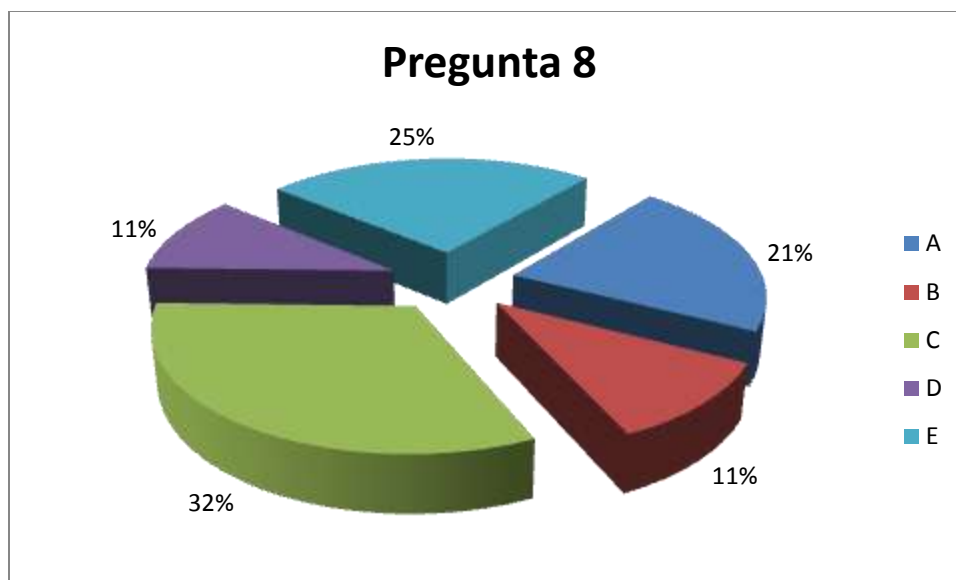


Figura 15. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la octava pregunta del cuestionario de ideas previas.

La respuesta correcta es la opción E con el 25% de escogencia de los estudiantes, la cual representa la mejor alternativa para explicar una sustancia iónica disuelta en agua.

En el caso de la sal de cloruro de potasio mezclada con el agua, los átomos ionizados de potasio (K^+) y del cloro (Cl^-), inicialmente ligados en conjunto bajo la forma de un cristal, son disueltos por las moléculas del agua, tal como se explica en EduMedia (2016), las razones son de orden electrostático (partículas cargadas y/o polarizadas); es decir, el cloruro de potasio (KCl) es de hecho la unión de un ion K^+ y de un ion Cl^- que se atraen mutuamente bajo el efecto de la atracción electrostática.

En contacto con el agua se separan en iones debido a que su geometría las hace polarizables, tienen una distribución no uniforme de carga eléctrica que genera polos positivos y negativos (EduMedia, 2016). 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 (Muñoz, 2010). Notemos que la orientación de las moléculas no es la misma si ellas atraen a un ion de K^+ o un ion de Cl^- .

Argumentos por los que el estudiante caracteriza a las sustancias iónicas como sustancias solubles en agua. Similar a lo encontrado en investigaciones de Taber (citado por Muñoz, 2010), “El enlace iónico es la atracción entre un ion con carga positiva y uno con carga negativa” “Un ion positivo estará enlazado a cualquier ion negativo cercano” “Los enlaces iónicos se forman sólo entre los átomos que donan/aceptan los electrones”. Kind (2004), “el número de electrones transferido o aceptado por un átomo se relaciona con la valencia del elemento”.

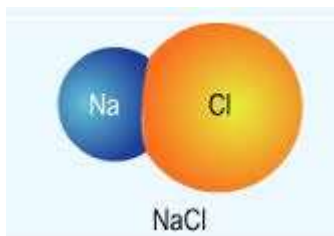
Para aquellos estudiantes que eligieron la opción A, B o D, con un 21%, 11%, y 11% respectivamente, no tienen en cuenta la composición del cloruro de potasio, ya que solo asumen que parcialmente se disocia una parte de él, sin dar razón del total del compuesto; o considera que hay una reacción química formando otros productos como el Cl_2^- . En estas opciones de respuesta no aplica el estudiante la ley de la conservación de la materia, ratificando la solo comprenden parcialmente dicha Ley, dependiendo del fenómeno, como lo evidenciado en la pregunta 1 y 2.

Para el caso del 32% de estudiantes que eligieron la opción C, coinciden con los resultados de investigaciones de Kind (2004), en donde los estudiantes “para el cloruro de sodio disuelto en agua: las partículas se dispersarían, aunque algunos estudiantes pensaban que los iones cloruro y sodio seguirían atrayéndose uno al otro de manera que habría una estructura “residual” en el agua”. Boo (citado por Muñoz, 2010), halla “los enlaces iónicos no se ven afectados por el proceso de disolución y solamente los enlaces más débiles entre las moléculas iónicas se rompen en el proceso de disolución”. Por lo que no tiene en cuenta la característica iónica del enlace de la sal de cloruro de potasio.

Pregunta 9. (Selección múltiple con única respuesta)

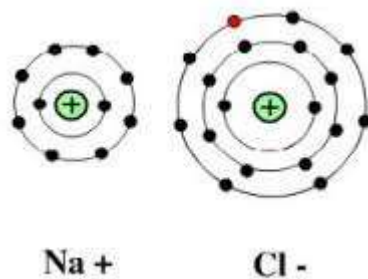
¿Cuál modelo es el más apropiado para representar el enlace químico del cloruro de sodio, en estado sólido?

A.



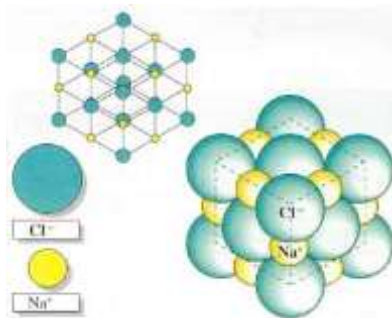
<http://cienciasnaturales8vobasico.bligoo.com/content/view/852374/Enlace-Quimico.html#.V3L4i9LhBdg>

B.



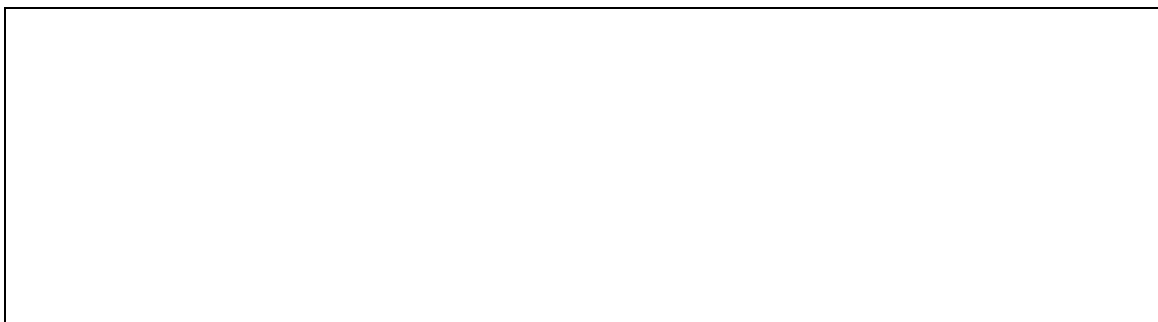
<http://www.unalmed.edu.co/~cgpaucar/ENLACES.html>

C.



<http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=139509>

D. Si crees que ninguna de estas opciones corresponde a una respuesta correcta, haz tu propia representación y explícala.



La pregunta nueve tiene como objetivo:

Establecer como exhibe el estudiante la formación del enlace iónico, al igual que su estructura más estable (red cristalina).

Los resultados obtenidos de la novena pregunta por parte de los estudiantes se muestran en la figura 16.

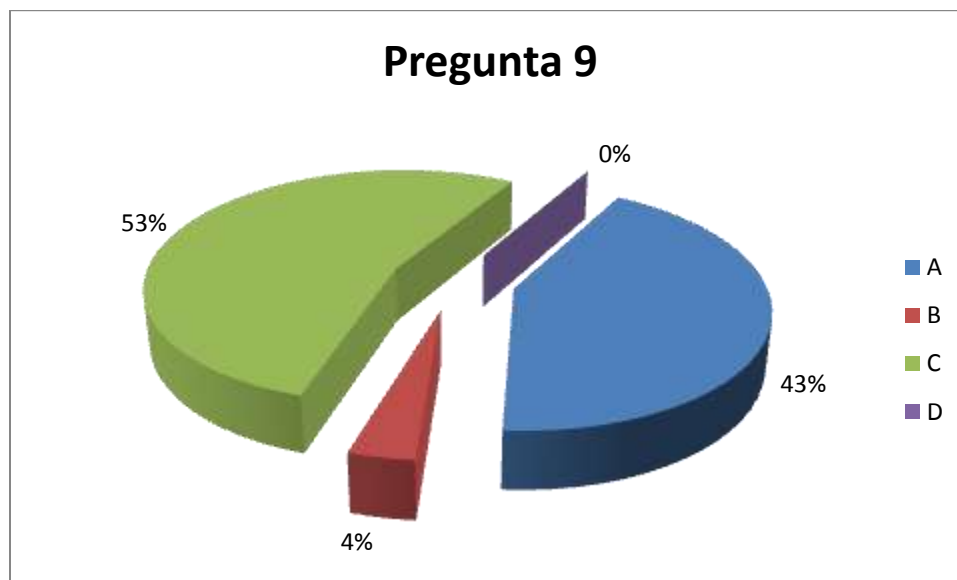


Figura 16. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la novena pregunta del cuestionario de ideas previas

La respuesta correcta y con mayor porcentaje de elección es la opción C con un 53%.

El concepto de interacción de metal y no-metal, como principal propiedad que determina la formación del enlace iónico, sin alusión alguna a la estructura de las mismas, como expone Riboldi et al., (2004), sería una explicación casi mágica y poco adecuada al nivel educativo; ya que no sólo hay que considerar el tipo de enlace que une a los átomos, sino también que un compuesto iónico en estado sólido no se encuentra como una molécula aislada. El arreglo tridimensional más estable para un sólido iónico es el modelo material bidimensional de red cristalina que es la mejor forma en que pueden acomodarse los iones dependiendo de su carga y de su tamaño, pues varía la distancia entre ellos (Muñoz, 2010). Además, el modelo material bidimensional de red cristalina le permite al estudiante identificar la presencia de iones fijos (cationes y aniones) en los puntos de la red, lo cual explica Riboldi et al., (2004), la no conductividad eléctrica de las sustancias iónicas en estado sólido en comparación cuando se está disuelta, por lo que los iones son libres para moverse, conduciendo la electricidad; adicionalmente, debido a que las moléculas polares del agua son atraídas por los iones cargados eléctricamente, rodean dichos iones que se incorporan a la disolución una vez que han abandonado la sal en estado sólido, es decir, la red de cristal (Muñoz, 2010), como sucede en el fenómeno descrito de la pregunta 8.

La opción B con tan solo un 4% de las respuestas dadas por los estudiantes, es parcialmente correcta. Aunque los modelos materiales bidimensionales de niveles de energía representa la formación de iones debido a la transferencia de electrones, hace énfasis al cumplimiento o uso de la regla del octeto; por lo tanto, manifestaría que el único objetivo químicamente es la formación del enlace para completar el octeto. Además de lo expuesto anteriormente.

Sin embargo, queda un gran hallazgo con los resultados obtenidos con la opción A (43%) y la opción D (0%). Pues a los estudiantes se les dificulta representar la estructura de la sal de cloruro de sodio, es decir, pasar de un plano macroscópico (real) a un plano nanoscópico (concreto-

abstracto). En la opción A tampoco considera la formación de iones (transferencia de electrones) para la formación de la sal, por lo tanto no hay comprensión de las características de las sustancias que presentan enlace iónico.

Pregunta 10. (Selección múltiple con única respuesta)

En la figura 17, se representa un fenómeno cotidiano en donde a partir de energía química (pila) se transforma en energía eléctrica (encender el bombillo), por medio de unos cables que en su interior llevan cobre y de un interruptor (click) de característica metálica.

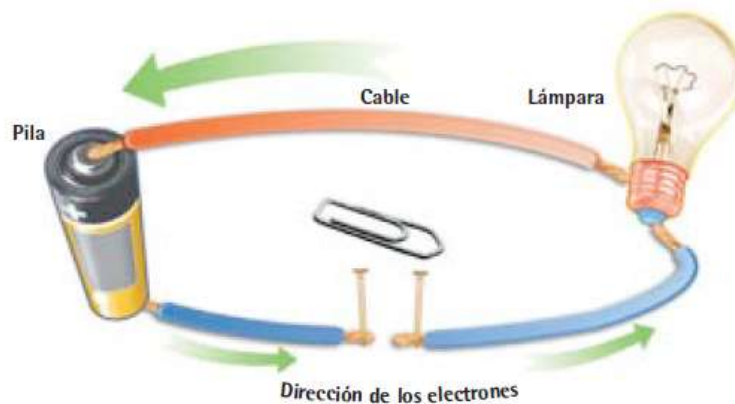


Figura 17. Conductividad eléctrica

<http://etvfranciscojmujica.blogspot.com.co/>

¿Cuál crees tú sería la mejor explicación para dicho fenómeno?

- A. Los electrones tienen cierta movilidad; por eso, los metales son buenos conductores de la electricidad.
- B. Los metales utilizados en el fenómeno, presentan enlaces metálicos, por lo que necesitan ceder electrones para alcanzar la configuración de un gas noble.
- C. En este caso, los metales pierden los electrones de valencia y se forma una nube de electrones entre los núcleos positivos. Los electrones de valencia desprendidos pueden desplazarse a través de toda la red.
- D. Todas son correctas

La pregunta diez tiene como objetivos:

- a) Identificar las características básicas que poseen los estudiantes sobre las sustancias que están formadas por enlace metálico.
- b) Precisar a partir de fenómenos cotidianos como el estudiante explica la conductividad eléctrica (teoría de bandas).

Los resultados obtenidos de la décima pregunta por parte de los estudiantes se muestran en la figura 18.

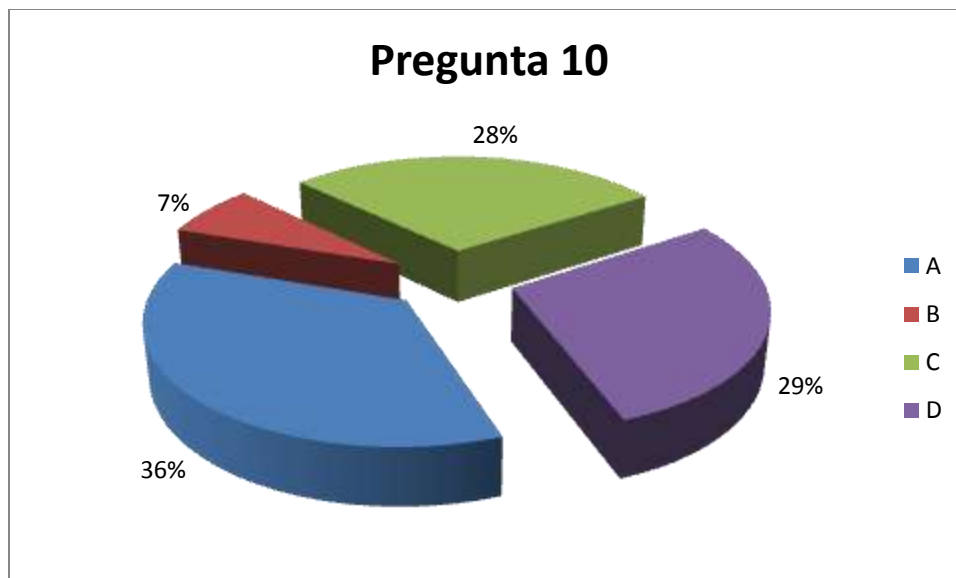


Figura 18. Resultados obtenidos en porcentajes de las opciones de respuestas elegidas de la décima pregunta del cuestionario de ideas previas.

La opción correcta es la D, seleccionada por el 29% de los estudiantes.

De los enlaces fuertes, es decir, los intramoleculares, el menos conocido es el enlace metálico, el cual se genera cuando se combinan metales entre sí. En CNICE (2005) caracteriza al enlace metálico por originarse entre átomos metales, los cuales presentan pocos electrones en su último nivel de energía, por lo general 1, 2 ó 3; por lo que necesitan ceder electrones para alcanzar la configuración de un gas noble. Los electrones de valencia desprendidos de los átomos forman iones positivos (cationes), quienes se ordenan en el espacio formando la red metálica o nube de electrones entre los núcleos positivos, y que a su vez se pueden desplazar a través de toda la red (CNICE, 2005). De este modo, todo el conjunto de los iones positivos del metal queda unido mediante la nube de electrones con carga negativa que los envuelve.

En el caso de los sólidos, los materiales con capacidad de conductividad son los que tienen bandas de valencia que se superponen con la conducción y crean una nube de electrones libres que generan la corriente al estar sometidos al campo eléctrico (<http://definicion.de/conductividad>, 2008-2016).

Para complementar, los estudiantes también se basaron en la teoría de bandas, propuesta por Strout, Brillouin, Peierls y Morse, en donde se explica más detalladamente el fenómeno de la conductividad y de los aislantes, Mora et al., (2003) describen dicho fenómeno en virtud a la promoción de la banda de valencia (banda de menor energía originada por los orbitales moleculares) a la banda de conducción (banda de mayor energía, inmediatamente superior a la banda de valencia). Igualmente la teoría de bandas explica el movimiento de los electrones en un cristal como consecuencia de la periodicidad de la red.

Las opciones A, B y C, con el 36%, 7% y 28% respectivamente, son complementos para la explicación del fenómeno, desde la aclaración del tipo de enlace metálico que se forma, pasando por la argumentación del por qué conduce la electricidad a través de las bandas formadas en los orbitales moleculares. Por consiguiente son parcialmente correctas.

5. Unidad didáctica para la enseñanza del concepto enlace químico

En este capítulo se presenta el diseño de la unidad didáctica para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico. La planeación y diseño de la misma se basó en los siguientes aspectos:

- Elaboración del instrumento de exploración de ideas previas, a partir de la revisión histórica y epistemológica del concepto enlace químico.
- Aplicación del instrumento de exploración, con el cual se analiza los resultados con el fin de identificar las principales ideas previas, obstáculos epistemológicos y modelos explicativos que poseen los estudiantes sobre el concepto enlace químico.
- Planear, establecer y desarrollar las actividades con las cuales se espera superar las dificultades epistemológicas y concepciones alternativas, al igual que el modelo explicativo que posean los estudiantes frente al concepto enlace químico, enmarcadas en el ciclo didáctico de Jorba & Sanmartí (1994), y siguiendo los criterios de diseño de unidades didácticas de Sanmartí (2000).

5.2 Objetivos de la unidad didáctica

Al culminar la intervención del concepto enlace químico, empleando la unidad didáctica como estrategia metodológica, los estudiantes tendrían que:

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

- Reestructurar y construir su propio conocimiento, a partir de las concepciones alternativas y obstáculos epistemológicos, que posibiliten una percepción más clara y un aprendizaje en profundidad sobre el concepto enlace químico (iónico, covalente y metálico).
- Emplear herramientas TIC como ayuda didáctica para explicar el tipo de enlace químico, las teorías de enlace que lo sustentan, las propiedades y la estructura de las sustancias analizadas.
- Proponer, sustentar, reformular y contrastar respuestas a las situaciones problemas o fenómenos cotidianos planteados, y las compara con las de otros compañeros y con las de teorías científicas aceptadas.

5.2 Secuenciación de actividades

Con base en el ciclo didáctico propuesto por Jorba & Sanmartí (1994), a continuación se describen la secuenciación y caracterización de las actividades a desarrollar en la unidad didáctica, con sus respectivos objetivos y obstáculos a superar o aprendizajes esperados.

5.2.1 Secuencia I: Iniciación, exploración, explicación de planteamientos de problemas o hipótesis iniciales.

Tabla 6. Secuencia de actividades I

Actividad	Objetivos	Obstáculos a superar / Aprendizajes esperados
1. Ver el video “Ley de la conservación de la materia”.	Comprender y aplicar la Ley de la conservación de la materia, en fenómenos cotidianos (transformaciones físicas y químicas).	Considerar que cuando ocurre un fenómeno o transformación espontánea, las sustancias en cuestión no se destruyen (desaparecen) o se crean, solo se transforman en otras, conservando la cantidad de masa y átomos.
1. Exploración, consulta y ejercitación en la guía interactiva la materia. 2. Lectura Plasma... ¿un cuarto estado de la materia?	a) Identificar y caracterizar los estados de agregación de la materia. b) Reconocer y describir los cambios de estados de agregación de la materia.	a) Diferenciar entre cambio de estado de agregación de la materia y la formación de enlace químico. b) Asociar la energía (calor) y la presión (aumento o reducción de volumen) como variable para producir un cambio de estado de agregación.
1. Inspeccionar el Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), propiedades periódicas.	a) Asociar conceptos básicos preliminares como electronegatividad, distribución electrónica, estructura de Lewis, regla del octeto, para la formación del enlace químico.	a) Diferenciar y aplicar los conceptos de electronegatividad, distribución electrónica, estructura de Lewis, regla del octeto, para la formación del enlace químico.

Tabla 6: (Continuación)

<p>2. Leer y resolver las actividades de la sección 8.5, Estructura de Lewis, del libro “<i>química la ciencia central</i>” de Brown.</p> <p>3. Observar el video “Ley del Octeto”.</p> <p>4. Explorar e interactuar con la guía interactiva enlace químico.</p>	<p>b) Reconocer las características básicas del enlace iónico, covalente y metálico.</p>	<p>b) Generalizar/concebir la formación del enlace químico como interacciones eléctricas entre núcleos y electrones o entre iones vecinos; y no simplemente como modelo de enlace electrostático, es decir, transferencia de uno o más electrones a otro átomo o por la atracción de cargas opuestas.</p>
--	--	---

Momento 1. Transformación de la materia

Objetivo:

Comprender y aplicar la Ley de la conservación de la materia, en fenómenos cotidianos (transformaciones físicas y químicas).

Obstáculos a superar o aprendizajes esperados:

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Considerar que cuando ocurre un fenómeno o transformación espontánea, las sustancias en cuestión no se destruyen (desaparecen) o se crean, solo se transforman en otras, conservando la cantidad de masa y átomos.

Actividad.

Ingresa al siguiente link: https://www.youtube.com/watch?v=D0Q-3s_L0Rw, en él encontraras un video donde explicitan y ejemplifican la Ley de la conservación de la materia; a partir de este resuelve:



Figura 19. Ley de la conservación de la materia

https://www.youtube.com/watch?v=D0Q-3s_L0Rw

- ¿En qué consiste la Ley de la conservación de la materia?
- Empleando representaciones simbólicas, explica cómo se da y de qué consta una reacción química.

- c) Mediante un ejemplo del entorno, describa simbólica y/o gráficamente la Ley de la conservación de la materia.

Momento 2. Estados de agregación de la materia

Objetivos:

- a) Identificar y caracterizar los estados de agregación de la materia.
- b) Reconocer y describir los cambios de estados de agregación de la materia.

Obstáculos a superar o aprendizajes esperados:

- a) El estudiante pueda diferenciar entre cambio de estado de agregación de la materia y la formación de enlace químico.
- b) Cuando se produzca un cambio de estado de agregación, asociar como variable la energía (calor) y la presión (aumento o reducción de volumen).

Actividades:

1. Ingresa al link:

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/material/es/estados/estados1.htm, y explora cada una de los menú de herramientas. Realiza:



Figura 20. Estados y cambios de estados de agregación de la materia

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/estados/estados1.htm

- Haz un mapa conceptual en el cual expliques los estados de agregación de la materia.
- A partir de los Phet (simuladores) que explican el estado de agregación sólido, líquido y gas mostrados en la guía interactiva, intérpreta los y de una conclusión.
- Realiza un esquema donde caracterices los cambios de estados de agregación que sufre la materia. Ten en cuenta la simulación dada en el menú de herramientas cambio de estado de la guía interactiva.
- Llevar a cabo el proceso de autoevaluación, realizando las actividades de ejercitación de la guía interactiva.

2. Lee atentamente la siguiente lectura y responde las preguntas

PLASMA... ¿UN CUARTO ESTADO DE LA MATERIA?

Garritz, A. y Chamizo J. A.

El aumento de la temperatura transforma un sólido en líquido, o un líquido en gas. Y el calentamiento de un gas, ¿no puede transformarlo en un cuarto estado de la materia? Curiosamente, la respuesta es un categórico sí: lo transforma en plasma.

Un renombrado químico, Irving Langmuir, laboraba en el Instituto Stevens cuando fue invitado a trabajar durante sus vacaciones en la compañía General Electric, encontró un grupo de investigación que buscaba la manera de prolongar la vida de las lámparas incandescentes. Quince años más tarde, Langmuir permanecía en esa compañía estudiando el comportamiento de los gases calientes. Hacia 1930, después de observar las extraordinarias propiedades de estos sistemas, llenos de partículas cargadas, los denominó plasmas. Cuando un gas se calienta a temperaturas cercanas a los 10.000 grados, la energía cinética de las moléculas aumenta lo suficiente para que, al vibrar y chocar, las moléculas se rompan en átomos. A temperaturas más altas, los electrones se ionizan de los átomos y la sustancia se convierte en una mezcla de electrones e iones positivos: un plasma altamente ionizado. Así pues, se llama plasma a este tipo de mezcla de átomos y fragmentos de átomos.

Podría describirse un plasma como un gas conductor ionizado a alta temperatura, que en promedio es eléctricamente neutro. Obtener un gas muy débilmente ionizado no es difícil. Ello ocurre, aunque momentáneamente, en el fuego o en las lámparas incandescentes de vapor de mercurio, de neón o de sodio.

Sin embargo, se requiere una enorme cantidad de energía para producir un plasma. Los llamados “plasmas fríos” se producen a temperaturas de 50.000 a 100.000 kelvin. Los “plasmas calientes”, el material de que están constituidas las estrellas, se mantienen a una temperatura entre diez y cien millones de kelvin. Así, aunque en la Tierra no abundan los plasmas y la aurora boreal es una manifestación terrestre de un plasma, más del 99% de la materia del universo se encuentra en este cuarto estado. Varias son las aplicaciones que se están desarrollando para los plasmas.

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Por una parte, a esas temperaturas puede ocurrir una fusión de los núcleos atómicos, como sucede en las estrellas. El control de este proceso abriría las puertas a una fuente inacabable de energía. Por otro lado, como los plasmas son materia con carga eléctrica, su interacción con campos magnéticos puede ayudar a generar energía eléctrica, llamada potencial magneto hidrodinámica.

CUESTIONES

1. En resumen ¿cuál es el cuarto estado de la materia y por qué se caracteriza?
2. ¿Qué es una sustancia ionizada?
3. ¿Por qué se requiere grandes cantidades de energía para lograr el estado de plasma?
4. ¿Es posible encontrar estados de plasma en nuestro hogar, cite ejemplos?
5. ¿Por qué no es común o fácil, encontrar u obtener estados de plasma en nuestro entorno?
6. A que temperatura equivalen en °C las temperaturas de los plasmas fríos y calientes
7. ¿Cómo es el funcionamiento de los televisores de plasma?
8. ¿Qué pasaría si a altísimas temperaturas se diera la fusión de los núcleos atómicos?

Momento 3. Propiedades periódicas y tipos de enlace químico

Objetivos:

- a) Relacionar conceptos básicos preliminares como electronegatividad, distribución electrónica, estructura de Lewis, regla del octeto, para la formación del enlace químico.
- b) Reconocer las características básicas del enlace iónico, covalente y metálico.

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Obstáculos a superar o aprendizajes esperados:

- a) Estar en la capacidad de diferenciar, según las características, y aplicar los conceptos de electronegatividad, distribución electrónica, estructura de Lewis, regla del octeto, para la formación del enlace químico.
- b) Generalizar/concebir la formación del enlace químico como interacciones eléctricas entre núcleos y electrones o entre iones vecinos; y no simplemente como modelo de enlace electrostático, es decir, transferencia de uno o más electrones a otro átomo o por la atracción de cargas opuestas.

Actividades:

1. Ingresa al siguiente Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), figura 21, http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/mtria_ensenanza/tabla_periodica/html/home.html, y realiza:

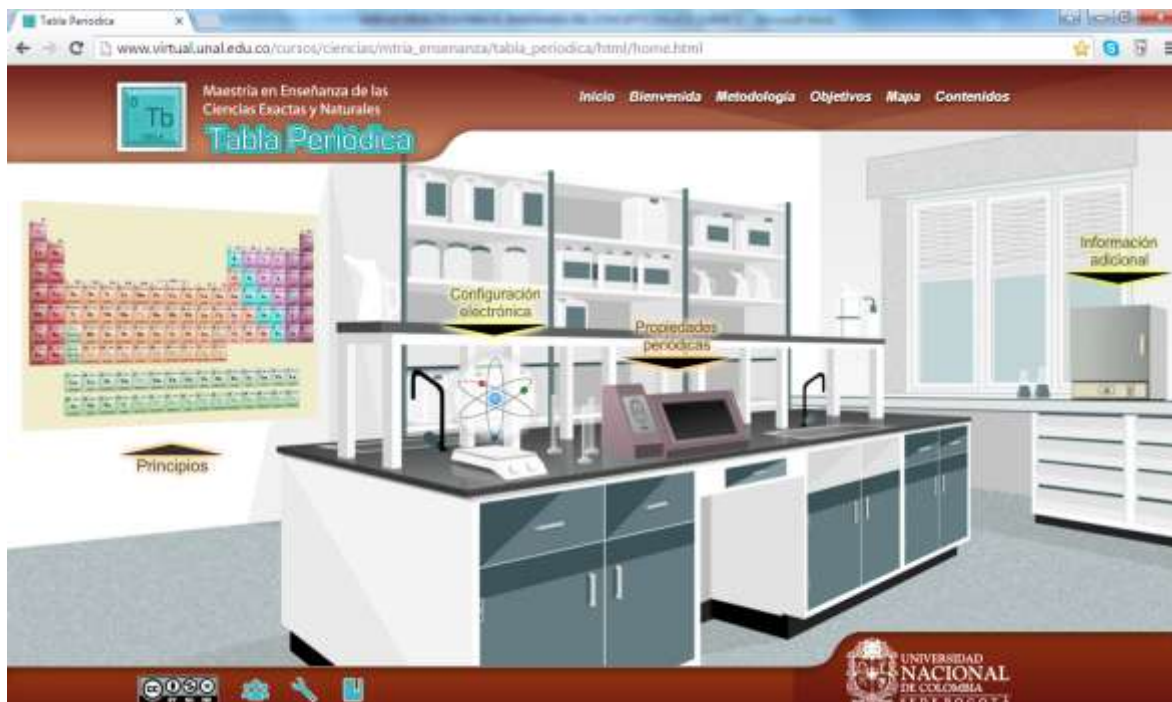


Figura 21. Objeto Virtual de Aprendizaje tabla periódica

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/mtria_ensenanza/tabla_periodica/html/home.html

- a) Explora el menú de herramientas “Principios”, en la cual repasaras la importancia e historia de la tabla periódica, destacando su principal característica de predecir y clasificar los elementos químicos según sus propiedades. Toma los apuntes correspondientes y haz una retroalimentación con tus compañeros de clase realizando una sopa de letras o crucigrama.
 - b) Haz click en “configuración electrónica”, en la cual podrás profundizar y realizar actividades de ejercitación con retroalimentación del tema. Recuerda, no avances hasta no tener claridad en los conceptos y principios que rigen a la configuración electrónica.
 - c) Ingresa a la sección “propiedades periódicas”, en ella encontraras la fundamentación de las principales propiedades periódicas, como se caracterizan y ubican en la tabla periódica. Realiza una síntesis de cada una de ellas, con los respectivos esquemas. Además, realiza las diferentes actividades de aprendizaje o ejercitación con la respectiva retroalimentación. Recuerda, no avances hasta no tener claridad en los conceptos y principios que rigen las propiedades periódicas.
2. Lee atentamente la sección 5 del capítulo 8 del libro “*Química la ciencia central*” de Brown et al., (2009), 11^a edición, y realiza las actividades de aprendizajes teniendo en cuenta la explicación y los ejemplos descritos.

8 .5 REPRESENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE LEWIS

Las estructuras de Lewis nos ayudan a comprender los enlaces de muchos compuestos, y con frecuencia se utilizan para explicar las propiedades de las moléculas. Por esta razón, la representación de las estructuras de Lewis es una habilidad importante que debe desarrollar. Para

hacerlo, debe seguir un procedimiento regular. Primero describiremos el procedimiento, y luego presentaremos varios ejemplos.

1. Sume los electrones de valencia de todos los átomos. (Si es necesario, utilice la tabla periódica para que pueda determinar el número de electrones de valencia de cada átomo). En el caso de un anión, sume un electrón del total de cada carga negativa. Para un catión, reste un electrón del total de cada carga positiva. No se preocupe por saber de qué átomos provienen los electrones. Sólo el número total es importante.

2. Escriba los símbolos de los átomos para mostrar cuáles átomos están unidos con cuáles, y conéctelos mediante un enlace sencillo (un guión que representa dos electrones). Las fórmulas químicas con frecuencia se escriben en el orden en el que están conectados los átomos en la fórmula o ion. Por ejemplo, la fórmula HCN le indica que el átomo de carbono está enlazado al átomo de H y al de N.

En muchas moléculas y iones poliatómicos, el átomo central generalmente se escribe primero, como en el CO_3^{2-} y el SF_4 . Recuerde que el átomo central es menos electronegativo que los átomos que lo rodean. En otros casos, es probable que necesite más información antes de que pueda representar la estructura de Lewis.

3. Complete los octetos alrededor de todos los átomos enlazados al átomo central. Sin embargo, recuerde que sólo se utiliza un par de electrones alrededor del hidrógeno.

4. Coloque los electrones que sobren en el átomo central, incluso si al hacerlo resulta más de un octeto de electrones alrededor del átomo.

5. Si no hay electrones suficientes para que el átomo central tenga un octeto, intente con enlaces múltiples. Utilice uno o más de los pares no compartidos de electrones de los átomos enlazados al átomo central para formar enlaces dobles o triples.

EJERCICIO RESUELTO 8.6 | Representación de estructuras de Lewis

Represente la estructura de Lewis para el tricloruro de fósforo, PCl_3 .

SOLUCIÓN

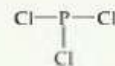
Análisis y estrategia: Se nos pide representar una estructura de Lewis a partir de una fórmula molecular. Nuestra estrategia es seguir el procedimiento de cinco pasos que acabamos de describir.

Resolución:

Primero, sumamos los electrones de valencia. El fósforo (Grupo 5A) tiene cinco electrones de valencia, y cada cloro (Grupo 7A) tiene siete. El número total de electrones de valencia es, por lo tanto,

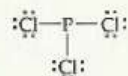
$$5 + (3 \times 7) = 26$$

Segundo, acomodamos los átomos para mostrar cuál átomo está conectado con cuál, y dibujamos un enlace sencillo entre ellos. Hay varias formas de acomodar a los átomos. Sin embargo, en el caso de los compuestos binarios (dos elementos), el primer elemento que aparece en la fórmula química es el que generalmente se rodea con los átomos restantes. Por lo tanto, comenzamos con una estructura de esqueleto que muestra un enlace sencillo entre el átomo de fósforo y cada átomo de cloro:

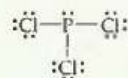


(No es necesario colocar a los átomos exactamente en este arreglo).

Tercero, completamos los octetos de los átomos enlazados al átomo central. A) colocar los octetos alrededor de cada átomo de Cl, representamos 24 electrones (recuerde que cada línea de la estructura indica *dos* electrones):



Cuarto, colocamos los dos electrones restantes en el átomo central, con lo que completamos el octeto a su alrededor:



Esta estructura da a cada átomo un octeto, por lo que nos detenemos en este punto (recuerde que para alcanzar un octeto, los electrones de enlace cuentan para ambos átomos).

EJERCICIO DE PRÁCTICA

- (a) ¿Cuántos electrones de valencia deben aparecer en la estructura de Lewis del CH_2Cl_2 ?
- (b) Represente la estructura de Lewis.

Brown et al., (2009)

EJERCICIO RESUELTO 8.7 | Estructuras de Lewis con enlaces múltiples

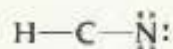
Represente la estructura de Lewis para el HCN.

SOLUCIÓN

El hidrógeno tiene un electrón de valencia, el carbono (Grupo 4A) tiene cuatro, y el nitrógeno (Grupo 5A) tiene cinco. El número total de electrones de valencia es, por lo tanto, $1 + 4 + 5 = 10$. En principio, hay distintas formas que podríamos elegir para acomodar los átomos. Debido a que el hidrógeno sólo puede acomodar un par de electrones, éste siempre tiene un solo enlace sencillo asociado a él, en cualquier compuesto. Por lo tanto, $C-H-N$ es un arreglo imposible. Las dos posibilidades que quedan son $H-C-N$ y $H-N-C$. El primer arreglo es el que se encontró experimentalmente. Quizá supuso que éste era el arreglo atómico porque (a) la fórmula está escrita con los átomos en este orden, y porque (b) el carbono es menos electronegativo que el nitrógeno. Entonces, comenzamos con una estructura de esqueleto que muestra enlaces sencillos entre el hidrógeno, carbono y nitrógeno:



Estos dos enlaces representan cuatro electrones. Si después colocamos los seis electrones restantes alrededor del N para darle un octeto, observamos que no alcanzamos un octeto en el C:



Por lo tanto, intentamos un enlace doble entre el C y el N, utilizando uno de los pares de electrones no compartidos para colocarlo sobre el N. De nuevo, hay menos de ocho electrones sobre el C, por lo que ahora intentaremos con un enlace triple. Esta estructura nos da un octeto alrededor del C y del N:



Vemos que la regla del octeto se cumple para los átomos de C y N, y que el átomo de H tiene dos electrones a su alrededor. Ésta parece ser una estructura de Lewis correcta.

EJERCICIO DE PRÁCTICA

Represente la estructura de Lewis para (a) el ion NO^+ , (b) C_2H_4 .

Brown et al., (2009)

- Ingresar al link: <https://www.youtube.com/watch?v=uvZCFupdl4U>, en él hallaras un video donde ejemplifican y explican la Ley del octeto. A partir de este, responde las siguientes cuestiones:

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

- a) ¿En qué consiste la Ley del Octeto? ¿Cuál es su importancia al momento de formar un enlace químico?
- b) Consulta y ejemplifica las excepciones que presenta la Ley del Octeto.
- c) Plantee una estrategia en la que puedas explicar o aplicar la Ley del Octeto a sus compañeros de curso (bailes, actividades grupales).



Figura 22. Ley del octeto

<https://www.youtube.com/watch?v=uvZCFupdI4U>

4. Ingresa al siguiente link de la página web: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/material/es/enlaces/enlaces1.htm, en la cual encontraras un guía interactiva que te expondrá las características básicas de los tipos de enlaces fuertes interatómicos (iónico, covalente, metálico), así como actividades de aprendizaje o ejercitación, la cuales deberás responder

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

y hacer el respectivo proceso de retroalimentación. Recuerda, no avances hasta no tener comprender las propiedades y características de los diferentes tipos de enlaces químicos: iónico, covalente y metálico.

Enlaces

concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/enlaces/enlaces1.htm

Enlaces y sustancias E. iónico E. covalente E. metálico Activ. finales

Enlaces entre átomos

Prácticamente todas las sustancias que encontramos en la naturaleza están formadas por átomos unidos. Las intensas fuerzas que mantienen unidos los átomos en las distintas sustancias se denominan **enlaces químicos**.

¿Por qué se unen los átomos?

Los átomos se unen porque, al estar unidos, adquieren una situación más estable que cuando estaban separados.

Esta situación de mayor estabilidad suele darse cuando el número de electrones que poseen los átomos en su último nivel es igual a ocho, estructura que coincide con la de los gases nobles.

Los **gases nobles** tienen muy poca tendencia a formar compuestos y suelen encontrarse en la naturaleza como átomos aislados. Sus átomos, a excepción del helio, tienen 8 electrones en su último nivel. Esta configuración electrónica es extremadamente estable y a ella deben su poca reactividad.

Podemos explicar la unión de los átomos para formar enlaces porque con ella consiguen que su último nivel tenga 8 electrones, la misma configuración electrónica que los átomos de los gases nobles. Este principio recibe el nombre de **regla del octeto** y aunque no es general para todos los átomos, es útil en muchos casos.

Distintos tipos de enlaces

Las propiedades de las sustancias dependen en gran medida de la naturaleza de los enlaces que unen sus átomos.

Existen tres tipos principales de enlaces químicos: enlace iónico, enlace covalente y enlace metálico. Estos enlaces, al condicionar las propiedades de las sustancias que los presentan, permiten clasificarlas en: iónicas, covalentes y metálicas o metales.

(pulsar en la figura sobre los nombres los tipos de enlaces y sustancias para ver sus características)









Tipos de enlace			
Iónico	Covalente		Metálico
Sólidos iónicos	Sustancias moleculares	Sólidos de red covalente	Sólidos metálicos
 Cuarzo	 Agua	 Cuarzo	 Cobre
 Sal común	 Gas nitrógeno	 Diamante	 Iridio

Figura 23. Enlace químico

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/enlaces/enlaces1.htm

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Enlace covalente

concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/enlaces/covalente.htm

Enlaces y sustancias E. iónico E. covalente E. metálico Acto. finales

Enlace covalente

Los enlaces covalentes son las fuerzas que mantienen unidos entre sí los átomos no metálicos (los elementos situados a la derecha en la tabla periódica: C, O, F, Cl, ...).

Estos átomos tienen muchos electrones en su nivel más externo (electrones de valencia) y tienen tendencia a ganar electrones más que a perderlos, para adquirir la estabilidad de la estructura electrónica de gas noble. Por tanto, los átomos no metálicos no pueden cederse electrones entre sí para formar iones de signo opuesto.

En este caso el enlace se forma al compartir un par de electrones entre los dos átomos, uno procedente de cada átomo. El par de electrones compartido es común a los dos átomos y los mantiene unidos, de manera que ambos adquieren la estructura electrónica de gas noble. Se forman así habitualmente moléculas: pequeños grupos de átomos unidos entre sí por enlaces covalentes.

Ejemplo: El [gas cloro](#) está formado por moléculas, Cl_2 , en las que dos átomos de cloro se hallan unidos por un enlace covalente. En la siguiente simulación interactiva están representados 2 átomos de cloro con solo sus capas externas de electrones. Aproxima un átomo a otro con el ratón y observa lo que ocurre.

Modelo interactivo:



Átomo de cloro Observar Átomo de cloro

El átomo de cloro (su configuración electrónica es 2,8,7), tiene en su última capa electrones. Por tanto, para adquirir la estructura electrónica de gas noble, tiene tendencia a un electrón, consiguiendo una configuración electrónica estable.

Al acercarse dos átomos de cloro, lo que ocurre es que un par de electrones, de manera que cada átomo adquiere en su nivel externo, no compartidos y compartidos. El par de electrones compartido constituye el .

Pista Comprobar

Figura 24. Enlace covalente

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/enlaces/covalente.htm

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Enlaces: actividades finales: X

concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/enlaces/activfinal.htm

Enlaces y sustancias E. iónico E. covalente E. metálico Actividades finales

Enlaces: Actividades finales

1. Al combinarse los átomos de potasio (un metal alcalino) con los átomos de bromo (un no metal del grupo de los halógenos), lo más probable es que entre ellos se establezca:

- Enlace covalente
- Enlace metálico
- Enlace por puentes de hidrógeno
- Enlace iónico

2. Un sólido metálico está formado por:

- Iones positivos y negativos
- Iones positivos y una nube de electrones
- Iones negativos y una nube de electrones
- Átomos neutros que comparten electrones

3. ¿Cuál será la clase de enlace químico más probable que puede establecerse entre los átomos de los siguientes elementos?

1. Hierro-hierro:
2. Cloro-magnesio:
3. Carbono-oxígeno:
4. Flúor-flúor:
5. Neón-neón:

4. Señala cuáles de los siguientes compuestos serán de tipo iónico:

- CaO (óxido de calcio)
- O₂ (oxígeno)
- NaF (fluoruro de sodio)
- N₂O (óxido de dinitrógeno)
- NH₃ (amoníaco)

5. De los sólidos siguientes, marca los que son muy solubles en agua:

- Cobre (Cu)
- Cuarzo (SiO₂)
- Fluorita (CaF₂)
- Hierro (Fe)
- Sodio (NaCl)

borrar calificación

Figura 25. Actividades de aprendizaje enlace químico

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/enlaces/activfinal.htm

Evaluación del aprendizaje:

1. ¿Qué he aprendido del tema? ¿Cuáles eran mis ideas o conocimientos frente al tema antes de estudiarlo?

2. ¿Cuáles fueron las principales dificultades en la comprensión del tema que tuve durante la intervención didáctica? ¿Por qué? ¿Qué acciones hice para superarlas?

3. ¿Qué recomendaciones plantearía para facilitar la comprensión de las actividades y del tema?

5.2.2 Secuencia II. Introducción de nuevos conocimientos.

Tabla 7. Secuencia de actividades II

Actividad	Objetivos	Obstáculos a superar / Aprendizajes esperados
Observar el video “¿Qué son los enlaces químicos? ¿Qué tipos de enlaces químicos existen?”	Utilizar modelos materiales bidimensionales para ejemplificar, comprender y predecir la formación del enlace químico.	Propiciar destrezas abstracto-espaciales, de lo macroscópico (real-tangible) a lo nanoscópico (teórico-no tangible), al representar mediante modelos materiales bidimensionales (didácticos y/o científicos) la estructura e interacción de las sustancias estudiadas.

Tabla 7: (Continuación)

<p>1. Ingresa a la página web interactiva e-educativa.catedu.es</p>	<p>Conocer las diferentes teorías de enlaces, desde lo histórico-epistemológico, que sustentan cómo y por qué se produce el enlace químico.</p>	<p>a) Identificar las características que sustentan las teorías de enlace, sus alcances y limitaciones, según el momento histórico que convergen o del contexto.</p>
<p>2. Analizar el video “Enlace covalente: teoría de orbitales moleculares”.</p>		<p>b) Reconocer diferentes modelos explicativos, sobre la formación del enlace químico, diferentes al electrostático y al electrovalencia.</p>
<p>3. Ingresa a la página web http://www.quimicube.com/videos/enlace-metalico-teoria-de-bandas.</p>		

Momento 1. Conociendo y aprendiendo los conceptos básicos claves para la formación del enlace químico.

Objetivos:

Utilizar modelos materiales bidimensionales para ejemplificar, comprender y predecir la formación del enlace químico.

Obstáculos a superar o aprendizajes esperados:

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Propiciar destrezas abstracto-espaciales, de lo macroscópico (real-tangible) a lo nanoscópico (teórico-no tangible), al representar mediante modelos materiales bidimensionales (didácticos y/o científicos) la estructura e interacción de las sustancias estudiadas.

Actividad:

1. En el siguiente link: <https://www.youtube.com/watch?v=Jw83nWI9jCA>, encontraras un video que describe los conceptos básicos que se requieren para poder comprender y explicar la formación del enlace químico. Obsérvelo y analícelo detalladamente y resuelve:

a) Realiza en icopor diferentes modelos materiales bidimensionales que puedas utilizar para explicar:

- La estructura atómica
- Niveles de energía
- Electrones de valencia
- Electronegatividad
- Ley del octeto
- Apantallamiento electrónico
- Enlace covalente
- Enlace covalente polar
- Enlace iónico.

b) A partir de los conceptos aprendidos, realiza un crucigrama de al menos 10 pistas, con la respectiva justificación.



Figura 26. ¿Qué son los enlaces químicos? ¿Qué tipos de enlaces químicos existen?

<https://www.youtube.com/watch?v=Jw83nWI9jCA>

Momento 2. Razonando el cómo y el por qué se producen los enlaces químicos.

Objetivos:

Conocer las diferentes teorías de enlaces, desde lo histórico-epistemológico, que sustentan cómo y por qué se produce el enlace químico.

Obstáculos a superar o aprendizajes esperados:

- Identificar las características que sustentan las teorías de enlace, sus alcances y limitaciones, según el momento histórico que convergen o del contexto.

- b) Reconocer diferentes modelos explicativos, sobre la formación del enlace químico, diferentes al electrostático y al electrovalencia.

Actividades:

1. Ingresa a la página web interactiva, mediante el link: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4844/html/1_teora_electronica_de_lewis.html, en ella explorarás las siguientes secciones:

1: teoría electrónica de Lewis; 1.1: Geometría molecular, modelo RPECV; 2: teoría de enlace de valencia y 2.1: enlaces sigma y pi.

Avanzando en la introducción de nuevos conocimientos, deberás realizar la síntesis de la conceptualización presentada en cada sección, al igual que las diferentes actividades de aprendizajes con la respectiva retroalimentación o reflexión. Recuerda, no avances a la siguiente sección hasta no comprender y resolver las diferentes actividades propuestas.

1. Teoría electrónica de Lewis

Cuando reaccionan dos átomos que necesitan electrones para adquirir configuración electrónica de gas noble y cumplir la regla del octeto, la única posibilidad es que compartan electrones. Las estructuras electrónicas resultantes se llaman estructuras de Lewis y permiten explicar la formación de enlaces covalentes.

Esta teoría electrónica explica también la formación de enlaces covalentes entre elementos metálicos y no metálicos en los que la diferencia de electronegatividad no es muy elevada, con lo que no llegan a formarse iones por transferencia electrónica.

Asimismo, se explican con facilidad sustancias covalentes como el diamante o la sílice.

Imagen 2 Elaboración propia

Imagen 3 Elaboración propia

Figura 27. Teoría electrónica de Lewis

http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4844/html/1_teora_electronica_de_lewis.html

11 Geometría molecular

e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4844/html/11_geometria_molecular_modelo_rpecv.html

Tema 2. Enlace covalente

1. Teoría electrónica de Lewis

1.1 Geometría molecular: modelo RPECV

2. Teoría de enlace de valencia

3. Hibridación de orbitales

4. Polaridad de los enlaces y de las moléculas

5. Estructuras de moléculas

1.1 Geometría molecular: modelo RPECV

Las estructuras electrónicas de Lewis no explican la geometría de las moléculas. Por ejemplo, la molécula de agua se suele representar en línea (H-O-H), pero eso no significa que sea lineal.

Para determinar la geometría de las moléculas o de las redes covalentes se utiliza una teoría publicada en 1970 por Gillespie, llamada **VSEPR** (Valence Shell Electron Pair Repulsion), o de **repulsión de los pares de electrones de la capa de valencia (RPECV)**.

No es un modelo de enlace, pues no explica la formación de enlaces: parte de las estructuras de Lewis, a las que aplica unas sencillas reglas para obtener la geometría correspondiente. Esas reglas se basan en la repulsión entre pares de electrones, que son interacciones puramente electrostáticas.

1. Los pares de electrones se sitúan lo más lejos posible entre ellos para que la repulsión sea mínima.
2. Los pares sin compartir (no enlazantes) repelen a los compartidos (enlazantes) más que al revés, ya que necesitan más espacio al ser menos direccionales por no formar enlaces.
3. Los enlaces múltiples repelen a los sencillos más que al revés, ya que tienen mayor número de electrones.

Molécula	Estructura de Lewis	Pares enlazantes	Pares no enlazantes	Estructura	Geometría	Modelo molecular
BeCl_2		2	0		Lineal	
BF_3		3	0		Triangular	
CH_4		4	0		Tetraédrica	

Figura 28. Geometría molecular: modelo RPECV

http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4844/html/11_geometria_molecular_modelo_rpecv.html

2. Teoría de enlace de valencia

2.1 Enlaces sigma y pi

3. Hibridación de orbitales

4. Polaridad de los enlaces y de las moléculas

5. Estructuras de moléculas

2. Teoría de enlace de valencia

Como ya has visto, las estructuras electrónicas de Lewis tienen limitaciones: la regla del octeto no siempre se cumple, los enlaces múltiples no son la suma de enlaces sencillos y, además, es necesario utilizar otra teoría (RPECV) para poder explicar la geometría de las estructuras.

Por esa razón, para explicar el enlace covalente se propuso en 1927 una nueva teoría, llamada de enlace de valencia, con un planteamiento radicalmente diferente, ya que utiliza los orbitales atómicos como elemento clave.

Según esta teoría, el enlace se forma por superposición de orbitales atómicos de dos átomos diferentes, con un electrón cada uno (orbitales semllenos, electrones desapareados). Al superponerse los dos orbitales atómicos se forma un orbital de la molécula con dos electrones, que supone la formación de un enlace entre los dos átomos.

Observa en la imagen la superposición de los orbitales en la formación de las moléculas de H_2 . Debajo se indica la estructura electrónica de Lewis. En la animación se simula la superposición de orbitales para formar una molécula de O_2 .

Imagen 11 [Jack Hill](#), Creative Commons

Simulación 2 [Roberto Simabón](#), Creative Commons

Figura 29. Geometría molecular: modelo RPECV

[http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4844/html/2_teor_a_de_enlace_de_valencia.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4844/html/2_teor%C3%ADa_de_enlace_de_valencia.html)

The screenshot shows a web browser window with the URL http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4844/html/21_enlaces_sigma_y_pi.html. The page content includes a navigation menu on the left with the following items: Tema 2. Enlace covalente, 1. Teoría electrónica de Lewis, 2. Teoría de enlace de valencia (highlighted), 2.1 Enlaces sigma y pi (highlighted), 3. Hibridación de orbitales, 4. Polaridad de los enlaces y de las moléculas, and 5. Estructuras de moléculas.

The main content area is titled "2.1 Enlaces sigma y pi". Below the title, it states: "Ahora vas a ver cómo se forman algunas moléculas sencillas según la teoría de enlace de valencia." The section is titled "Molécula de cloro (Cl₂)" and explains that the molecule is explained like H₂. The electron configuration for Cl is given as [Ne] 3s² 3p_x² 3p_y¹ 3d_z². It describes how the overlap of orbitals from two chlorine atoms forms a sigma bond, which is the most stable type of bond. It notes that sigma bonds can also form between two s orbitals, between an s and a p orbital, or between two p orbitals. A summary states that a sigma bond is formed between the 3p orbitals of two chlorine atoms, resulting in a simple Cl-Cl bond.

Below the text, there are two diagrams. The first diagram, labeled "Enlaces σ formados por solapamiento frontal de orbitales", shows three types of sigma bond formation: s-s overlap, s-p overlap, and p-p overlap. The second diagram, labeled "Enlace π (solapamiento lateral)", shows the side-to-side overlap of two p orbitals to form a pi bond. The source is cited as "Imagen 12 Carmen López. Uso educativo".

Figura 30. Enlaces sigma y pi

http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4844/html/21_enlaces_sigma_y_pi.html

2. A partir del video explicativo de la teoría orbital molecular (TOM), que lo encontraras en el link: <https://www.youtube.com/watch?v=bvRGaCmIYTI> realiza un cuadro comparativo, con las semejanzas y diferencias entre esta teoría y su predecesora, la teoría de enlace de valencia (TEV). Realiza los diferentes modelos materiales bidimensionales que te permitan explicar y caracterizar cada teoría.

ENLACE COVALENTE: TEORÍA DE ORBITALES MOLECULARES Molécula Orbital de Enlace Orbital Antienlazante

Figura 31. Enlace covalente: teoría de Orbitales Moleculares

<https://www.youtube.com/watch?v=bvRGaCmIYTI>

- Ingresar a la página web <http://www.quimitube.com/videos/enlace-metalico-teoria-de-bandas>, en esta encontrarás la explicación de la teoría de bandas de una manera muy clara y sencilla, además de un video de profundización de la misma. Luego de hacer el análisis y síntesis de la información mostrada, realizaras una actividad didáctica, explicando a tus compañeros la teoría de bandas.

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Teoría de Equilibrio Químico

Ejercicios Equilibrio Químico

Reacciones Ácido Base

Teoría Química ácido base

Ejercicios Química ácido base
Enunciados en PDF

Reacciones Redox

Teoría Química Redox

Ejercicios Química Redox
Enunciados en PDF

Exámenes de Selectividad

Exámenes Química Selectividad de los últimos años

Exámenes de Química de la Prueba de Acceso para Mayores de 25

Últimos comentarios

anunciado on ¿Eliminar cadáveres con ácido fluorhídrico?

QuimTube on Cinética química teoría 4; Teoría del estado de transición

Por tanto, en los metales, hay **bandas de valencia**, que son bandas en las que se hallan los electrones de valencia y pueden estar llenas o semilenas, dependiendo de la configuración electrónica del metal, y **bandas de conducción**, que pueden hallarse vacías o parcialmente vacías y facilitan la conducción porque son energéticamente accesibles. De hecho, **los metales son conductores porque las bandas de valencia y de conducción se superponen**, y esto hace que los electrones se muevan con libertad de una a otra.

En el caso de los **semiconductores**, las **bandas de valencia y de conducción no se superponen**, pero la **diferencia energética entre ambas es pequeña**, por lo que una pequeña aportación energética hará que puedan promocionar electrones a la **banda de conducción** y, por tanto, conducir la corriente eléctrica.

En los **aislantes**, por su parte, las dos bandas están tan alejadas que **la banda de conducción es inaccesible**, motivo por el cual son incapaces de conducir la corriente.

Bandas superpuestas $\Delta E = 0$

Bandas cercanas en energía ΔE Pequeño

Bandas alejadas en energía ΔE Grande

Banda de conducción

Banda de valencia

CONDUCTOR SEMICONDUCTOR AISLANTE

Figura 32. Teoría de Bandas

<http://www.quimitube.com/videos/enlace-metalico-teoria-de-bandas>

Evaluación del aprendizaje:

1. ¿Qué he aprendido del tema? ¿Cuáles eran mis ideas o conocimientos frente al tema antes de estudiarlo?

2. ¿Cuáles fueron las principales dificultades en la comprensión del tema que tuve durante la intervención didáctica? ¿Por qué? ¿Qué acciones hice para superarlas?

3. ¿Qué recomendaciones plantearía para facilitar la comprensión de las actividades y del tema?

5.2.3 Secuencia III. Sistematización: Estructuración del conocimiento, actividades de síntesis, elaboración de conclusiones.

Tabla 8. Secuencia de actividades III

Actividad	Objetivos	Obstáculos a superar / Aprendizajes esperados
Ingresa a la página web de la University of Colorado Boulder https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/chemistry , descarga los Phet: Polaridad de una molécula y Formas de una molécula.	a) Emplear herramientas TIC como simuladores (Phet), en la contrastación y demostración de la formación del enlace químico a partir de conceptos básicos explicados.	a) Asociar diferentes modelos bidimensionales y tridimensionales y computaciones en la explicación, modelación y predicción de la formación del enlace químico.

Tabla 8: (Continuación)

	b) Predecir el tipo de enlace a formar según las propiedades de los elementos que le den lugar.	b) Ejemplificar y explicar las diferentes representaciones del enlace químico, partiendo del mundo nanoscópico (teórico-abstracto) hasta llegar al mundo macroscópico (real-concreto).
<p>Descargar e instalar VlabQ, simulador interactivo de prácticas de laboratorio virtuales de química. Realizar práctica de conservación de la materia.</p>	<p>Realizar una práctica de laboratorio virtual, por medio de la cual el estudiante reconocerá algunos de los materiales y reactivos más empleados en el laboratorio, simulando fenómenos reales, realizar medidas y expresarlas en las unidades respectivas, demostrando Leyes y Teorías. Además le permitirá plantearse hipótesis y corroborarlas de los diferentes fenómenos descritos.</p>	<p>a) Comprender las transformaciones que sufre la materia cuando se da una reacción, ruptura y formación de nuevos enlaces, conservando lo cantidad de masa y de energía.</p> <p>b) Predecir y explicar los tipos de enlaces que presentan algunas sustancias de uso en el laboratorio.</p>

Momento 1. Interactúa, explora y opera simuladores (Phet), en la construcción y predicción del enlace químico.

Objetivos:

- a) Emplear herramientas TIC como simuladores (Phet), en la contrastación y demostración de la formación del enlace químico a partir de conceptos básicos explicados.
- b) Predecir el tipo de enlace a formar según las propiedades de los elementos que le den lugar.

Obstáculos a superar o aprendizajes esperados:

- a) Asociar diferentes modelos materiales bidimensionales y tridimensionales computacionales en la explicación, modelación y predicción de la formación del enlace químico.
- b) Ejemplificar y explicar las diferentes representaciones del enlace químico, partiendo del mundo nanoscópico (teórico-abstracto) hasta llegar al mundo macroscópico (real-concreto).

Actividades:

1. Ingresa a la página web de la University of Colorado Boulder <https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/chemistry>, descarga los Phet: Polaridad de una molécula y Formas de una molécula. Explora cada uno de ellos con sus respectivas herramientas de menú. Luego resuelva las siguientes preguntas:

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

- a) ¿Cuáles son conceptos que aparecen en las diferentes simulaciones que ya hallas estudiado? ¿su aplicación y comprensión coinciden con el significado hasta ahora dado? Justifica tu respuesta.
- b) ¿Qué conceptos nuevos aparecen en las diferentes simulaciones? ¿en caso de encontrar, deduzca su aplicabilidad y luego lo comparas con el significado científico?

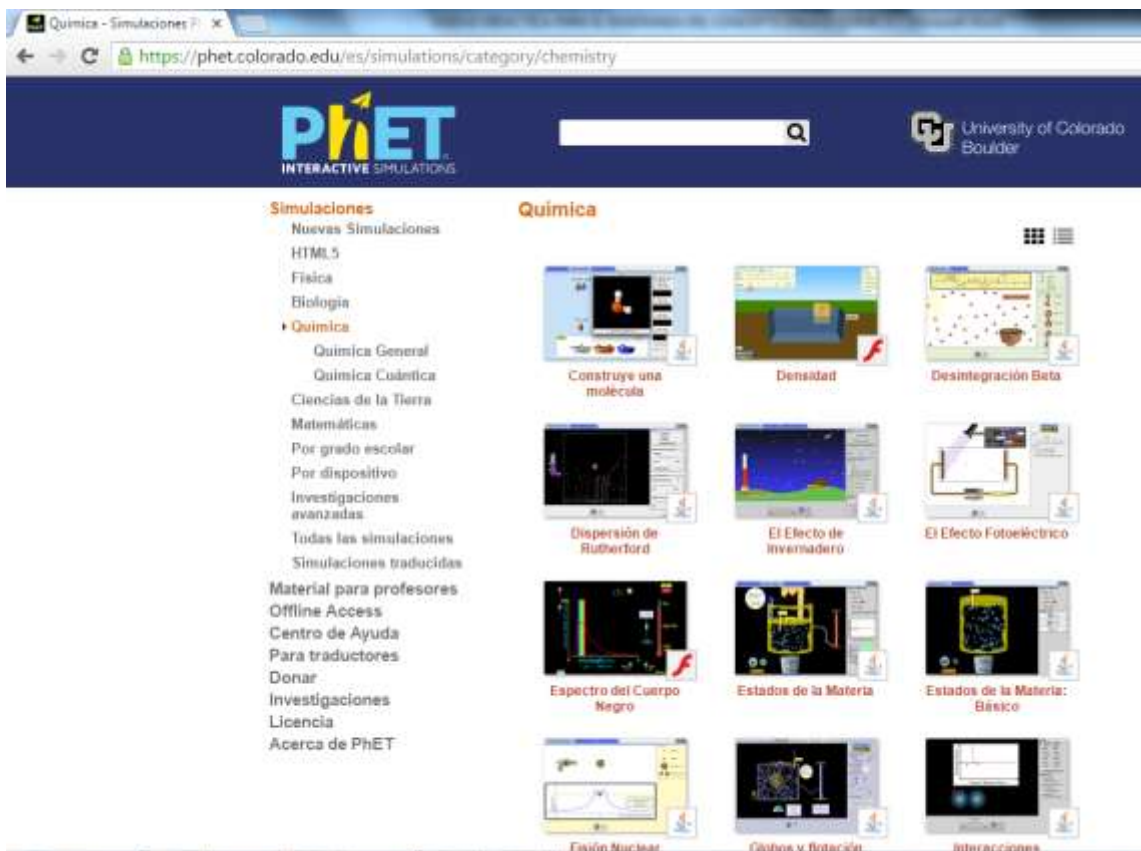


Figura 33. Simulación interactiva (Phet)

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/chemistry>

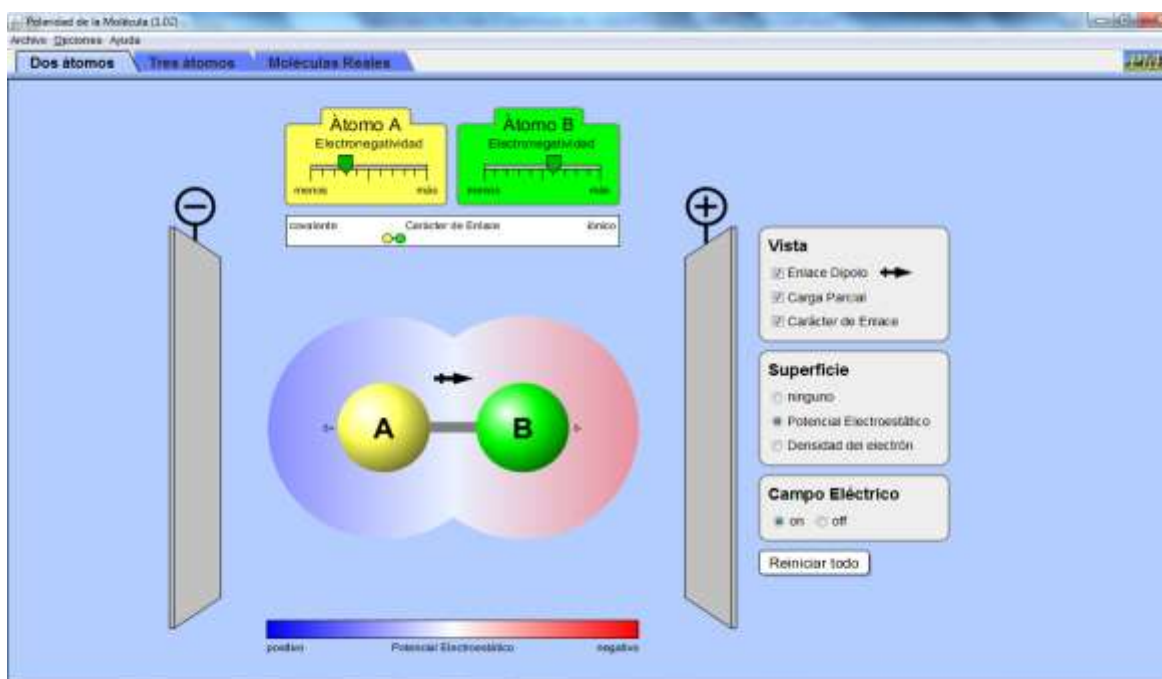
Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico



The screenshot shows the PhET website interface for the 'Polaridad de la Molécula' simulation. The URL is <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/molecule-polarity>. The page features the PhET logo, a search bar, and the University of Colorado Boulder logo. A navigation menu on the left lists various simulation categories like 'Simulaciones', 'Química', and 'Universidad'. The main content area displays the simulation title 'Polaridad de la Molécula', a video player, and a list of related topics: Polaridad and Electronegatividad. There are also buttons for 'DESCARGAR' and 'INERTAR', and a 'DONAR' button. Social media icons for Facebook, YouTube, Twitter, and Pinterest are visible on the right.

Figura 34. Polaridad molecular

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/molecule-polarity>



The screenshot shows the PhET simulation interface for 'Polaridad de la Molécula'. The interface is in Spanish and displays two atoms, 'Átomo A' (yellow) and 'Átomo B' (green), with their respective electronegativity scales. A central diagram shows the two atoms connected by a bond, with a dipole moment arrow pointing from A to B. The background is a color gradient representing the electrostatic potential, with blue for positive and red for negative. On the right, there are control panels for 'Vista' (with checkboxes for 'Enlace Dipolo', 'Carga Parcial', and 'Carácter de Enlace'), 'Superficie' (with radio buttons for 'ninguno', 'Potencial Electroestático', and 'Densidad del electrón'), and 'Campo Eléctrico' (with radio buttons for 'on' and 'off'). A 'Reiniciar todo' button is also present. A color scale for 'Potencial Electroestático' is shown at the bottom, ranging from 'positivo' (blue) to 'negativo' (red).

Figura 35. Phet: Polaridad de la molécula



Figura 36. Formas de una molécula

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/molecule-shapes>

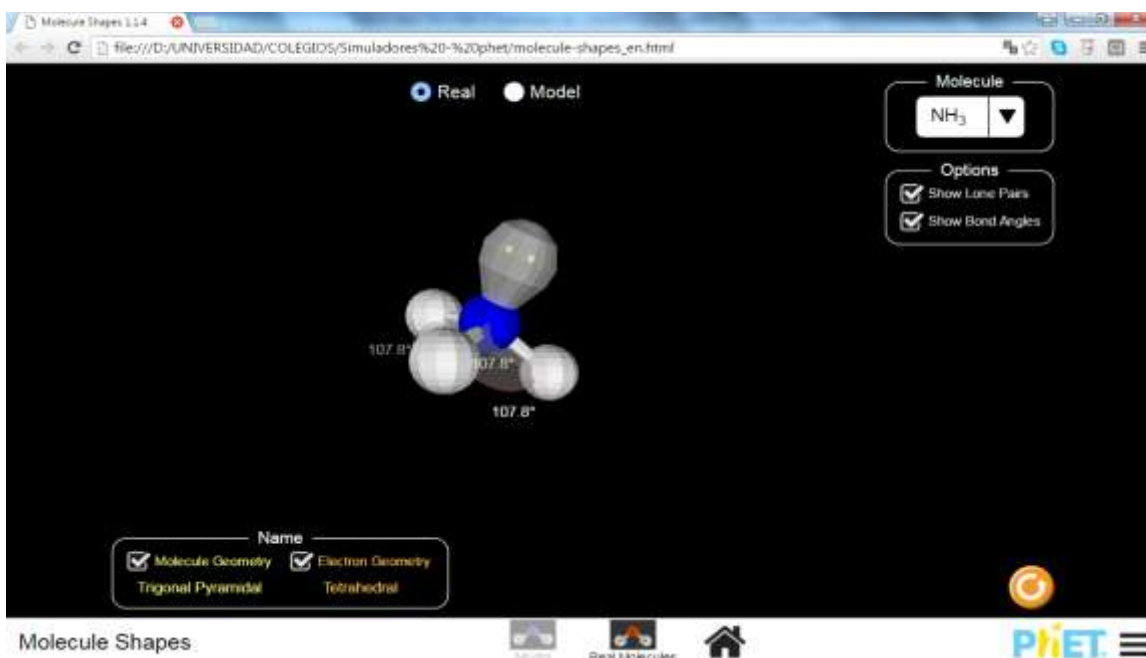


Figura 37. Phet: Formas de una molécula

Momento 2. Acercamiento a los fenómenos naturales, laboratorio virtual.

Objetivo:

Realizar una práctica de laboratorio virtual, por medio de la cual el estudiante reconocerá algunos de los materiales y reactivos más empleados en el laboratorio, simulando fenómenos reales, realizar medidas y expresarlas en las unidades respectivas, demostrando Leyes y Teorías. Además le permitirá plantearse hipótesis y corroborarlas de los diferentes fenómenos descritos.

Obstáculos a superar o aprendizajes esperados:

- a) Comprender las transformaciones que sufre la materia cuando se da una reacción, ruptura y formación de nuevos enlaces, conservando la cantidad de masa y de energía.
- b) Predecir y explicar los tipos de enlaces que presentan algunas sustancias de uso en el laboratorio.

Actividad:

En la siguiente link: <http://www.sibeas.com/prog.php?id=11> podrás descargar e instalar VlabQ, simulador interactivo de prácticas de laboratorio virtuales de química.



Figura 38. VlabQ, simulador interactivo de prácticas de laboratorio de química.

<http://www.sibeas.com/prog.php?id=11>

Luego de instalar VlabQ, ejecute el programa e ingrese a la opción Archivo > Iniciar Práctica > Conservación de la Materia.

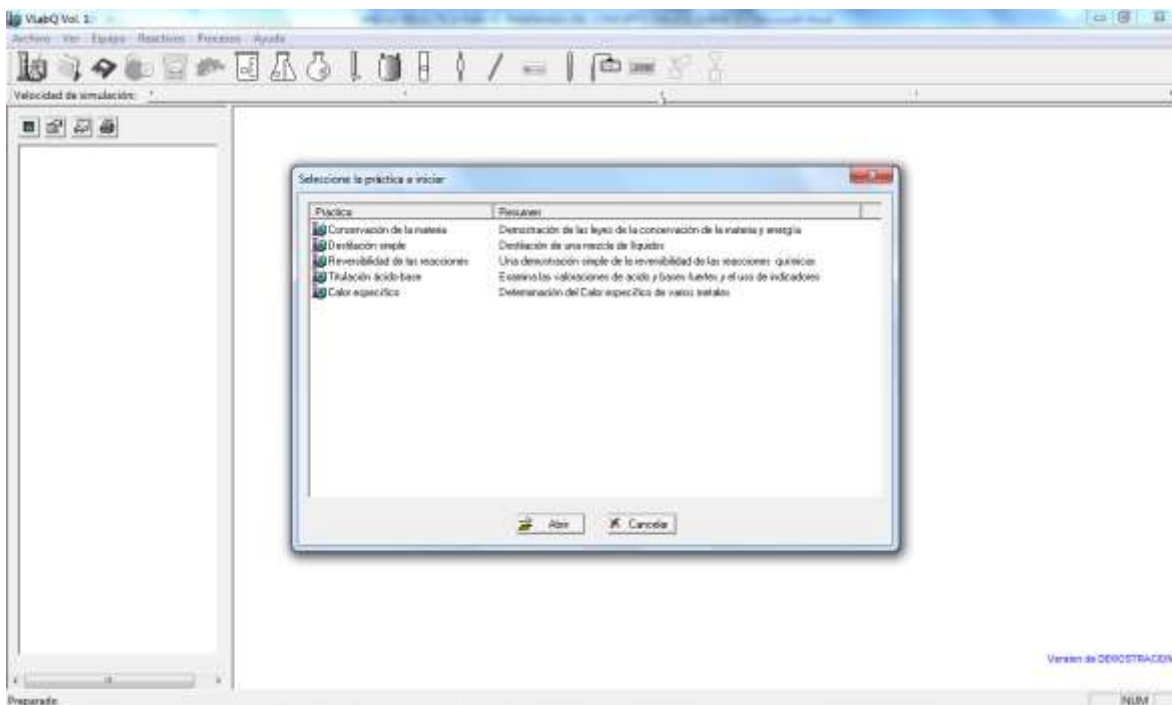


Figura 39. VlabQ, selección de práctica de laboratorio.

Ahora podrás visualizar una ventana de diálogo emergente al lado izquierdo, en la cual se divide en cuatro secciones, la primera es de marco teórico e introducción al tema, Ley de la conservación de la materia y energía. La segunda sección es el procedimiento, dónde se describe las instrucciones paso a paso de lo que se va a realizar en la práctica de laboratorio virtual. En la tercera sección, Resultados, podrás comparar los resultados obtenidos en la práctica y preguntas de discusión que deberás solucionar. Finalmente, la cuarta sección encontraras la opción de imprimir, en caso de ser necesario.

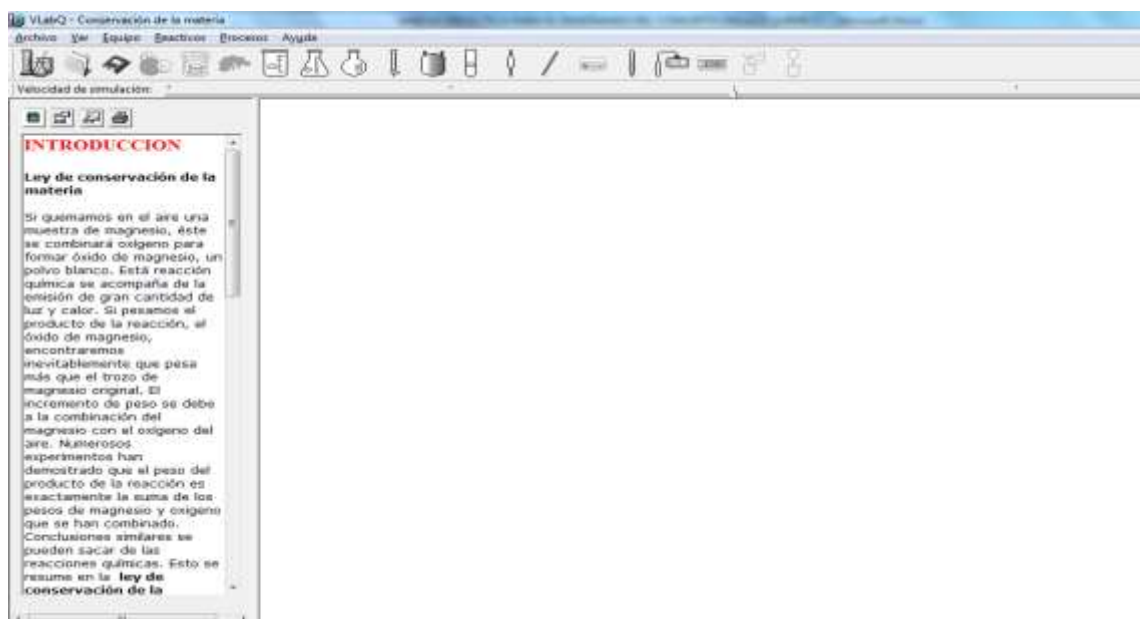


Figura 40. VlabQ, práctica conservación de la materia

Posterior a la comprensión de la introducción al tema Ley de la conservación de la materia, realiza la práctica de laboratorio teniendo en cuenta el procedimiento que se describe y de la asesoría prestada por el profesor.

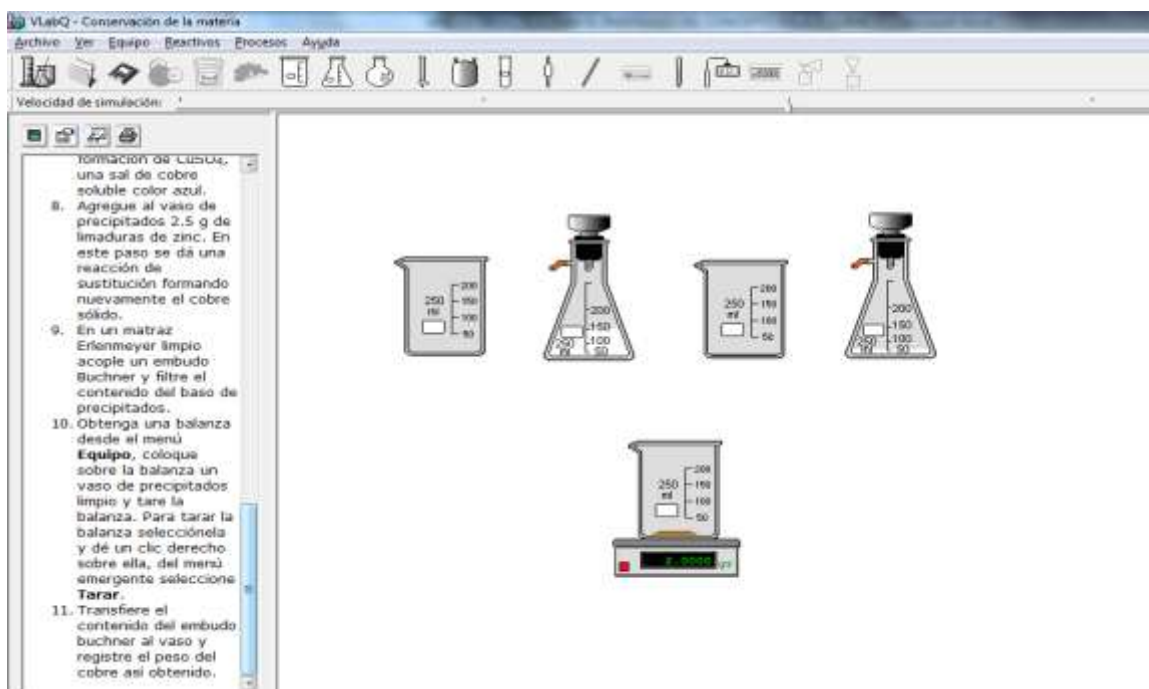


Figura 41. Procedimiento práctica de laboratorio virtual “conservación de la materia”

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

Por último, ingrese a la sección de resultados, anote los datos obtenidos en la experiencia y resuelva las preguntas de discusión.

Evaluación del aprendizaje:

1. ¿Qué he aprendido del tema? ¿Cuáles eran mis ideas o conocimientos frente al tema antes de estudiarlo?

2. ¿Cuáles fueron las principales dificultades en la comprensión del tema que tuve durante la intervención didáctica? ¿Por qué? ¿Qué acciones hice para superarlas?

3. ¿Qué recomendaciones plantearía para facilitar la comprensión de las actividades y del tema?

5.2.4 Secuencia IV. Aplicación

Tabla 9. Secuencia de actividades III

Actividad	Objetivos	Obstáculos a superar / Aprendizajes esperados
Laboratorio de propiedades de la materia y enlace químico.	<p>a) Manipular y utilizar adecuadamente las instalaciones (materiales y reactivos) del laboratorio, en la realización de la práctica “propiedades de la materia y enlace químico”.</p> <p>b) Explicar las propiedades y las transformaciones de la materia a partir de la ruptura y formación de enlaces químicos e interacciones intermoleculares.</p>	<p>Representar y explicar las diferentes estructuras y propiedades de las sustancias según la interacción o enlace que presenten, elaborando explicaciones respecto a los fenómenos que observa; es decir, elaborar modelos; avanzando desde lo teórico-abstracto a lo real-concreto y viceversa. Teniendo en cuenta los diferentes tipos y teorías de enlace.</p>
Construcción de datos didácticos.	<p>a) Demostrar destrezas lúdico-creativas en la explicación y comprensión del enlace químico.</p> <p>b) Regular y reflexionar sobre lo aprendido, con la coevaluación de los compañeros de clase.</p>	<p>Aplicar los conceptos de enlace químico en diferentes contextos (real-abstracto, macroscópico-nanoscópico, modelos didácticos-científicos), para la explicación coherente y correcta de fenómenos o sustancias cotidianas.</p>

Momento 1. Práctica de laboratorio, confrontación de lo teórico-virtual con lo real.

Objetivo:

- a) Manipular y utilizar adecuadamente las instalaciones (materiales y reactivos) del laboratorio, en la realización de la práctica: propiedades de la materia y enlace químico.
- b) Explicar las propiedades y las transformaciones de la materia a partir de la ruptura y formación de enlaces químicos e interacciones intermoleculares.

Obstáculos a superar o aprendizajes esperados:

Representar y explicar las diferentes estructuras y propiedades de las sustancias según la interacción o enlace que presenten, elaborando explicaciones respecto a los fenómenos que observa; es decir, elaborar modelos; avanzando desde lo teórico-abstracto a lo real-concreto y viceversa. Teniendo en cuenta los diferentes tipos y teorías de enlace.

Actividad 1:

Realiza la práctica de laboratorio: propiedades de la materia y enlace químico, siguiendo las instrucciones que a continuación se describen en la guía y las orientaciones dadas por el docente durante el desarrollo de la práctica en el laboratorio.

Práctica de laboratorio

Propiedades de la materia y enlace químico

La presente práctica de laboratorio se realiza con el objetivo que tanto el docente como el estudiante exponga, caractericen y demuestren los diferentes tipos y teorías de enlace químico, a partir de las propiedades observadas en las sustancias estudiadas.

Materiales:

Vidrio de reloj - Espátula

Lupa o instrumentos (lentes) de aumento de tamaño

Agitador de vidrio

Vaso de precipitado (Beaker)

Conductímetro o roseta

Probeta

Cuchara de combustión

Mechero de alcohol

Reactivos:

Urea

Cloruro de sodio (sal de mesa)

Azúcar blanca (sacarosa)

Carbonato de calcio

Agua destilada

Alcohol etílico o propílico

1. Propiedades de algunas sustancias

Coloquen un poco de cada sustancia cristalina por separado en las cajas Petri o vidrios de reloj (tapas de plástico o lo que esté disponible como recipiente). Obsérvenlos por medio de lupas u otros instrumentos de aumento y registren sus observaciones en la siguiente tabla y resuelvas las preguntas de discusión planteadas. Tiempo de la actividad 10 min. (Modificado de Muñoz, 2010).

Tabla 10. Resultados de la observación macroscópica de las sustancias estudiadas

Sustancia	Dibujen los cristales	Describa otras características
Urea		
Sal		
Azúcar		
Carbonato de calcio		

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

a) ¿En qué se parecen entre sí las cuatro sustancias?

b) ¿En qué son diferentes?

Más adelante se les cuestiona a los estudiantes sobre qué piensan que ocurrirá el poner en contacto las sustancias con agua. Al partir de la idea de que “el agua es el disolvente universal”.

Luego de realizar las hipótesis o predicciones, los grupos de trabajo ponen en contacto cada una de las muestras con agua deionizada o destilada, de la siguiente manera: Agregue aproximadamente 5 g de cada muestra en 100 mL de agua medidos en el beaker, utiliza el agitador de vidrio para facilitar la disolución.

Se solicita a los estudiantes que observen si se disuelven las muestras, que las clasifiquen, en función de su solubilidad, si forman mezclas homogéneas o heterogéneas, y que comparen sus predicciones con lo observado (Modificado de Bello, 2013). Represente lo observado en la tabla 11 y resuelva las preguntas de discusión. Tiempo de la actividad 10 min.

Tabla 11. Resultados observados de la disolución de las sustancias estudiadas en agua.

Disolución de urea con agua	
Disolución de sal con agua	
Disolución de azúcar con agua	
Disolución de carbonato de calcio con agua	

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

- a) Clasifica las muestras según su comportamiento frente al agua.
- b) ¿Cómo puedes explicar el comportamiento de cada una de las muestras? ¿Qué piensas respecto a la estructura interna de cada una de ellas? (Tomado de Bello, 2013).

2. Conductividad eléctrica

Observen los experimentos sobre la conductividad eléctrica de las sustancias que se tiene como muestras. Con la asesoría y seguimiento del docente realiza:

- Prueba la conductividad, primero sin ningún objeto, cerrando el circuito (unir los cables de la roseta) y posteriormente con agua destilada, introduciendo los electrodos en un beaker que la contiene.
- Segundo, determine la conductividad de las muestras en estado sólido y puro, de manera que queden introducidos los electrodos en la sustancias de muestras.
- Tercero, toma los beakers con las disoluciones de las muestras que se disolvieron y la mezcla de agua/ CaCO_3 , introduce los electrodos de la roseta. ¿Se encenderá el foco? ¿Por qué?
- Pide a los estudiantes que hagan una nueva clasificación, considerando ahora los parámetros de solubilidad y conductividad.

Tiempo para la actividad 10 min.

Tabla 12. Propiedades físicas de las sustancias estudiadas

Sustancia	Aspecto	¿Se disuelve en agua?	¿Transfiere la corriente eléctrica en estado sólido?	¿Transfiere la corriente eléctrica en disolución?
Urea (CO(NH ₂) ₂)				
Cloruro de sodio - Sal (NaCl)				
Sacarosa – Azúcar (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)				
Carbonato de calcio (CaCO ₃)				

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

- a) Con la información y la clasificación obtenidas, los estudiantes elaborarán individualmente sus propios modelos o tipos de enlace (dibujos), para explicar el comportamiento de las diferentes sustancias, teniendo en cuenta la solubilidad y la conductividad en agua. (Modificado de Bello, 2013).
- b) Respecto a los experimentos ¿Sucedió lo que esperaban? ¿Podrían contestar lo mismo que al inicio de la sesión sobre las diferencias y semejanzas entre sal y azúcar? (Muñoz, 2010).

3. Interacciones químicas y comportamiento frente al calor

Observen detenidamente el experimento que realizará el docente y anote los datos en la tabla 13. Resuelve las preguntas de discusión.

Se coloca en la cuchara de combustión aproximadamente 5 g de azúcar y 5 g de sal, se somete a calentamiento con el mechero de alcohol, durante 5 min o hasta que observa cambios físicos o químicos.

Tabla 13. Comportamiento frente al calor de las sustancias estudiadas

Sustancia	¿Se fundió en la cucharilla? (si, no, o parcialmente)	¿Por qué esto tiene que ver con sus propiedades?
Cloruro de sodio - Sal (NaCl)		
Sacarosa – Azúcar (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)		

(Tomado de Muñoz, 2010)

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

- a) ¿Consideras que todas las sustancias están formadas por el mismo tipo de partículas?
- b) Dibuja las partículas que forman cada sustancia antes y después de someterla a la acción del calor.
- c) ¿Cuál es la diferencia entre molécula y red cristalina?
- d) ¿Cómo puedes saber si una sustancia cristalina es iónica o covalente?
- e) ¿Qué modelos de enlace propones para explicar la estructura nanoscópica de las sustancias iónica, de las covalentes y de las metálicas? (Tomado de Bello, 2013)

Analice la información suministrada en la tabla 14 y responda las preguntas de discusión.

Tabla 14. Temperaturas de fusión de algunas sustancias

Sustancia	Solubilidad en agua	Conductividad en solución	Comportamiento frente al calor
1 (Urea)	Sí	No	Funde a 132.7 °C. A mayor temperatura se quema.
2 (NaCl)	Sí	Si	Funde a 801 °C
3 (Azúcar)	Sí	No	Se quema
4 (CaCO ₃)	No	---	Se descompone a 1170 °C

(Tomado de Bello, 2013)

- a) Ahora, ¿cómo puedes explicar el comportamiento de cada una de las muestras estudiadas?
- b) Compáren las explicaciones que dieron en las actividades anteriores y observen si son iguales o diferentes.
- c) Elaboren conjuntamente una explicación para el comportamiento de las sustancias en la actividad 1 y en esta actividad 2.

d) ¿Modificaste tu punto de vista? ¿En qué sentido? (Tomado de Bello, 2013).

4. Sustancias con punto de fusión alto

Analicen los datos de la tabla 15 y propongan una explicación a la variación de los puntos de fusión, solubilidades y conductividades de las diversas sustancias contenidas en ellas. Adicionalmente resuelva las siguientes preguntas de discusión (Tomado de Bello, 2013). Tiempo para la actividad 10 min.

Tabla 15. Propiedades de sustancias con temperatura de fusión elevada

Sustancia	Temperatura de fusión (°C)	¿Conduce la corriente en estado sólido?	¿Es soluble en agua?	Conduce en disolución acuosa
Cloruro de sodio	801	No	Sí	Sí
Oro	1064	Sí	No	---
Diamante	Aprox. 4000	No	No	---
Cobre	1084	Sí	No	---
Nitrato de potasio	333	No	Sí	Sí
Dióxido de silicio	1700	No	No	---
Platino	1768	Sí	No	---
Carbonato de sodio	851	No	Sí	Sí
Yoduro de potasio	677	No	Sí	Sí
Plata	970	Sí	No	---

(Sosa, F. P. et al., 2008. Citado por Bello, 2013)

- Elaboren conjuntamente una explicación para el comportamiento de las sustancias.
- ¿Ustedes piensan que la estructura interna de todas las sustancias de la tabla 15, es igual?
- ¿Se parecen a las representaciones que dibujaste anteriormente? (Tomado de Bello, 2013).

Momento 2. Aprendiendo con los dados.

Objetivo:

- a) Demostrar destrezas lúdico-creativas en la explicación y comprensión del enlace químico.
- b) Regular y reflexionar sobre lo aprendido, con la coevaluación de los compañeros de clase.

Obstáculos a superar o aprendizajes esperados:

Aplicar los conceptos de enlace químico en diferentes contextos (real-abstracto, macroscópico-nanoscópico, modelos didácticos-científicos), para la explicación coherente y correcta de fenómenos o sustancias cotidianas.

Actividad: Cada grupo de trabajo realizará cuatro dados, cada uno de seis caras, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- Un dado de color azul, escribirán en cada cara los principales conceptos necesarios para la predicción y explicación del enlace químico, por ejemplo, electronegatividad, ley del octeto, estructura de Lewis, polaridad, entre otras.
- Dos de color verde, en la cual escribirán el símbolo de un elemento: metálico, no metálico o gas noble, en cada una de las cara de los dados.

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

- Una de color amarillo para ubicar la fórmula química en cada cara sustancias utilizadas en el laboratorio o de uso cotidiano, con al menos dos propiedades físicas o químicas de dicha sustancia.

La actividad consistirá en que cada grupo de trabajo evaluará el desempeño de sus compañeros en la comprensión y aplicación del concepto enlace químico. Se realizará de la siguiente manera:

- Cada grupo saldrá al frente del salón con sus tres dados, quienes dirigirán la actividad a sus demás compañeros, quienes deberán jugar.
- El juego se fundamenta en lanzar los cuatro dados, dando libertad al grupo que está jugando en organizarlos de la mejor manera para explicar y predecir el enlace químico, a partir del concepto básico, los elementos y la sustancia que haya lanzado. Por ejemplo, en el lanzamiento se obtiene ley del octeto, carbono, oxígeno y agua (líquida a temperatura ambiente, solvente universal); los estudiantes podrán predecir que entre el carbono y el oxígeno se formará el enlace covalente, ya que se origina entre dos elementos no metálicos y la diferencia de electronegatividad es baja, inferior a 1.7 por lo cual comparten electrones para completar el octeto en su último nivel de energía; de manera similar con el agua, generando polaridad, lo cual explica las propiedades dichas.

Evaluación del aprendizaje:

1. ¿Qué he aprendido del tema? ¿Cuáles eran mis ideas o conocimientos frente al tema antes de estudiarlo?

2. ¿Cuáles fueron las principales dificultades en la comprensión del tema que tuve durante la intervención didáctica? ¿Por qué? ¿Qué acciones hice para superarlas?

3. ¿Qué recomendaciones plantearía para facilitar la comprensión de las actividades y del tema?

5.2.5 Secuencia V. Evaluación

Como lo describe la evaluación Jorba & Sanmartí (1994):

Relacionada con los estilos, ritmos y procesos de aprendizaje de cada uno de los estudiantes, partiendo del diagnóstico en un primer momento, procesual durante el tiempo y al final de la intervención, todo esto a partir de las prácticas de laboratorio, instrumentos y herramientas diseñadas para el aprendizaje de los enlaces químicos. (p.319)

En la evaluación se pretende que los estudiantes diferencien entre los modelos materiales didácticos, construidos por ellos, de los científicos (secuencias de la unidad didáctica), que generalmente explican más fenómenos. Lo anterior no quiere decir que los modelos materiales

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

estén mal, o que sean falsos, simplemente su capacidad de explicación es reducida cuando se los compara con aquéllos contruidos por los expertos a lo largo de muchos años de trabajo e investigación (Muñoz, 2010).

Para llevar a cabo la evaluación del aprendizaje de los estudiantes mediante la aplicación de la unidad didáctica se plantean los siguientes momentos:

- Aplicación de cuestionario KPSI, antes y después de la intervención didáctica.
- Ejercitación y aplicación del aprendizaje adquirido mediante la solución de las diferentes actividades de conocimiento durante los diferentes momentos de la unidad didáctica.
- Autorregulación del conocimiento construido o reestructurado al final de cada secuencia en la solución de preguntas metacognitivas.

Cuestionario KPSI

El KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory) es un instrumento de evaluación en el que predomina la autorregulación y es ideal para el desarrollo de competencias en los estudiantes, dicho cuestionario se realizará en dos momentos, el inicial, antes de la intervención de la unidad didáctica; y el final, después de la intervención (recuperado de <https://docs.google.com/document/d/1jPYSp4dfNDZDEcT2uuzzy0ZQTVqbQDKMMUqHsXUVhswA/edit?pref=2&pli=1>).

Indicar en el lugar correspondiente:

a. Has estudiado el concepto:

Marca 1 que corresponde a No

Marca 2 que corresponde a Si

b. Grado de comprensión

1 No lo comprendo

2 Lo comprendo parcialmente

3 Lo comprendo bien.

4 Lo puedo explicar a un compañero.

Tabla 16. Cuestionario KPSI

Concepto	Has estudiado el concepto	Grado de comprensión
Estructura atómica		
Electronegatividad		
Ley del Octeto		
Estructura de Lewis		
Polaridad		
Enlace iónico		
Enlace covalente		
Enlace metálico		
Electrones de valencia		
Modelo RPECV		
Teoría orbital molecular		
Teoría de Bandas		
Teoría de enlace de valencia		
Teoría electrovalencia / electrostático		

Realiza una descripción detallada donde justifique las respuestas a las siguientes cuestiones:

Tabla 17. Evaluación del aprendizaje

<p>Concepto</p> <p>Pregunta</p>	<p>La estructura interna de la materia (átomos)</p>	<p>Propiedades periódicas de los elementos químicos</p>	<p>Representar o modelar la formación del enlace químico</p>	<p>Predecir y caracterizar los enlaces químicos (iónico, covalente y metálicos)</p>	<p>Modelo o teoría de enlace, para explicar la formación del enlace químico</p>
<p>Qué conceptos utilicé para explicar:</p>					
<p>Usé los términos adecuados para el explicar:</p>					
<p>Por qué usé o no los términos adecuados para explicar:</p>					
<p>Cuáles conceptos relacioné adecuadamente para explicar:</p>					

Tabla 17: (Continuación)

<p>En el desarrollo del proceso de aprendizaje que hice incorrecto para explicar:</p>					
<p>Por qué se o no sé el tema sobre:</p>					
<p>Qué creo que faltó, para que mi desempeño fuera mejor en el proceso de aprendizaje de:</p>					

(Modificado de Sanmartí, 2007)

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Utilizar el ciclo didáctico propuesto por Jorba y Sanmartí (1994) en la planificación y secuenciación de la unidad didáctica, y considerando también los criterios de selección de actividades en el diseño de unidad didáctica de Sanmartí (2000), ha sido fundamental para poder establecer y desarrollar una estrategia metodológica que mejora el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico, en la cual se toma en cuenta los aspectos que están presentes en el salón de clases y el contexto educativo, como lo son las ideas previas, los obstáculos epistemológicos y modelos explicativos que posean los estudiantes antes de orientar el tema.

Tras analizar los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento de exploración de ideas previas, obstáculos epistemológicos y modelos explicativos del presente trabajo de profundización (previa revisión histórica y epistemológica del concepto enlace químico) y compararlos con otros datos publicados (Riboldi, et al., 2004; Kind, 2004; Muñoz, 2010, Bello, 2013; Taber, 2001; entre otros) se observa de manera general cierto avance en la concepción del concepto enlace químico en los estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Juan XXIII, frente a otros estudiantes porque en sus respuestas hay mayor porcentaje de acierto, 57% versus 13,9% encontrado por Riboldi, et al., (2004), al momento de explicar y predecir lo que ocurre en un sistema cerrado que ha sufrido una transformación espontánea, ya que emplean conceptos como el enlace químico y cambios de estado de agregación (proceso físico y químico).

Sin embargo, se pueden identificar coincidencias tanto en ideas previas como en obstáculos epistemológicos y modelos explicativos. Así, se determinó que los estudiantes no tienen claro la función de los electrones y de los orbitales en la formación del enlace químico, incluso hay confusión entre el concepto de electrones de enlace, electronegatividad, electrones de valencia y configuración electrónica. Igualmente, consideran que los átomos mantienen su identidad aun después de formar moléculas (Bello, 2013, p. 5).

También se coincide con lo reportado por De Posada (1999), en cuanto a la poca relación que establecen los estudiantes entre la estructura o representación de una sustancia y su tipo de enlace; probablemente, por que el estudiante se limita a la fórmula química y no a la estructura espacial característica de la misma (Riboldi et al., 2004).

Con respecto a las concepciones que poseen los estudiantes de los distintos tipos de enlace, se evidencia prevalentemente el modelo electrostático para explicar la formación y predicción del enlace, específicamente el enlace iónico. Riboldi, et al., (2004, p. 200) lo justifica por la comprensión deficiente del enlace covalente y de las características de las sustancias unidas por este tipo de enlace. Esta conclusión refuerza la idea de lo que el estudiante percibe a nivel macroscópico, a través de sus sentidos, respecto de lo que imagina a nivel microscópico, ya que no hay coherencia en la comprensión y explicación de las propiedades de las sustancias debido al tipo de enlace formado, frente a propiedades físicas, como lo es la dureza, punto de ebullición, punto de fusión, solubilidad, entre otras.

En el caso de los modelos materiales bidimensionales y tridimensionales, al igual que el empleo de herramientas TIC, se confirmó que los estudiantes pueden comparar sus modelos materiales didácticos contra los modelos científicos, permitiéndoles reestructurar y construir su propio conocimiento, identificando alcances y limitaciones. Dando validez a lo expuesto por Muñoz (2010):

“se pueden generar y reformular modelos en función de las diversas maneras de estudiarlos, por lo tanto, los modelos materiales de los estudiantes al igual que los modelos científicos pueden ser modificados, es decir, son explicaciones provisionales debido a que dependen de cómo se interprete la evidencia experimental”. (p.114)

Otro punto importante es la coherencia que presentan los estudiantes al momento de expresar sus ideas frente a distintas preguntas y su respectiva sustentación, puesto que no hay concordancia entre lo que contestan frente a fenómenos que hacen referencia a un mismo hecho, pero estructuradas de modo diferente. Ratificando lo planteado por Driver, (citado por Riboldi, et al., 2004, p. 199) “las concepciones alternativas se activan o no según el contexto en que el sujeto razone. En un mismo individuo convergen diferentes ideas sobre un mismo tema, las que parecen guardar poca o ninguna relación”.

Finalmente, el empleo de la unidad didáctica como propuesta metodológica resulta ser una herramienta muy útil para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química, además de ser posiblemente la base de futuros trabajos didácticos (unidades, secuencias, estrategias y actividades), en la cual se incluya en sus secuencias el uso de herramientas TIC, generando motivación, contrastación, reestructuración y construcción de conocimiento, y evaluación de progreso de los estudiantes en el proceso educativo.

6.2 Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones están dirigidas para todos los docentes que estén interesados en emplear nuevas estrategias metodológicas, como la unidad didáctica, en su proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

De los pilares fundamentales para lograr planear, diseñar y ejecutar una estrategia metodológica, como la unidad didáctica, es indispensable una sólida formación disciplinar

del área o especialidad que se enseña, esto incluye desde los estudios de preparación profesional académica como de la experiencia práctica-laboral; además de ir más allá de los libros tradicionales y programas que se imparten como “receta”, es decir, estar en la vanguardia y en constante actualización académica, científica, didáctica y pedagógica.

Así mismo, otro aspecto básico es conocer el contexto escolar educativo, enfocado principalmente en saber cuáles pueden ser las ideas previas o concepciones alternativas de los estudiantes sobre un tema en particular. Kind (2004), propone realizar por parte de la comunidad docente, una colección de ideas previas en temas de química, como lo es el concepto enlace químico. A partir de estas concepciones alternativas, Muñoz (2010) menciona, se puede desarrollar una metodología atractiva y motivante tanto en su diseño como aplicación, que contemple la selección de actividades que permitan al estudiante construir y regular su propio conocimiento, logrando un aprendizaje en profundidad. Sin embargo, hay que recalcar que este proceso depende en gran medida de la reflexión diaria que realice el maestro para mejorar su docencia, por lo cual, existe la necesidad de establecer con gran detalle qué hacen los docentes realmente cuando enseñan estas ideas; para después ser compartidas, desarrolladas y ayudar a que nuevos profesores las aprendan (Muñoz, 2010). Razón por la cual se espera que en trabajos futuros se desarrollen pruebas de diagnóstico que ayuden a determinar el avance del aprendizaje de los estudiantes (Kind, 2004, p. 146).

Otra recomendación a tener presente son los criterios de las actividades a utilizar durante la intervención didáctica, según investigaciones recientes en educación química, es hacer énfasis en la comprensión de los conceptos más allá de la memorización (Niaz, citado por García y Garritz, 2006), a través de actividades contextualizadas al entorno en la que viva o desenvuelva el estudiante, de forma práctica, lo cual le permita comprender los diferentes fenómenos y así darles un sentido, propiciando el aprendizaje en profundidad; saliéndose de la enseñanza tradicional de hacer una exposición y explicación exhaustiva de las características de cada uno de los temas en particular.

Dicho lo anterior, ratificaría lo expuesto por Borsese (citado por García & Garritz, 2006, p. 121) “no debe preocuparnos la diferencia entre la complejidad de los modelos que se utilizan y la realidad que pretenden explicar, sino más bien, hacer que los estudiantes sean conscientes del rol provisorio de los modelos, de su significado y de sus limitaciones”; enfocando así la función de los docentes, el de guiar y facilitar la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes a partir de las actividades experimentales en las secuencias de enseñanza basadas en la unidad didáctica, diferenciándose de una enseñanza tradicional, porque “no es para verificar algo que se estudió en la teoría o para comprobar algo que está en el libro de texto, sino que más bien se utiliza para generar evidencias y para probar los modelos” (Muñoz, 2010, p. 117).

Por lo tanto, el principal rol del docente es ayudar a los estudiantes a pensar, analizar, razonar, más que resolver preguntas o dudas.

Anexo A: Exploración de ideas previas y obstáculos epistemológicos del concepto Enlace Químico



INSTITUCIÓN EDUCATIVA JUAN XXIII PADUA, HERVEO - TOLIMA Establecimiento Público de Educación Preescolar Básica Primaria Secundaria y Media Académica aprobado según Resolución No 6321 del 29 de Septiembre de 2015- Registro Educativo No 232020- Registro DANE No 273347000384- Registro ICFES 061622- NIT No 809004471-9 Telefax 2538588

Querido estudiante: el cuestionario que recibe no tiene como finalidad ser una evaluación cuantitativa para el área de ciencias naturales - química. Se pretende conocer más sobre tus ideas respecto a la asignatura. Es por ello que te solicito comedidamente respondas a cada pregunta de manera responsable y sincera, expresando lo mejor que puedas tus ideas.

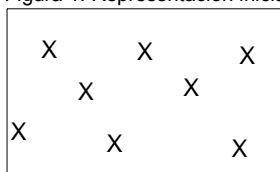
Nombre: _____

Fecha: _____

Las preguntas 1 y 2 son de selección múltiple, con múltiples respuestas, señala la opción (es) que considere correcta (s). Justifica su respuesta en la pregunta 2.

1. La figura 1 representa el estado inicial de un sistema, donde X son átomos de un mismo elemento. Suponiendo que ocurra una transformación espontánea, ¿cuál o cuáles de las siguientes figuras crees tú que sería la representación del estado final del mismo? (Modificada de Riboldi, L., Pliego, O., & Odetti, H, 2004, p.202)

Figura 1. Representación inicial



[A] [B] [C] [D]

2. A partir de la opción de respuesta elegida en la pregunta anterior, según tu razonamiento, ¿Qué crees que ocurrió? Justifique tu respuesta. (Modificada de Riboldi et al., 2004, p.202)

- A. Cambio de estado de agregación.
- B. Enlace químico.
- C. Se destruye la sustancia.
- D. No hay alteración del sistema.

Justificación: _____

A continuación encontrarás preguntas de selección múltiple, con única respuesta, señala la opción que considere correcta. Según sea el caso, justifique su respuesta en la pregunta 9.

3. ¿Qué entiendes por enlace químico? (Modificada de Muñoz, 2010, p. 133)
- A. La ganancia o pérdida de electrones.
 - B. Fuerzas de atracción entre átomos.

- C. La afinidad entre diferentes sustancias, la cual depende de la identidad de los átomos para adquirir cargas de distinto signo para unirse.
- D. Interacciones eléctricas de los átomos (entre núcleos y electrones o entre iones vecinos).

A partir de la figura 2, responde la pregunta 4 y 5:

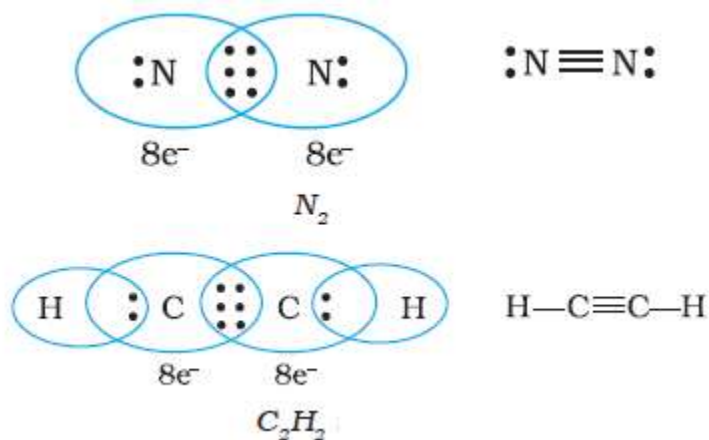


Fig. 2 Estructura de Lewis

<https://quimica2bac.wordpress.com/2012/10/25/estructuras-de-lewis/>

4. Las simbologías químicas mostradas en la figura 2 se denominan:
- Estructura de Lewis
 - Ley del Octeto
 - Configuración electrónica
 - Electronegatividad
5. Si te fijas, hay óvalos de color azul que se intersectan. En su interior hay puntos de color negro que representan electrones ¿qué podrías determinar con ello?
- Electronegatividad
 - Configuración electrónica
 - Tipo y cantidad de enlaces.
 - Electrones de valencia

6. En la figura 3, la cual representa como se forma un enlace entre dos átomos de identidad desconocida. Seleccione la opción que considera sea la representación final del enlace formado. Adaptado de Mora et al. (2003).

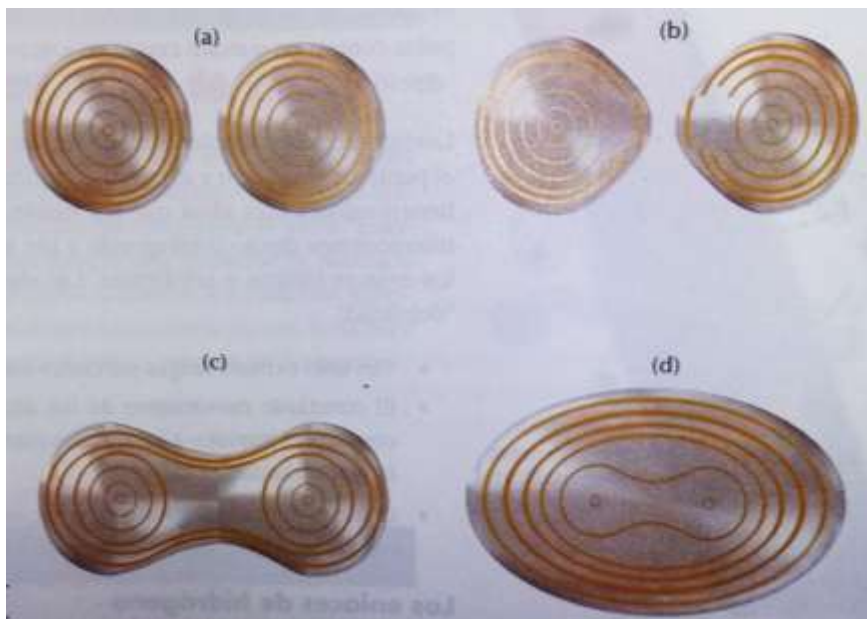


Fig. 3 Cómo se forma un enlace químico

7. En la figuras 4 se representa bidimensionalmente el enlace formado entre el Hidrógeno y el Cloro para obtener la molécula de ácido clorhídrico. Los puntos de color rojo representan el núcleo atómico y zona sombreada de azul la nube electrónica, correspondiente a cada uno de estos átomos.

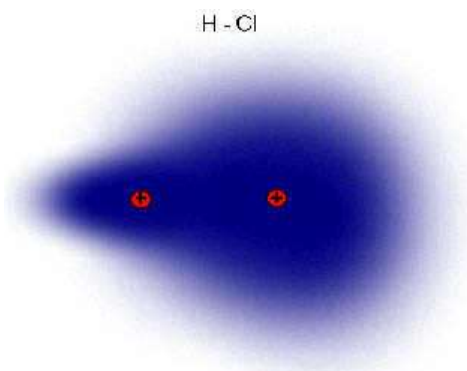


Fig. 4 Densidad electrónica HCl

<http://iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/asignaturas/quimica2bac/materialdeaula/QUI2BAC>

Con base al fenómeno representado podrías inferir:

- A. La nube electrónica tiende a estar (ser más densa) en el átomo de cloro, debido a su mayor electronegatividad que el hidrógeno.
- B. Se da la formación de polos, por las diferencias de cargas eléctricas en la molécula, por lo tanto el ácido clorhídrico tiene propiedades polares.
- C. El ácido clorhídrico formado presenta características de un enlace covalente polar.
- D. Todas las respuestas anteriores son correctas.

8. La figura 5, el círculo a la derecha muestra una vista aumentada de una porción muy pequeña de agua líquida en un recipiente. (Tomado de Muñoz, 2010).

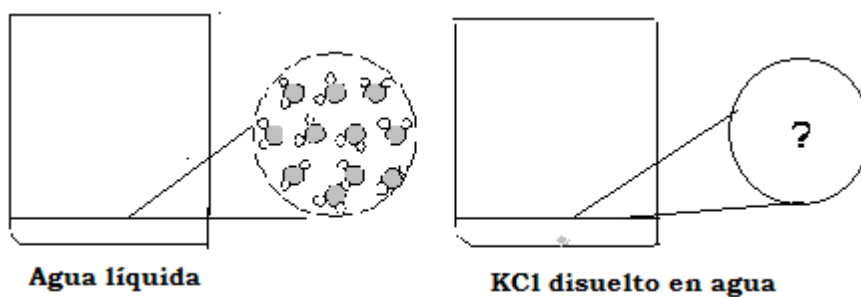
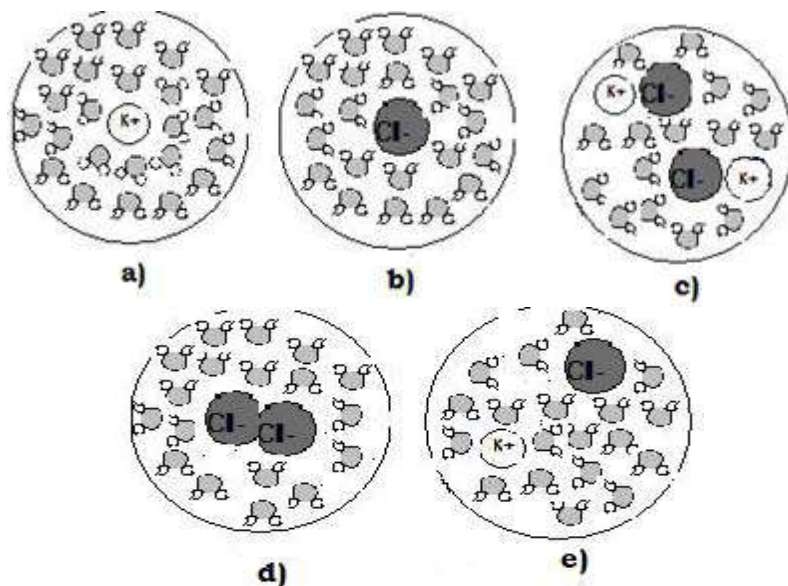


Fig. 5 Representación aumentada del agua (líquida) y disolución de KCl en agua.

¿Cuál de los siguientes modelos materiales bidimensionales corresponde al cloruro de potasio (KCl) disuelto en agua?



Muñoz, 2010.

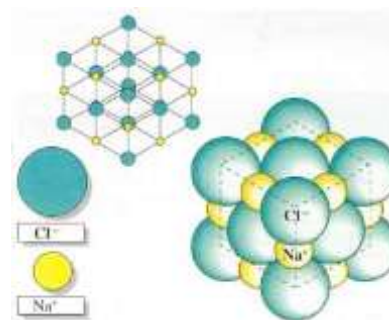
9. ¿Cuál modelo es el más apropiado para representar el enlace químico del cloruro de sodio, en estado sólido?

A.



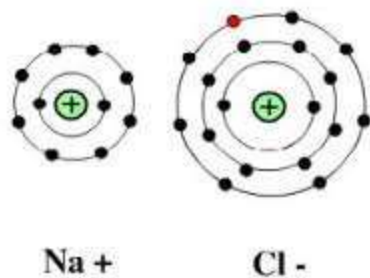
<http://cienciasnaturales8vobasico.bligoo.com/content/view/852374/Enlace-Quimico.html>

C.



<http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=139509>

B.



<http://www.unalmed.edu.co/~cgpaucar/ENLACES.html>

D. Si crees que ninguna de estas opciones corresponde a una respuesta correcta, haz tu propia representación y explícala.



10. La figura 6, representa un fenómeno cotidiano en donde a partir de energía química (pila) se transforma en energía eléctrica (encender el bombillo), por medio de unos cables que en su interior llevan cobre y de un interruptor (click) de característica metálica.

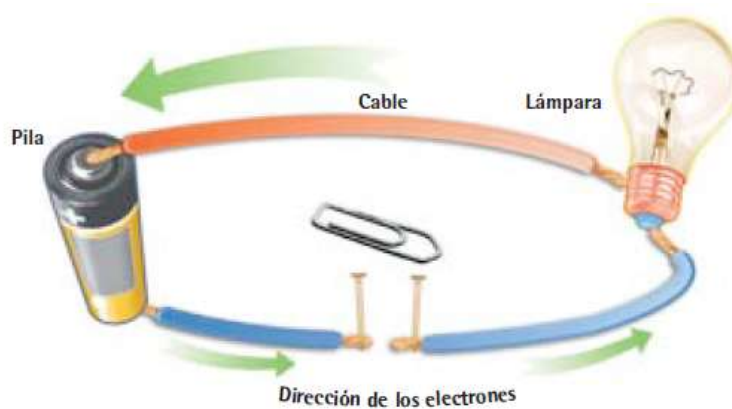


Fig. 6 Conductividad eléctrica

<http://etvfranciscojmujica.blogspot.com.co/>

¿Cuál crees tú sería la mejor explicación para dicho fenómeno?

- A. Los electrones tienen cierta movilidad; por eso, los metales son buenos conductores de la electricidad.
- B. Los metales utilizados en el fenómeno, presentan enlaces metálicos, por lo que necesitan ceder electrones para alcanzar la configuración de un gas noble.
- C. En este caso, los metales pierden los electrones de valencia y se forma una nube de electrones entre los núcleos positivos. Los electrones de valencia desprendidos pueden desplazarse a través de toda la red.
- D. Todas son correctas

MUCHAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN.

Bibliografía

- Acevedo, J. & Vázquez, A. (2004). Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 1(3), p. 240-246.
- Aguirre, C. (2011). *El uso de mapas conceptuales en química con alumnos de magisterio. el caso concreto de los enlaces químicos aplicando cmaptools*. Emurciencia2.
- Alvarado, C. (2005) La estructura atómica y el enlace químico desde un punto de vista disciplinario. *Enseñanza de las Ciencias*. Núm. extra, VII Congreso. Granada, p. 1-5.
- Baber, J., & Ibarz, J., (2016, 24 de Febrero). Ley de la conservación de la materia. *EcuRed*. Recuperado de http://www.ecured.cu/Ley_de_la_conservaci%C3%B3n_de_la_materia.
- Bello, S. (2013). El enlace químico. Uno de los grandes logros del intelecto humano. Recuperado de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/belloenlacequimico2013_21520.pdf
- Boo, H. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), p. 569-581.
- Brown, T. LeMay, H. Bursten, B. & Murphy, C. (2009). *Química: la ciencia central*. México D.F: Pearson Educación.
- Bustamante, H. (2013). *Uso de las tics, para el aprendizaje de las ciencias naturales*. Universidad académica de Humanismo Cristiano, Santiago de Chile, Chile.
- Caamaño, A. & Casassas, E. (1987). La comprensión de la estructura de la materia y del cambio químico en estudiantes de 15 y 16 años. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, pp. 159-160.
- Campanario, J. & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar Ciencias? Principales propuestas y tendencias. *Rev. Enseñanza de las ciencias*, 17(2), p.179-192.
- Chamizo, J. (1992). Modelos del enlace químico. *Rev. Elementos*. Universidad Autónoma de Puebla, 5, p. 28-32.

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

- Concurso.cnice.mes.es, (2005). Enlace metálico. Iniciación interactiva materia curso materiales enlace. Recuperado de http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/material/es/enlaces/metallco.htm.
- De posada, M. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. problemas de aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (2), 227-245.
- Definición.de, (2008-2016). Conductividad. Recuperado de <http://definicion.de/conductividad/#ixzz3yOauPLOF>.
- Dumon, A. & Merlin, A. (1988). Difficulties with molecular orbitals. *Education in Chemistry*, 25 (2), pp. 49-52.
- Edumedia-sciences.com, (2016). Disolución de NaCl en el agua. eduMedia. Recuperado de <https://www.edumedia-sciences.com/es/media/554-disolucion-del-nacl-en-el-agua>.
- Estany, A. & Izquierdo, M. (1990). La evolución del concepto de afinidad analizada desde el modelo de S. Toulmin. LLULL, vol. 13, p. 349 - 378.
- Garcés, S., Herrera A. & Velázquez, L. (2008). "La búsqueda. Ideas previas en el nivel universitario: evolución y persistencia". En *Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura*. Universidad Nacional Autónoma de México. p. 37- 58.
- García, A. Garritz, A & Chamizo, J. 2009. *Enlace químico, una aproximación constructivista a su enseñanza*.
- García, A. & Garritz, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 111-124.
- Hernández, R, Fernández, C & Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. McGRAW – HILL. México.
- Herrera, M. (2014). *Diseño de una unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto de mol y número de avogadro utilizando herramientas virtuales*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Jorba, J., & Sanmartí, N., (1994). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Barcelona, España: Ministerio de educación y cultura. p. 319.

- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México D.F., México: Aula XXI. Ed. Santillana.
- Maya, L. (2013). *Diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de enlace químico a los alumnos del grado décimo 'a' de la institución educativa marceliana Saldarriaga*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Montoya, L. (2010). Utilización de las TICS en la enseñanza de las Ciencias. *II congress Internacional of Didactic*. 490, 1-6.
- Mora, W., Parga, D. & Torres, W. (2003). *Molécula química I*. Bogotá, Colombia: Voluntad educación media. 232-241.
- Muñoz, M. (2010). *Conociendo los modelos materiales sobre enlace químico a través de una Unidad didáctica basada en la enseñanza de los modelos y el modelaje científico, para nivel medio superior*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México.
- Peterson, R. & Treagust, D. (1989). Grade-12 student's misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 66(6), pp. 459-460.
- Pozo, J. I. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- Quintanilla, M., Merino, C., & Daza, S. (2010). *Unidades didácticas en química: su contribución a la promoción de competencias de pensamiento científico*. Santiago de Chile, Chile: Grecia
- Riboldi, L., Pliego, O., & Odetti, H. (2004). El enlace químico: una conceptualización poco comprendida. *Investigación didáctica. Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 195–212.
- Rincón, L. (2005). *Enlace químico*. VII Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química. Mérida, Venezuela.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En F. Perales & P. Cañal de León (Ed). *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 239-265). Barcelona: Editorial Marfil.
- Sanmartí, N. (2007). *10 ideas claves, evaluar para aprender*. Barcelona: Graó.
- Solbes, J., Silvestre, V. & Furió, C. (2010). El desarrollo histórico de los modelos de átomo y enlace químico y sus implicaciones didácticas. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. N. ° 24, 2010. 83-105.

Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico

- Taber, K. S. (1994). Misunderstanding the ionic bond, *Education in Chemistry*, 31(4) 100–103.
- Taber, K. S. (1997). *Understanding Chemical Bonding*. Tesis de doctorado no publicada. Inglaterra: Instituto Roehampton, Universidad de Surrey.
- Taber, K. S. (1997). Student understanding of ionic bonding: molecular versus electrostatic framework? *School Science Review*, 78(285), 85-95.
- Urbina, S., Gallego, R., Pérez, R. & Gallego, A. (2008). *Una construcción histórico-epistemológica del modelo del octeto para el enlace químico*. TEA. N.º 23. pp. 52-66.
- Vasco, J. (2014). “*El progreso en las representaciones de las fuerzas de enlace químico*.” Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Magister en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

WEB:

- <https://quimica2bac.wordpress.com/2012/10/25/estructuras-de-lewis/>
- <http://iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/asignaturas/quimica2bac/materialdeaula/QUI2BAC>
- <http://etvfranciscojmuja.blogspot.com.co/>
- https://www.youtube.com/watch?v=D0Q-3s_L0Rw
- http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/material/es/estados/estados1.htm
- http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/mtria_ensenanza/tabla_periodica/html/home.html
- <https://www.youtube.com/watch?v=uvZCFupdI4U>
- http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/material/es/enlaces/enlaces1.htm
- <https://www.youtube.com/watch?v=Jw83nWI9jCA>
- http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4844/html/1_teora_el_ectrnica_de_lewis.html

- <https://www.youtube.com/watch?v=bvRGaCmIYTI>
- <http://www.quimitube.com/videos/enlace-metalico-teoria-de-bandas>
- <https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/chemistry>
- <http://www.sibe.es.com/prog.php?id=11>
- <http://www.unalmed.edu.co/~cgpaucar/ENLACES.html>
- <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=139509>
- <http://definicion.de/conductividad/2008-2016>
- <http://cienciasnaturales8vobasico.bligoo.com/content/view/852374/Enlace-Quimico.html#.V3L4i9LhBdg>