



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Propuesta didáctica para la enseñanza de las interacciones moleculares en la educación media**

**John Jairo Pérez Moncada**

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Facultad de Ciencias

Área Curricular Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

2014



# **Propuesta didáctica para la enseñanza de las interacciones moleculares en la educación media**

**John Jairo Pérez Moncada**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Directora:

Prof. Elizabeth Pabón Gelves, Doctora en Química  
Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín  
Facultad de Ciencias  
Área Curricular Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales  
2014



## *Dedicatoria*

*Dedico este trabajo a dos mujeres, mi esposa Bery Diana y mi hija Alejandra, que están siempre a mi lado dándome su apoyo incondicional, soportando mis largas ausencias causadas por la academia, esperándome siempre con un abrazo y un te quiero; además son ellas la razón por la cual comencé este proyecto y por la cual seguiré en la búsqueda de ser cada día mejor en lo que hago.*

*A mis padres, Olga Lucia y Luis Alfonso, porque fueron ellos los que sembraron la semilla y hoy se recogen los frutos de aquella exigencia y confianza temprana.*



## **Agradecimientos**

A la Institución Educativa Federico Sierra Arango, en la cual laboro, por posibilitarme los espacios, permisos y apoyo mientras estuve realizando mis estudios.

De manera especial, mi sincero agradecimiento a la asesora Elizabeth Pabón Gelves, por haber guiado y orientado acertadamente este trabajo de grado.

Finalmente agradezco a todas las personas que de una u otra manera colaboraron con la culminación de mi trabajo de grado.



## Resumen

El concepto de las interacciones moleculares resulta esencial para lograr el aprendizaje significativo de las temáticas básicas de la química inorgánica en la educación media y debido a su alto grado de abstracción constituye un reto para su enseñanza. Es importante generar estrategias que permitan superarlo, por lo que en este trabajo se presenta una propuesta didáctica para su enseñanza basada en la estructura de un ciclo didáctico, compuesto de cuatro fases: exploración, introducción de nuevos conocimientos, estructuración, síntesis y aplicación. Dicha propuesta presenta actividades iniciales para determinar las ideas previas de los estudiantes, prácticas de laboratorio con materiales caseros tanto para los procesos de conceptualización como para la revisión de los saberes adquiridos, simulaciones computacionales para contrastar hipótesis, todo enmarcado dentro de la solución de situaciones problema en un contexto familiar para el estudiante lo cual favorece los procesos de aprendizaje.

**Palabras clave:** ciclo didáctico, geometría molecular, polaridad, solubilidad, modelación.

## Abstract

The concept of molecular interactions is essential to achieve meaningful learning many of the basic themes of inorganic chemistry in high school and because of its high degree of abstraction is a challenge for education. It is then necessary to generate strategies to overcome this, in this sense, this paper presents a methodological approach to teaching based on the structure of a training cycle comprises four phases exploration, introduction of new knowledge, structure and synthesis and application. The proposal presents initial activities to determine students' previous ideas, labs with household materials for both the processes of conceptualization to the review of acquired knowledge, computer simulations to test hypotheses, all framed in problem solving situations in familiar context for students to promote the learning processes.

**Keywords:** training cycle, molecular geometry, polarity, solubility, modeling.



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XIV</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Interacciones Moleculares</b> .....	<b>3</b>
1.1 Antecedentes.....	3
1.1.1 Ciclo didáctico.....	6
1.1.2 Aprendizaje basado en problemas .....	8
1.2 Marco teórico referencial .....	9
1.2.1 Geometría molecular.....	11
1.2.2 Enlace y polaridad molecular .....	13
1.2.3 Fuerzas Intermoleculares.....	14
▪ Fuerzas Ion – dipolo.....	15
▪ Fuerzas dipolo – dipolo .....	15
▪ Puente de hidrógeno.....	16
▪ Fuerzas de dispersión de London .....	17
1.2.4 Solubilidad y fuerzas intermoleculares .....	17
<b>2. Planteamiento del problema y Justificación</b> .....	<b>19</b>
2.1 Planteamiento del problema .....	19
2.2 Justificación .....	20
<b>3. Objetivos</b> .....	<b>23</b>
3.1 Objetivo General.....	23
3.2 Objetivos Específicos.....	23
<b>4. Metodología</b> .....	<b>25</b>
4.1 Ficha operacional de la unidad didáctica .....	25
4.2 Unidad didáctica .....	25
4.2.1 Exploración .....	25
4.2.2 Introducción de nuevos conocimientos.....	27
4.2.3 Estructuración y síntesis: .....	29
4.2.4 Aplicación:.....	30
<b>5. Resultados y Discusión</b> .....	<b>33</b>
5.1 Unidad didáctica: Interacciones Moleculares .....	33

5.2	Actividad de Exploración .....	33
5.2.1	Etapa de Introducción de nuevos conocimientos .....	38
5.2.2	Estructuración y síntesis .....	51
5.2.3	Aplicación .....	59
<b>6.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>63</b>
6.1	Conclusiones.....	63
6.2	Recomendaciones.....	63
<b>A.</b>	<b>Anexo: Cuestionario tipo KPSI .....</b>	<b>65</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo: Cuestionario de preguntas abiertas sobre saberes previos.....</b>	<b>66</b>
<b>C.</b>	<b>Anexo: Práctica introductoria y exploratoria.....</b>	<b>67</b>
<b>D.</b>	<b>Anexo: Situación problema inicial.....</b>	<b>68</b>
<b>E.</b>	<b>Anexo: Propuesta de ejercitación sobre estructura de Lewis.....</b>	<b>69</b>
<b>F.</b>	<b>Anexo: Practica de modelación molecular. ....</b>	<b>70</b>
<b>G.</b>	<b>Anexo: Procedimiento para la modelación molecular computacional.....</b>	<b>71</b>
<b>H.</b>	<b>Anexo: Propuesta de ejercitación sobre geometría y polaridad molecular.....</b>	<b>72</b>
<b>I.</b>	<b>Anexo: Propuesta de ejercitación sobre fuerzas intermoleculares. ....</b>	<b>73</b>
	<b>J. Anexo: Recursos propuestos en la fase de introducción de nuevos conocimientos. ....</b>	<b>74</b>
<b>K.</b>	<b>Anexo: Situación problema de aplicación. ....</b>	<b>76</b>
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>77</b>
	<b>Cibergrafía.....</b>	<b>82</b>

## Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Formación de dipolos por la separación de cargas en un enlace covalente polar (Whitten, 2010) .....	13
Figura 1-2: Geometría y polaridad molecular (Whitten, 2010) .....	14
Figura 1-3: Puente de hidrógeno formado entre las mismas moléculas a) agua, H <sub>2</sub> O; b) metanol; CH <sub>3</sub> OH; y c) amoníaco NH <sub>3</sub> . (Whitten, 2010) .....	16
Figura 1-4: Proceso de disolución de NaCl en agua. (Whitten, 2010).....	18
Figura 5-1: Actividad experimental sobre la formación de fases usando agua, aceite, etanol y colorantes .....	36
Figura 5-2: Captura Objeto Virtual de Aprendizaje sobre la tabla periódica [2].....	37
Figura 5-3: Captura página interactiva en Internet sobre la tabla periódica [3] .....	38
Figura 5-4: Captura de página interactiva en Internet sobre el enlace químico [4].....	41
Figura 5-5: Captura de Objeto Virtual de Aprendizaje sobre química inorgánica [5] ....	41
Figura 5-6: Muestra de diapositivas para el estudio de la estructura de Lewis .....	43
Figura 5-7: Modelización con plastilina y palillos de la geometría molecular trigonal, tetraédrica y lineal .....	45
Figura 5-8: Modelación para la geometría molecular pirámide cuadrada (a) modelo genérico (b) molécula real de BrF <sub>5</sub> .....	47
Figura 5-9: Captura de la página web del video sobre el modelo RPECV [6] .....	48
Figura 5-10: Muestra de diapositivas para el estudio de la geometría y polaridad molecular	49
Figura 5-11: Captura video sobre geometría y polaridad molecular [7] .....	50

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1-1: Características físicas de los estados gaseoso, líquido y sólido .....	10
Tabla 1-2: Geometría de moléculas y de iones sencillos .....	12
Tabla 1-3: Energía de las interacciones interiónicas e intermoleculares .....	15
Tabla 5-1: Ejemplo de código de colores para los átomos de plastilina .....	45

# Introducción

Las interacciones intermoleculares son primordiales en la enseñanza de la química y más aún en educación media, tal y como lo afirma Pereira (2012), en donde el conocimiento de la forma en que se presentan las interacciones intermoleculares ayuda a comprender los diferentes fenómenos físicos y químicos presentes en el día a día, entre los que se pueden mencionar la solubilidad, volatilidad, punto de fusión, punto de ebullición, constante eléctrica, entre otras. Es claro que este no es un concepto aislado, más aún, este se convierte en el anclaje para lograr el aprendizaje significativo de buena parte de las temáticas básicas de la química inorgánica en la educación a nivel escolar.

Este concepto integrador presenta un alto grado de abstracción lo que conlleva problemas de comunicación cuyo origen se da cuando el docente crea sus modelos con base en información científica de un alto grado de complejidad, dichos modelos los transforma en un modelo escolar, mientras que el estudiante crea los propios a partir de los presentados por el docente en conjunción con los preexistentes en su estructura cognitiva (Galagovsky Lydia, 2009).

En este sentido las unidades didácticas constituyen herramientas de comunicación útiles en el proceso de enseñanza aprendizaje ya que en esencia, son secuencias de enseñanza enfocadas a mejorar dicho proceso. Por esta razón dichas unidades didácticas deben diseñarse, según Ospina (2005) y García (2006), como herramientas de planeación de la labor docente, desde una construcción del conocimiento, buscando además tener en cuenta los recursos del medio y las necesidades del estudiante y la sociedad.

En los procesos de enseñanza-aprendizaje, las unidades didácticas pueden hacer parte de un ciclo didáctico, que como afirma Marzábal (2011), este permite trabajar tanto los contenidos como las habilidades de pensamiento científico, logrando con esta combinación no solo afrontar los problemas de comunicación docente-estudiante,

mencionados anteriormente, sino también formar un estudiante con competencias científicas.

En el presente trabajo la propuesta didáctica que se presenta, constituye una alternativa para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje del tema de las interacciones moleculares en la educación básica secundaria o media vocacional, de manera que favorezca verdaderamente un aprendizaje significativo de esta temática en los estudiantes.

La propuesta que se presenta se basa en el ciclo didáctico propuesto por Jorba y Sanmartí (1996), el cual consta de cuatro etapas; una etapa de exploración cuyo propósito es activar las estructuras cognitivas y ponerlas a prueba en situaciones cotidianas, una etapa de introducción de nuevos conocimientos con actividades encaminadas además a la enseñanza de procedimientos y actitudes, una etapa de estructuración y síntesis que permite una reflexión sobre aquello que se aprende y la manera como se logra, y una etapa de aplicación donde se lleva al estudiante a enfrentar nuevas situaciones o contextos donde puede aplicar los conocimientos adquiridos y compararlos con los que inicialmente tenía.

El diseño del ciclo didáctico propuesto se enfoca a grupos de entre 30 y 40 estudiantes de la educación media para desarrollarse a lo largo de un periodo académico (10 semanas). Las actividades propuestas se eligieron acorde con las diferentes etapas del ciclo didáctico de Jorba y Sanmartí (1996), como lo son cuestionarios diagnóstico, prácticas de laboratorio con materiales caseros, contrastación entre diferentes métodos de modelación molecular, y como eje central la solución de situaciones problema.

# 1. Interacciones Moleculares

## 1.1 Antecedentes

Las interacciones moleculares, llamadas también fuerzas intermoleculares son las responsables del comportamiento no ideal de los gases, juegan un papel importante en la existencia de los distintos estados de agregación de la materia y determinan sus propiedades entre las que se encuentran el punto de fusión, el punto de ebullición y otras propiedades de las sustancias no iónicas. Por lo tanto las interacciones moleculares son esenciales no solo para el estudio y comprensión de la estructura de la materia, desde el punto de vista de la enseñanza de la química, sino que también lo son a nivel industrial y biológico.

En el campo de la enseñanza del modelo de las fuerzas intermoleculares son varios los autores que han dedicado su esfuerzo a buscar alternativas para lograr un aprendizaje significativo de los estudiantes, a continuación se reseñan los trabajos más relevantes.

Curtright (1999) uso la cromatografía como tema central en una situación problema en la cual, a través de una actividad colaborativa, propone y desafía a los estudiantes a que seleccionen un solvente cromatográfico, con la polaridad adecuada, para extraer la clorofila de las hojas de la planta *Coleus abigarrado*. Esta actividad se puso a prueba en estudiantes avanzados de secundaria y de pregrado. Por otro lado, Torres (2005) centra su estudio en el análisis de algunas propiedades físicas (puntos de ebullición normales) de los compuestos orgánicos basado en el estudio las fuerzas intermoleculares actuantes corroborando la predicción de los valores relativos de las propiedades con base a la intensidad de dichas fuerzas presentes. Dicho estudio se realizó en estudiantes del curso de Química del ciclo básico común de la Universidad de Buenos Aires.

Dado el alto grado de abstracción que presenta el tema de las fuerzas intermoleculares se viene implementando el uso de modelaciones computacionales, usando software

especializado en estructuras tridimensionales moleculares, con resultados calificados como buenos, con una gran receptividad y mayor motivación por parte de los estudiantes (Boiani, 2004). Chamizo (2006) asegura que para colaborar en la construcción de modelos mentales cercanos a los científicos, sirve el trabajo con representaciones de diversos tipos, ayudándose de diferentes materiales incluyendo desde los más sencillos y accesibles como la plastilina y los palillos, hasta la utilización de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, siempre y cuando se discuta con el alumno el significado, el sentido, la implicación y el alcance de tales representaciones. El uso adecuado de estas herramientas de modelación computacional constituye una manera efectiva de llevar ese mundo microscópico abstracto a un lenguaje lo suficientemente asequible, por parte de los estudiantes, de manera que el proceso de enseñanza-aprendizaje puede terminar con la construcción de modelos que pueden ser llevados al mundo cotidiano.

En este sentido la enseñanza de conceptos abstractos depende en gran medida de los estilos de enseñanza; por ello la capacidad de modelización, primero por parte del docente y en última instancia del estudiante; determina el éxito del proceso de enseñanza-aprendizaje, el cual difícilmente culmina con modelos metales en los estudiantes idénticos a los de los expertos, los docentes. El estudio realizado por Galagovsky (2009) se enfoca en el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares confrontando los conceptos de Modelo y Dibujo. Desde este punto de vista propone que sería posible enseñar el modelo de fuerzas intermoleculares tempranamente en el currículo tratando de explicar lo que sucede submicroscópicamente al observar comparativamente tres fenómenos macroscópicos: la solubilidad del agua y el etanol, la insolubilidad del agua y el aceite y la solubilidad parcial y emulsificación de la mezcla agua, etanol, aceite. La idea que subyace a esta visión es que podría enseñarse química desde la interpretación de fenómenos con materiales sencillos, de forma motivante para los estudiantes, sin necesidad de forzar previamente la “comprensión” de conceptos tan abstractos como los implicados en el modelo de las fuerzas intermoleculares.

La explicación de conceptos en la química implica, a la hora de la enseñanza, llevar el modelo mental del docente a uno en la mente del estudiante, que por más que el primero

lo haga de una manera “lógica” no asegura que el segundo lo forme de manera “correcta”. En este sentido Guevara (2004), propone tres líneas de acción: la escritura de explicaciones cualitativas del significado del modelo; la resolución de problemas basados en modelos y permitir que los estudiantes elaboren, jueguen y exploren con diferentes modelos. Estas fallas de comunicación es común encontrarlas en el lenguaje gráfico usado por los expertos y libros de texto universitarios, esto sin lugar a dudas provoca, como afirma Galagovsky (2009), fallas en la comunicación entre los modelos mentales de docentes y estudiantes, incrementado así el grado de abstracción con el que los estudiantes perciben la Química.

En este sentido Torres (2010) se enfoca en los obstáculos del aprendizaje de las fuerzas intermoleculares y su relación con las propiedades físicas de las sustancias. Se estableció el principio organizador para el curso de química correspondiente al primer año de estudios universitarios de la Universidad de Buenos Aires, en donde se infiere que el conocimiento de la estructura electrónica de los átomos permite explicar las propiedades de los elementos, la naturaleza de las sustancias formadas por ellos, predecir la geometría molecular, la polaridad de las moléculas y por tanto las interacciones moleculares que dan cuenta de las propiedades físicas observadas.

Con un enfoque similar, Pereira (2012) realiza una propuesta de una secuencia didáctica teórico-experimental de las interacciones moleculares en la enseñanza de la química basándose en pruebas de adulteración de la gasolina y tinción con achiote (colorante natural). En todas las etapas experimentales el análisis se enfocó en el estudio de la solubilidad de las diferentes sustancias participantes, desde el punto de vista de las interacciones moleculares presentes en cada una de las pruebas realizadas. Como resultado de la investigación se resalta que el enfoque de problemas reales en el aula puede despertar el interés de los estudiantes por el área, además se pudo comprobar la importancia de introducir las secuencias didácticas de carácter investigativo, ya que esas posibles situaciones que se experimentan todos los días generan problemas de investigación que son susceptibles de ser investigados y de proponerles una solución.

Por último Antunes (2012), tiene en cuenta los nuevos paradigmas en la educación a la hora de buscar metodologías alternativas para la educación superior. De allí su propuesta de diseñar e implementar un juego educativo sobre las fuerzas

intermoleculares para estudiantes de ingeniería. Los resultados obtenidos muestran los juegos como una herramienta útil en la educación superior ya que muestran ser eficaces en la reconstrucción del conocimiento de los estudiantes.

Continuando con la búsqueda de alternativas para lograr un aprendizaje significativo de los estudiantes es necesario mencionar las unidades didácticas, definidas como un conjunto de elementos articulados entorno a un centro de interés, con “unidad” e identidad suficiente y sentido propio para ser desarrollados en un proceso de enseñanza-aprendizaje completo (Raposo, 2006); las cuales constituyen un instrumento de trabajo que facilita la labor docente integrando sus conocimientos científicos y didácticos, que además promueven en los estudiantes el desarrollo de habilidades, actitudes y conocimientos básicos necesarios para integrar lo aprendido a su realidad.

Dentro de la metodología de una unidad didáctica se encuentra el establecimiento de una secuencia de actividades (ciclo de aprendizaje o ciclo didáctico) que constituye la forma de poner en funcionamiento las capacidades de los estudiantes por medio de propuestas o proyectos de trabajo íntimamente relacionados, que facilitan la consecución de los objetivos y contenidos escogidos. Así por ejemplo Jorba y Sanmartí (1996) y Marzábal (2011), proponen ciclos didácticos con una serie de etapas que podrían enmarcarse dentro las siguientes: iniciación y motivación, desarrollo y aprendizaje, síntesis y autoevaluación, refuerzo y ampliación; las cuales deben ser planificadas por el docente y realizadas por los estudiantes. Aguirre (2012) aplica esta metodología en la enseñanza de las ciencias naturales en la ciudad de Medellín con estudiantes de la básica secundaria, debido a que esta ayuda a los docentes a plantear diversas actividades de intervención en el aula con una mejor articulación entre los conceptos teóricos y la cotidianidad de los estudiantes.

### **1.1.1 Ciclo didáctico**

Un ciclo didáctico es un sistema de comunicación intencional que se produce en un marco institucional y en el que se generan estrategias encaminadas a provocar el aprendizaje, en otras palabras, son un conjunto de actividades de enseñanza

organizadas por el docente de acuerdo a la forma en que este cree que sus estudiantes puedan aprender

Dentro de las llamadas propuestas didácticas alternativas, el ciclo didáctico de enseñanza y aprendizaje, se presenta como una propuesta que pasa de los modelos tradicionales a los de corte investigativo donde se valora el aprendizaje como una construcción de conocimientos por parte de quien aprende (Marzábal, 2011). En esta propuesta el docente guía grupos de estudiantes en su apropiación de la cultura científica, allí se resalta el papel del docente y lo equipara con el de los estudiantes, y se reconocen los diferentes ritmos de aprendizaje por medio de secuencias didácticas no lineales.

En este sentido, el docente es visto como un constructor de conocimientos en lo pedagógico y en lo didáctico, como un innovador que propone, pone a prueba y evalúa estrategias, que tiene en cuenta las dificultades e intereses de los estudiantes, es un docente con una real preocupación por cómo aprenden sus estudiantes y por cómo enseñar su saber. Por esto se espera que las propuestas de enseñanza que éste plantee además de tener en cuenta la perspectiva de quien aprende, han de despertar en este una actitud positiva frente a las ciencias y a su aprendizaje y han de incentivar la cooperación, la autonomía y la responsabilidad en pro de alcanzar un aprendizaje significativo.

Desde ese punto de vista, es posible ver un ciclo como una unidad didáctica. A su vez, cada ciclo se divide en fases, que están fuertemente relacionadas. Estos ciclos están centrados en preguntas problematizadoras que guían una propuesta de investigación dirigida que requiere seguir una secuencia flexible y unas actividades que respondan a propósitos de enseñanza. Jorba y Sanmartí (1996) proponen un ciclo didáctico que consta de cuatro etapas: (i) Exploración, (ii) Introducción de nuevos conocimientos, (iii) Estructuración y síntesis y (iv) Aplicación.

Giraldo (2013) aplica el ciclo didáctico propuesto por Jorba y Sanmartí (1996); en doce estudiantes del grado décimo de una Institución Educativa de Medellín, Colombia con el ánimo de propiciar el aprendizaje significativo de los conceptos de fuerzas intramoleculares e intermoleculares, en donde se resalta la generación de explicaciones

desde el campo microscópico y un progreso conceptual de éstos debido al material utilizado durante dicho ciclo y un aumento en el factor motivacional de los estudiantes.

De igual manera, Pereira (2012) realizó una propuesta de una secuencia didáctica teórico-experimental de las interacciones moleculares cuyo análisis se enfocó en el estudio de la solubilidad de diferentes sustancias. Como resultado de la investigación se pudo comprobar la importancia de introducir las secuencias didácticas de carácter investigativo, ya que las situaciones cotidianas pueden generar problemas de investigación que son susceptibles de ser investigados y proponerles una solución.

### **1.1.2 Aprendizaje basado en problemas**

El aprendizaje basado en problemas (ABP) suele definirse como una experiencia pedagógica de tipo práctico organizada para investigar y resolver problemas vinculados al mundo real, la cual fomenta el aprendizaje activo y la integración del aprendizaje escolar con la vida real. De esta manera, como metodología de enseñanza, el ABP requiere de la elaboración y presentación de situaciones reales o simuladas –siempre lo más auténticas y holistas posible- relacionadas con la construcción del conocimiento o el ejercicio reflexivo de determinada destreza en un ámbito de conocimiento, práctica o ejercicio profesional particular (Díaz, 2005).

Es importante enseñar mediante problemas abiertos, que promuevan el razonamiento, la identificación y empleo de información relevante y la toma de decisiones sin embargo, para lograrlo, el docente primero que todo debe empezar por apropiarse del método del ABP, el cual se basa en el planteamiento de problemas o situaciones problema contextualizadas con la realidad del estudiante. Dicha contextualización puede llevar a que el estudiante identifique el problema como un reto, lo que aumenta no solo su interés sino también la posibilidad de un aprendizaje significativo. Para que esto se alcance, los problemas planteados en el ABP deben tener ciertas características (García, 2000): a) su diseño debe ser tal que motive e interese a los estudiantes por escudriñar a profundidad los conceptos propuestos para la unidad didáctica, b) deben relacionarse de manera directa con las metas del curso y con situaciones de la cotidianidad del estudiante a fin que este le encuentre sentido a la tarea que esta por emprender, c) deben llevar a los

estudiantes a la toma de decisiones y a justificarlas con base en información de carácter formal, d) los problemas deben requerir que los estudiantes establezcan y categoricen suposiciones, información y procedimientos necesarios para darle solución al problema, e) debe requerir de un trabajo en equipo coordinado donde cada integrante tenga responsabilidades y compromisos para luego aunar esfuerzos con el fin de resolver eficientemente el problema f) el planteamiento debe incluir preguntas abiertas, es decir, tener varias posibles respuestas; deben estar ligadas a conceptos previos y deben poder generar diversidad de opiniones g) en el diseño deben tenerse en cuenta no solo los conceptos que con este se abordarán, sino también los previos y los posteriores con los que puede ligarse.

Otro aspecto a tener en cuenta es que tanto el docente como el estudiante neófitos en el ABP, deben adquirir habilidades y destrezas en la solución de problemas, dificultad que atañe a todas las áreas del conocimiento, no solo a las ciencias naturales; para ello Miguel de Guzmán (citado por Blanco, 1996) propone cuatro etapas para la solución de problemas; la primera se trata de comprender el enunciado, familiarizarse con el problema, tener una idea clara de los datos que intervienen, las relaciones entre ellos y lo que se pide, la segunda hace referencia a encontrar formas de abordar el problema: empezar por algún caso fácil; experimentar y buscar regularidades; hacer figuras, esquemas y diagramas; escoger un lenguaje o notación adecuados; buscar semejanzas; empezar por el final; suponer que no es posible, la tercera corresponde a la selección de la estrategia que parece más viable, llevarla adelante con decisión, confianza, orden, tesón y sosiego, asegurarse de haber llegado a la solución, no quedarse a medias, apuntar ideas nuevas que puedan surgir sin desviarse del camino trazado, revisar la idoneidad de la estrategia elegida si no prospera, por último la cuarta etapa se trata de examinar a fondo el camino seguido, preguntarse cómo se ha llegado a la solución o por qué no se ha llegado, tratar de entender por qué la cosa funciona, mirar si se puede encontrar un camino más simple, mirar hasta donde llega el método, reflexionar sobre el proceso de pensamiento seguido y sacar conclusiones para el futuro.

## 1.2 Marco teórico referencial

Para poder describir ciertas propiedades de la materia como los estados de agregación y la temperatura de ebullición y de fusión, es necesario considerar las fuerzas que

mantienen unidas a las partículas que constituyen cada una de las sustancias. A estas fuerzas las denominamos interacciones intermoleculares.

Entre dos partículas de la misma sustancia se establecen fuerzas de atracción y de repulsión. La interacción neta entre estas partículas resultará del balance entre estos dos tipos de fuerzas. Esta energía de interacción entre partículas es mucho menor que la involucrada cuando se rompe una unión química (dentro de la sustancia). Cuando se vencen estas interacciones intermoleculares no se produce un cambio en la composición química del sistema, por lo tanto, determinan propiedades físicas de las sustancias.

La magnitud de estas interacciones determinará, por ejemplo, la temperatura de ebullición y de fusión de la sustancia y, por lo tanto, su estado de agregación. Dentro de este tipo de interacciones se pueden mencionar las interacciones dipolo-dipolo, dipolo-dipolo momentáneas (dipolos inducidos), puente de hidrógeno y las interacciones combinadas entre las anteriores y de todas ellas con iones (Chang, 2010). En la Tabla 1-1 aparecen propiedades y características que pueden explicarse de manera cualitativa en términos de la teoría cinético-molecular, lo cual está relacionado con las atracciones intermoleculares.

**Tabla 1-1:** Características físicas de los estados gaseoso, líquido y sólido

<b>Estado</b>	<b>Fuerzas</b>	<b>Orden</b>	<b>Distancias</b>	<b>Propiedades</b>
<b>Gas</b>	Despreciables frente a la agitación térmica.	Continuo movimiento al azar	Largas, desiguales.	Volúmenes variables, fluidos, baja densidad, se difunden con rapidez.
<b>Líquido</b>	Intermedias	Semiordenado	Cortas, desiguales.	Volúmenes fijos, fluidos, alta densidad, se difunden a través de otros líquidos.
<b>Sólido</b>	Grandes frente a la agitación térmica	Elevado (muy ordenado)	Cortas, iguales.	Volúmenes fijos, no fluidos, alta densidad, se difunden muy lentamente a través de otros sólidos.

Las fuerzas intermoleculares son uno de los factores determinantes en las propiedades físicas de la materia, pero estas a su vez dependen directamente de la posición relativa de los átomos en una molécula, es decir, de la geometría molecular; que además de su importancia en las fuerzas intermoleculares, también se le puede relacionar con otras

propiedades de la materia tales como la reactividad, el color, el magnetismo y la actividad biológica (Kotz, 2009).

### 1.2.1 Geometría molecular

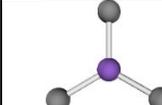
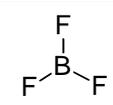
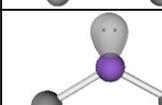
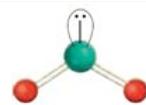
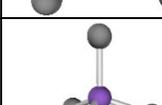
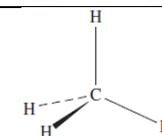
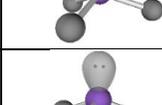
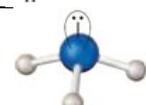
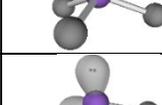
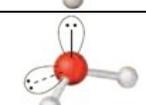
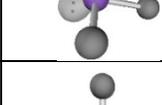
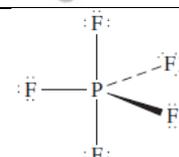
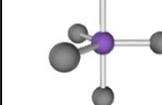
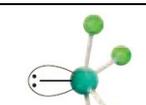
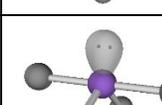
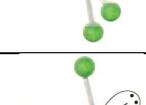
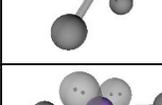
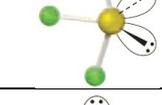
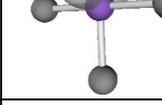
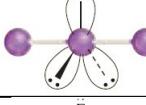
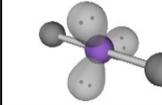
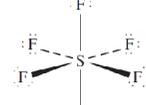
De la claridad que se tenga del concepto de la geometría molecular, es decir, de la disposición espacial de los átomos en una molécula, se tendrán entonces las herramientas suficientes para abordar el tema de la polaridad molecular y por ende el de las fuerzas intermoleculares, que es el tema en particular en el cual se centra este trabajo.

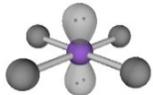
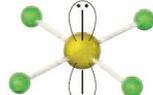
El modelo de la repulsión de los pares electrónicos de la capa de valencia (RPECV) es un método confiable para predecir la forma de moléculas covalentes e iones poli-atómicos. Este modelo se basa en la idea que los enlaces y los pares de electrones libres en la capa de valencia de un elemento se repelen entre sí y buscan estar tan lejos como sea posible. La posición asumida por los electrones de valencia de un átomo define los ángulos entre los enlaces a los átomos vecinos.

Los electrones enlazantes tienen menor “distribución espacial” que los pares libres, es decir, ocupan menos espacio que los pares libres, los cuales están asociados sólo a un átomo en particular. Debido a que un par de electrones libres en una molécula ocupa más espacio, experimenta mayor repulsión hacia otros pares libres y hacia los pares enlazantes. Para identificar el número total de pares enlazantes y pares libres se designaran las moléculas con pares libres como  $AB_xE_y$  (Tabla 1-2), donde A es el átomo central, B es uno de los átomos terminales o ligante y E es un par libre sobre A; por tanto en la tabla 1-2 se muestra la distribución de los pares electrónicos alrededor de un átomo central (A) en una molécula y geometría de algunas moléculas e iones sencillos en los que el átomo central tiene uno o más pares libres (Ebbing, 2009).

Con el modelo RPECV es posible hacer predicciones confiables de la geometría de una gran variedad de estructuras moleculares.

Tabla 1-2: Geometría de moléculas y de iones sencillos

Pares de electrones			Distribución de los pares	Geometría molecular		Ejemplo	
DE	E	PS					
2	2	0	Lineal	Lineal AB <sub>2</sub>		BeF <sub>2</sub>	F – Be – F
3	3	0	Trigonal plana	Trigonal plana AB <sub>3</sub>		BF <sub>3</sub>	
	2	1		Angular AB <sub>2</sub> E		SO <sub>2</sub>	
4	4	0	Tetraédrica	Tetraédrica AB <sub>4</sub>		CH <sub>4</sub>	
	3	1		Trigonal piramidal AB <sub>3</sub> E		NH <sub>3</sub>	
	2	2		Angular AB <sub>2</sub> E <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> O	
5	5	0	Bipirámide trigonal	Bipirámide trigonal AB <sub>5</sub>		PCl <sub>5</sub>	
	4	1		Tetraédrica distorsionada o "sube y baja" AB <sub>4</sub> E		SF <sub>4</sub>	
	3	2		Forma de T AB <sub>3</sub> E <sub>2</sub>		ClF <sub>3</sub>	
	2	3		Lineal AB <sub>2</sub> E <sub>3</sub>		I <sub>3</sub>	
6	6	0	Octaédrica	Octaédrica AB <sub>6</sub>		SF <sub>6</sub>	
	5	1		Pirámide cuadrada AB <sub>5</sub> E		BrF <sub>5</sub>	

Pares de electrones			Distribución de los pares	Geometría molecular	Ejemplo		
DE	E	PS					
4	2			Plana cuadrada $AB_4E_2$		XeF <sub>4</sub>	

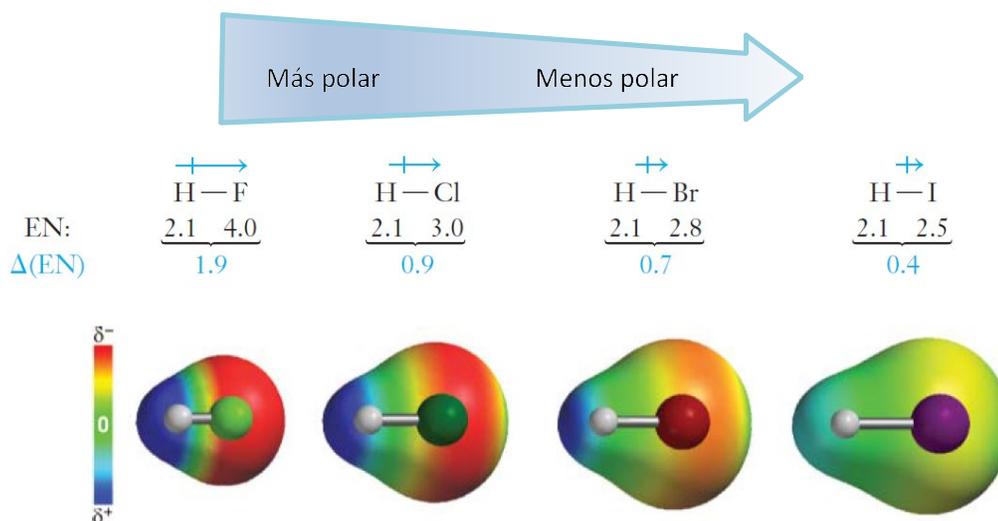
DE: número de dominio de electrones. E: número de enlaces alrededor del átomo central. PS: pares solitarios o pares de electrones libres

### 1.2.2 Enlace y polaridad molecular

Si un par electrónico no es igualmente compartido entre dos átomos, los electrones enlazantes están en promedio más cerca de uno de los átomos. El átomo hacia el cual el par de electrones es desplazado tiene una mayor proporción de dicho par y adquiere una carga parcial negativa ( $\delta^-$ ) (Whitten, 2010). Al mismo tiempo, el átomo al otro extremo del enlace es deficiente en electrones y adquiere una carga parcial positiva ( $\delta^+$ ); como se ilustra en la Figura 1-1. Así, el enlace tiene un polo negativo y un polo positivo, este tipo de enlace es llamado un enlace polar. En los compuestos iónicos, el desplazamiento del par electrónico hacia uno de los átomos es esencialmente completo.

Una medida cuantitativa de la polaridad de enlace covalente polar es su momento dipolar ( $\mu$ ). El momento dipolar generalmente se expresa en unidades debye (D) y se define como el producto de la carga Q por la longitud r entre las cargas:  $\mu = Q \times r$

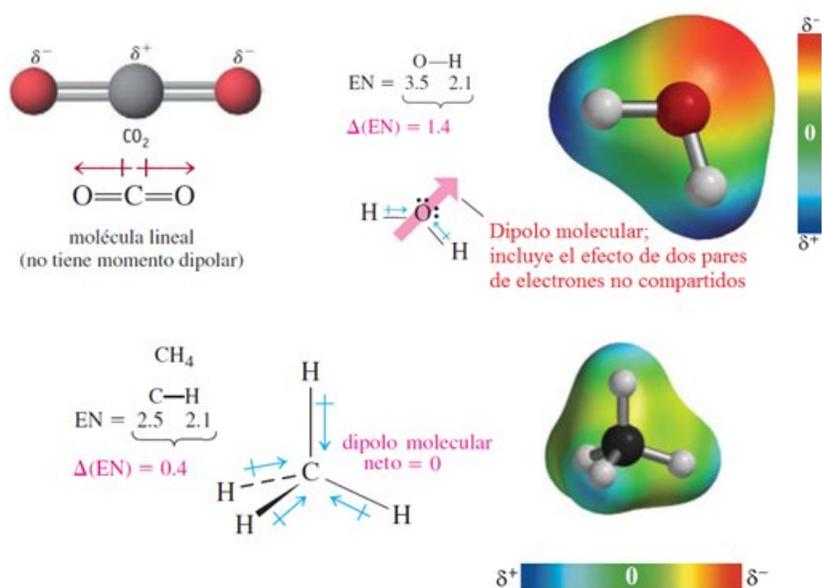
**Figura 1-1:** Formación de dipolos por la separación de cargas en un enlace covalente polar (Whitten, 2010)



Para predecir si una molécula es polar, se necesita considerar si la molécula tiene enlaces polares y cómo están estos enlaces en relación uno con el otro (Whitten, 2010). Las moléculas diatómicas en donde los átomos que la constituyen presentan diferente electronegatividad son siempre polares.

Para establecer la polaridad de moléculas poliatómicas con enlaces covalentes polares, se debe determinar el dipolo molecular por medio de la sumatoria de los momentos dipolares de todos los enlaces formados por el átomo central, dicha sumatoria depende de la disposición espacial de los enlaces, que en el caso de presentar simetría la molécula es apolar (Whitten, 2010). En la Figura 1-2 se muestran ejemplos donde se evidencia la relación entre la geometría y la polaridad molecular, de allí puede concluirse que la presencia de enlaces polares no necesariamente implica que la molécula presenta un momento dipolar.

**Figura 1-2:** Geometría y polaridad molecular (Whitten, 2010)



### 1.2.3 Fuerzas Intermoleculares

Las propiedades físicas de los líquidos y sólidos moleculares se deben en gran medida a fuerzas intermoleculares, las fuerzas que existen entre las moléculas. Si se entiende la naturaleza y la intensidad de las fuerzas intermoleculares se podrá comenzar a relacionar

la composición y la estructura de las moléculas con sus propiedades físicas (puntos de fusión y ebullición, presión de vapor, viscosidad). Las fuerzas intermoleculares se refieren a las fuerzas entre partículas individuales (átomos, moléculas, iones) de una sustancia. Estas fuerzas son muy débiles en comparación con las fuerzas intramoleculares; esto es, los enlaces iónicos y covalentes de los compuestos. En la Tabla 1-3 se muestra la energía de las interacciones.

**Tabla 1-3:** Energía de las interacciones interiónicas e intermoleculares

Tipo de interacción	Principales factores responsables de la interacción	Energía típica en kJ/mol	Dependencia de la energía con la distancia.
Ion – ion	Carga de los iones	250	$1/d$
Puente de hidrogeno	(tipo especial de interacción dipolo-dipolo)	20	
Ion – dipolo	Carga del ion, momento dipolar	15	$1/d^2$
Dipolo – dipolo	Momentos dipolares	2 a 0,3	$1/d^3$ a $1/d^6$
Dispersión o London	Polarizabilidad	2	$1/d^6$
Dipolo – dipolo inducido	Momento dipolar, polarizabilidad.	0,05	

### ▪ Fuerzas Ion – dipolo

La distribución de los electrones enlazantes en una molécula a menudo resulta en un momento dipolar permanente. Ya que las moléculas polares tienen un extremo positivo y uno negativo, al mezclarse con un compuesto iónico, el extremo negativo del dipolo será atraído por el catión, y de igual manera el extremo positivo del dipolo será atraído por el anión. La intensidad de esta interacción depende de la carga y tamaño del ion así como de la magnitud del momento dipolar y del tamaño de la molécula (Whitten, 2010).

### ▪ Fuerzas dipolo – dipolo

Las moléculas polares neutras se atraen cuando el extremo positivo de una de ellas está cerca del extremo negativo de otra. Estas fuerzas dipolo-dipolo sólo son eficaces cuando las moléculas polares están muy juntas, y generalmente son más débiles que las fuerzas ion-dipolo (Whitten, 2010).

En los líquidos, las moléculas polares están en libertad de moverse unas respecto a otras. A veces están en orientaciones que son atractivas o en orientaciones repulsivas.

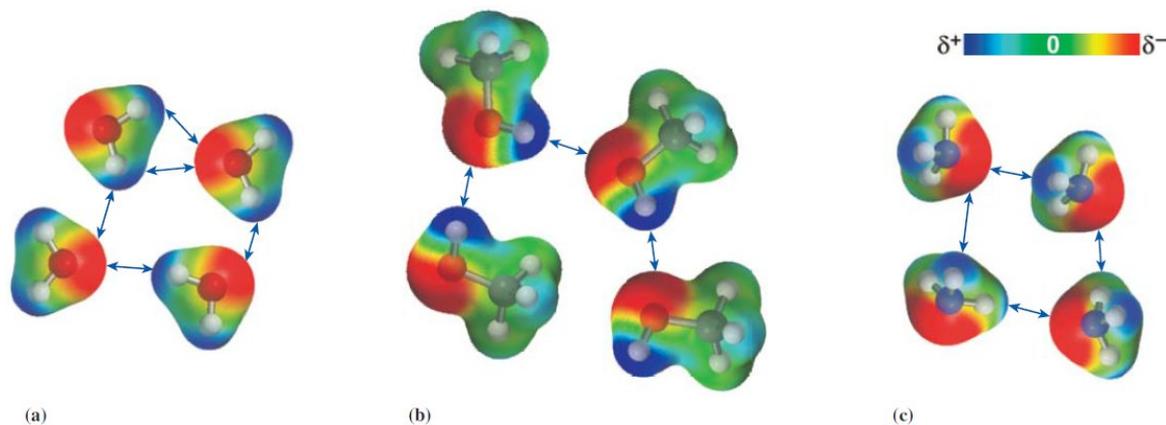
Para que operen fuerzas dipolo-dipolo, las moléculas deben poder juntarse en la orientación correcta. Por tanto, en el caso de moléculas con polaridad parecida, las que tienen menor volumen molecular generalmente experimentan fuerzas de atracción dipolo-dipolo más intensas.

### ▪ Puente de hidrógeno

Los puentes de hidrógeno son un caso especial de interacción dipolo – dipolo muy fuerte. Este se presenta entre moléculas covalentes polares que tienen H y uno de los tres elementos muy electronegativos de tamaño pequeño: F, O o N.

El tamaño pequeño de los átomos de F, O y N, aunado a su alta electronegatividad, concentran los electrones de estas moléculas alrededor de estos, lo que causa que un átomo de hidrógeno unido a uno de estos elementos muy electronegativos se vuelva muy positivo. El átomo de hidrógeno es entonces atraído hacia el par de electrones no compartido de un átomo de F, O ó N de otra molécula, tal y como se aprecia en la Figura 1-3. Las energías típicas del puente de hidrógeno son mucho más grandes que las energías de las demás interacciones dipolo – dipolo en consecuencia, estos son responsables de los altos puntos de ebullición y fusión poco comunes de compuestos como el agua, el alcohol metílico y el amoníaco comparados con otros compuestos de masa y geometría molecular semejantes (Whitten, 2010).

**Figura 1-3:** Puente de hidrógeno formado entre las mismas moléculas a) agua,  $H_2O$ ; b) metanol;  $CH_3OH$ ; y c) amoníaco  $NH_3$ . (Whitten, 2010)



### ▪ Fuerzas de dispersión de London

Si un ion o una molécula polar se acerca a un átomo (o una molécula no polar), la distribución electrónica del átomo (o molécula) se distorsiona por la fuerza que ejerce el ion o la molécula polar, dando lugar a una clase de dipolo. Se dice que el dipolo del átomo (o molécula no polar) es un dipolo inducido porque la separación de sus cargas positiva y negativa se debe a la proximidad de un ion o una molécula polar (Kotz, 2009).

La probabilidad de inducir un momento dipolar depende no sólo de la carga del ion o de la fuerza del dipolo, sino también de la polarizabilidad del átomo o molécula, es decir, de qué tan fácil se distorsiona la distribución electrónica del átomo (o molécula). En general, un átomo o molécula tiende a ser más polarizable a medida que aumenta el número de electrones y se hace más difusa la nube electrónica. Por nube difusa se entiende una nube electrónica que se distribuye en un volumen considerable, de tal forma que los electrones no están fuertemente unidos al núcleo.

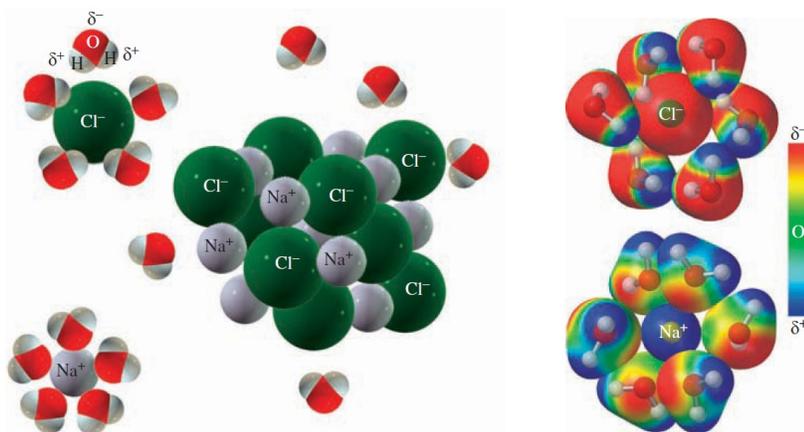
### 1.2.4 Solubilidad y fuerzas intermoleculares

Para que dos sustancias diferentes formen una mezcla homogénea (solución), es necesario que las fuerzas de atracción entre sus componentes, soluto y solvente, sean de magnitud comparable a las existentes entre las moléculas de soluto mismo o entre las del solvente mismo. En otras palabras, el proceso de disolución depende de un equilibrio entre fuerzas atractivas y repulsivas entre los componentes de la mezcla. Así por ejemplo el cloruro de sodio, se disuelve fácilmente en agua porque la interacción atractiva entre los iones y las moléculas polares del  $\text{H}_2\text{O}$  sobrepasa la energía de red del  $\text{NaCl}$ . Cuando se mezclan dos sustancias covalentes polares como el agua y el etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), los puentes de hidrogeno son los responsables de la miscibilidad, ya que están presentes tanto en el seno de los fluidos puros como entre ellos al ser mezclados. Para el caso de dos sustancias no polares las únicas fuerzas presentes son las de dispersión, las cuales son similares en los fluidos puros y en la mezcla de ellos, por lo que su solubilidad puede decirse que se debe al incremento del desorden quien rige el proceso, es decir, al incremento de la entropía (Kotz, 2009).

En la Figura 1-4 se muestra el papel de las atracciones electrostáticas en la disolución del  $\text{NaCl}$  en agua, en donde el extremo positivo ( $\delta^+$ ) de las moléculas de agua (átomos

de H) atraen a los iones cloruro de la superficie del NaCl sólido. De igual manera, las partes ( $\delta^-$ ) de las moléculas de  $H_2O$  (átomos de O) se orientan por sí mismas hacia los iones  $Na^+$  y los solvatan. Asimismo se ilustra las interacciones electrostáticas entre los iones y las porciones positivas y negativas de la molécula del agua.

**Figura 1-4:** Proceso de disolución de NaCl en agua. (Whitten, 2010)



## **2.Planteamiento del problema y Justificación**

### **2.1 Planteamiento del problema**

La pertinencia del currículo de la Química en la educación secundaria se convierte en el foco de atención, más aún cuando pretende modificársele en pro de mejorar la formación de los estudiantes. El problema surge desde los contenidos propuestos, ya que para los docentes tienen un sentido lógico mientras que para los estudiantes resultan poco interesantes lo que los puede llevar a presentar dificultades en su comprensión y desmotivación hacia la asignatura.

Uno de los pilares del currículo de la Química es la estructura molecular de la materia, de ella dependen conceptos como los estados de agregación de la materia, el enlace químico, las fuerzas intermoleculares, las propiedades físicas y químicas de las sustancias, por mencionar algunas; dicho pilar, a pesar de evidenciarse en “el mundo de la vida” que nos rodea, la explicación de los fenómenos que de este surgen tiene un alto contenido abstracto, que implica, a la hora de la enseñanza, llevar el modelo mental del docente a uno en la mente del estudiante, que por más que el primero lo haga de una manera “lógica” no asegura que el segundo lo forme de manera “correcta”; tanto es así que es muy común que los estudiantes se formen concepciones alternativas de los conceptos abordados por el docente, tal y como lo exponen Tarhan (2008) y Torres (2010) en cuanto al concepto de fuerzas intermoleculares.

Las interacciones de las sustancias dependen directamente de su estructura, sus propiedades y las fuerzas intermoleculares presentes entre estas. Sobre esta problemática se viene implementando el uso de modelaciones computacionales, usando software especializado en estructuras tridimensionales moleculares, en la enseñanza de conceptos integradores como lo son las fuerzas intermoleculares, con resultados calificados como buenos, con una gran receptividad y mayor motivación por parte de los

estudiantes (Boiani, 2004). Sin embargo esta herramienta por sí sola no soluciona las dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de fuerzas intermoleculares. Chamizo (2006) asegura que para colaborar en la construcción de modelos mentales cercanos a los científicos, sirve el trabajo con representaciones de diversos tipos, ayudándose de diferentes materiales incluyendo desde los más sencillos y accesibles como la plastilina y los palillos, hasta la utilización de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, siempre y cuando se discuta con el alumno el significado, el sentido, la implicación y el alcance de tales representaciones. Por lo que las imágenes y los modelos en general, no hablan por sí solos y es necesario argumentar sobre ellos.

De lo anteriormente expuesto surge la pregunta problematizadora ¿Cómo usar recursos asequibles para la modelación de las moléculas de manera que le permita a los estudiantes de la asignatura de química del grado décimo de la media vocacional un aprendizaje significativo del tema de fuerzas intermoleculares?

## **2.2 Justificación**

En el proceso de enseñanza aprendizaje, los docentes tienen gran responsabilidad, debido a que buena parte de los problemas de aprendizaje que exhiben los estudiantes tienen su origen en las estrategias de enseñanza que éstos implementan en las aulas de clase (Gómez, 2004).

Siendo conscientes de dicha responsabilidad, es necesario dejar a un lado esa linealidad con que se abordan los contenidos y la mecanización de la solución de ejercicios fuera de la realidad de los estudiantes. Por lo tanto, debe propiciarse espacios en el aula de clase para desafiar a los estudiantes en la búsqueda del conocimiento para que tengan la oportunidad de definir, transformar o reemplazar lo que aprendan y que su conocimiento sea transversal a todas las áreas y tengan la capacidad para encarar “el mundo de la vida” de una manera reflexiva. Este proceso debe llevar a la concientización, por parte de los estudiantes, de su papel en la sociedad y su obligación de tomar decisiones en todos aquellos ámbitos que afectan su vida.

La incursión a una sociedad del conocimiento conlleva a que los docentes de Ciencias Naturales, y en el caso particular de la Química, busquen estrategias de enseñanza enfocadas hacia una alfabetización más que científica, social; pues estos nuevos ciudadanos deben ser responsables no solo consigo mismos sino con su entorno y esto implica la selección adecuada no solo de los contenidos, sino la forma de abordarlos, pues la meta es que los estudiantes se lleven para su vida una visión de la Química como una ciencia útil, cotidiana y accesible. Por consiguiente, los docentes de Química deben tener en cuenta que una parte fundamental de las estrategias de enseñanza utilizadas por estos, es el lenguaje empleado en el discurso, pues la comunicación docente-estudiante es la base para alcanzar una fructífera alfabetización científica; cuando esta se da manera inadecuada es común encontrar respuestas y concepciones erróneas por parte de los estudiantes (Galagovsky, 2009).

Las fallas de comunicación no solo pueden estar en el lenguaje escrito sino también en el visual. Es común encontrar discrepancias en el lenguaje gráfico usado por los expertos, libros de texto universitarios, para ilustrar, por ejemplo, las fuerzas intermoleculares, esto sin lugar a dudas provoca, como afirma Galagovsky (2009), fallas en la comunicación entre los modelos mentales de docentes y estudiantes, incrementado así el grado de abstracción con el que los estudiantes perciben la Química.

En sí los estilos de enseñanza pueden favorecer o no la construcción de ciertos tipos de conocimiento (Giudice, 2008), más aún cuando estos tienen un alto grado de abstracción, como en el caso de las fuerzas intermoleculares; por ello la capacidad de modelización primero por parte del docente y en últimas del estudiante determina el éxito del proceso de enseñanza-aprendizaje, dicho proceso puede verse alterado adicionalmente por el momento en que se presenta la información científica dentro del esquema de una secuencia didáctica, que para el caso, se refiere al orden y grado de precisión científica con el que se presenta la información gráfica, como herramienta de enseñanza básica de los conceptos abstractos, a nivel microscópico, que requiere el concepto de las fuerzas intermoleculares.

Por tanto, el uso adecuado de herramientas de modelación computacional, por parte de los docentes, constituye una manera efectiva de llevar ese mundo microscópico abstracto, intangible, pero macroscópicamente familiar, a un lenguaje lo suficientemente

asequible por parte de los estudiantes de manera que el proceso de enseñanza-aprendizaje termine en una verdadera alfabetización científica con grandes posibilidades de ser llevada al mundo cotidiano.

## **3. Objetivos**

### **3.1 Objetivo General**

Diseñar una unidad didáctica, basada en herramientas de modelación computacional para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje del tópico de química, fuerzas intermoleculares, en los estudiantes del grado décimo de la media vocacional.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Reconocer y caracterizar estrategias metodológicas sobre el proceso de enseñanza aprendizaje del modelo de fuerzas intermoleculares.
- Diseñar situaciones problema que relacionen el concepto de fuerzas intermoleculares con aspectos de la vida cotidiana de los estudiantes y con otras áreas del conocimiento para favorecer el aprendizaje significativo por parte de los estudiantes.
- Diseñar estrategias y/o actividades, desde los medios computacionales que mejoren el proceso de enseñanza-aprendizaje del modelo de fuerzas intermoleculares.



## **4. Metodología**

### **4.1 Ficha operacional de la unidad didáctica**

Tema principal: Interacciones Moleculares

Nivel en que se puede aplicar: grado noveno de la básica secundaria (14 – 16 años).

Número de estudiantes: 35 – 40

Número de sesiones para el desarrollo de los contenidos: 40 horas

Número de horas asignadas a la materia: 4 horas semanales

Materiales de laboratorio: tubos de ensayo, beaker, pipetas, pinzas, probeta, gradilla, peras de succión.

Materiales caseros: plastilina, anilina, aceite, miel, agua, palillos mondadientes entre otros.

Fotocopias, Video beam, computadores.

Esta unidad didáctica se organizó con base en el ciclo didáctico propuesto por Jorba y Sanmartí (1996), el cual consta de cuatro etapas exploración, introducción de nuevos conocimientos, estructuración y síntesis y aplicación. Con esta estructura se busca alcanzar la meta de que el estudiante reconozca la relación entre la geometría molecular y las interacciones moleculares con las propiedades físicas de la materia como la solubilidad y los cambios de estado en sustancias de uso común, haciendo uso de herramientas de la modelación molecular y la solución de situaciones problema contextualizadas.

### **4.2 Unidad didáctica**

#### **4.2.1 Exploración**

Esta fase está planeada para llevarse a cabo en seis horas de clase, realizando tres actividades con diferente intensidad horaria, así: un cuestionario KPSI (1 hora), un

cuestionario de preguntas abiertas (2 horas), y una práctica experimental introductoria (3 horas).

En la primera actividad, el docente plantea la realización de un cuestionario KPSI (ver Anexo A) como una herramienta para reconocer la percepción que el estudiante tiene sobre la temática a desarrollar. En este trabajo se propone un cuestionario de trece (13) ítems conceptuales para indagar si los estudiantes conocen el tema y su grado de comprensión, el cual se aplica en una hora de clase. El docente aplica el cuestionario en forma individual para luego tabular los resultados.

Luego, el docente realiza un cuestionario de preguntas abiertas (ver Anexo B), el cual incluye cuatro preguntas sobre solubilidad y estados de agregación de sustancias de uso común, para identificar las preconcepciones de los estudiantes sobre la estructura de la materia, el cual se aplica en dos horas de clase. La actividad se puede realizar en equipos, máximo de tres integrantes, y el docente con la participación de los estudiantes determina en cuales temas se debe profundizar así por ejemplo, de encontrarse dificultades en los tres primeros puntos del cuestionario deberá trabajarse las propiedades físicas de la materia (densidad, flotabilidad, solubilidad, estados de agregación) y el enlace químico en caso de ser el último punto donde se encuentren dichas dificultades.

Para la realización de la siguiente actividad de exploración, el docente solicita con antelación a los estudiantes traer al laboratorio una bata, asimismo líquidos caseros de uso común de aproximadamente 50 mL. Se les puede sugerir una lista donde se incluya algunos de particular interés para la actividad como aceite y miel.

Por tanto, en la realización de la práctica experimental introductoria (ver Anexo C), se presenta una breve explicación por parte del docente de los conceptos de clasificación de la materia. De igual forma, el docente realiza una actividad demostrativa usando tres tipos de sustancias como agua, aceite y alcohol para mezclar estos líquidos en un cilindro de vidrio y así elaborar una torre con las diferentes mezclas (en una hora de clase). Asimismo, el docente solicita a los estudiantes formar grupos de cuatro

estudiantes para que realicen mezclas con las sustancias caseras que trajeron al aula experimental y elaboren una “torre” de líquidos. El docente indaga a cada grupo sobre las mezclas homogéneas y heterogéneas para conocer la explicación que tienen los estudiantes y saber si conocen sobre el tema de solubilidad. Esta actividad se realiza en 2 horas de clase.

### **4.2.2 Introducción de nuevos conocimientos**

Esta fase está planeada para llevarse a cabo en veinte horas de clase, realizando cuatro actividades con diferente intensidad horaria, así: análisis de una situación problema (dos horas), aprendizaje sobre modelación molecular (seis horas), conceptualización sobre geometría y polaridad molecular (seis horas), conceptualización sobre fuerzas intermoleculares (seis horas).

Se realiza el planteamiento de una situación problema inicial (ver Anexo D) como una forma que el estudiante se apropie de nuevos conocimientos y los lleve a otros contextos. La situación problema consiste en la búsqueda de la sustancia líquida más apropiada para la limpieza de una mancha en tela originada por un antiséptico quirúrgico de uso común para la limpieza de heridas como el Isodine®, cuya solución se socializará solo hasta el final de la fase de estructuración y síntesis. Esta actividad se realiza en dos horas de clase. El docente solicita a los estudiantes que formen equipos entre 4 y 6 integrantes, indicándoles que deben elegir un coordinador y un secretario que tome nota de lo realizado.

Antes de continuar con la siguiente actividad, si el docente lo considera necesario y de acuerdo a los resultados de las actividades de la fase de exploración, podría dedicarse dos horas de clase para retomar el tema de la estructura de Lewis por ejemplo con una actividad de ejercitación, como la que se propone en el Anexo E, ya que esta es la base para estudio de la geometría molecular. Por otro lado es conveniente que con antelación a la siguiente clase el docente les solicite a los estudiantes traer plastilina de diferentes colores y palillos mondadientes.

Luego se propone hacer una actividad práctica de modelación molecular (ver Anexo F), con plastilina y palillos mondadientes, para establecer las bases conceptuales necesarias

para la comprensión de la geometría electrónica y molecular y realizar modelos de compuestos químicos, la cual se realiza en dos horas de clase. El docente organiza a los estudiantes en grupos de cuatro integrantes, para que realicen la guía descrita en el Anexo F, la cual consiste básicamente en hacer una bola de plastilina como átomo central y ubicar enlaces químicos equidistantes con palillos mondadientes para obtener modelos de las diferentes geometrías ideales (electrónicas y moleculares). Se plantea además la importancia de destinar dos horas de clase adicionales para la socialización y retroalimentación de resultados de esta actividad.

Como una manera de relacionar lo práctico con lo teórico y como una introducción al proceso de conceptualización de la geometría y polaridad molecular el docente debe propiciar en los estudiantes una actividad de contrastación entre lo hecho en la actividad anterior y lo obtenido mediante el uso de herramientas computacionales. Para ello se utilizará el software libre denominado *Applet Java*®, que se puede descargar fácil y rápidamente del sitio <http://phet.colorado.edu/es/simulation/molecule-shapes> [1]. Por lo tanto el profesor lleva los estudiantes a la sala de informática donde podrán interactuar con el software libre, y se les propone realizar la modelación molecular de las mismas moléculas usadas en el Anexo F (las que modelaron usando plastilina y palillos), en esta oportunidad utilizando el software de simulación de formas moleculares. Esta actividad se realiza en dos horas de clase y los estudiantes se distribuyen según la disponibilidad de computadores en la sala de informática de la institución educativa.

Para el aprendizaje conceptual sobre geometría y polaridad molecular, el docente realiza una clase magistral sobre este tema, haciendo uso de diapositivas en Power Point, lo cual se realiza en dos horas de clase. Para terminar, el docente propone una actividad de ejercitación (ver Anexo H) como afianzamiento de los saberes adquiridos, en ella los estudiantes forman parejas y resuelven los ejercicios propuestos para entregarlos al final de la clase como parte de la evaluación sumativa del periodo académico, esta se realiza en dos horas de clase.

Como anticipación a la siguiente clase el docente solicita a los estudiantes una consulta en la cual definen lo que son fuerzas inter e intramoleculares, que enuncien y expliquen cada uno de los tipos de fuerzas intermoleculares y que realicen un glosario con aquellas

palabras desconocidas encontradas al realizar dicha consulta, adicionalmente debe pedirles materiales para la realización de carteleras o afiches.

Por lo tanto para la conceptualización de las fuerzas intermoleculares, el docente solicita a los estudiantes que formen parejas y elaboren mapas conceptuales sobre el tema consultado, para de esta manera evidenciar los conceptos y su relación y fomentar el trabajo colaborativo (dos horas de clase). Al terminar esta actividad se sugiere que el docente resuelva las dificultades o dudas que los estudiantes expresen de este concepto.

Por último el docente debe disponer de aproximadamente cuatro horas de clase para aplicar los temas vistos en situaciones concretas, esto por medio de actividades de ejercitación (ver Anexo I) que van desde la clasificación de sustancias según las fuerzas intermoleculares que presentan hasta la predicción cualitativa de propiedades físicas de las sustancias según dichas fuerzas. Dicha ejercitación además puede hacer parte de la evaluación sumativa del periodo académico.

### **4.2.3 Estructuración y síntesis:**

Esta fase está planeada para llevarse a cabo en seis horas de clase, realizando tres actividades con diferente intensidad horaria, así: predicción teórica de las solubilidades de las sustancias problema (2 horas), comprobación práctica de las predicciones sobre solubilidad (2 horas), retroalimentación y socialización de resultados (2 horas).

En la predicción teórica de la solubilidad, se propone el uso del software libre *Avogadro*® como herramienta de modelación molecular para predecir la posible solubilidad de las sustancias problema, yodo en agua, etanol y éter etílico. Esta predicción o análisis se realiza a partir del análisis de sus momentos dipolares, mapas de potencial electrostático, energía del sistema y fuerzas intermoleculares. En un tiempo estimado de 2 horas, en la sala de informática de la institución educativa, el docente organiza los estudiantes por parejas y les da las indicaciones para el uso del programa *Avogadro*® para que realicen el análisis de solubilidad, el cual se realiza a partir de los datos de las propiedades de las sustancias problema obtenidos con el programa y debe entregarse al final de la clase.

Para la realización de la comprobación práctica de las predicciones de solubilidad, en un tiempo estimado de dos horas se realiza la parte experimental para lo cual el docente solicita con antelación a los estudiantes llevar a clase Isodine® (yodo) mientras que el alcohol (etanol) y el éter etílico deben ser proporcionados por este. Antes ir al laboratorio el docente, a partir del análisis de las predicciones entregadas por los estudiantes, propone alternativas de comprobación experimental y establece de común acuerdo la forma más apropiada de comprobar las predicciones teóricas realizadas acerca de la solubilidad del yodo en agua, etanol y éter etílico.

Para la retroalimentación, el docente solicita con antelación a los estudiantes consultar aspectos básicos sobre los conversatorios, dicha técnica promueve el aprendizaje, la sociabilidad y el crecimiento personal. Aquí cada equipo expondrá las dificultades, los aciertos y los desaciertos que tuvieron durante el proceso de solución de la situación problema, mientras que los demás equipos podrán hacer sus aportes o cuestionamientos a manera de co-evaluación. El docente debe estar atento al uso de vocabulario científico, al dominio de los conceptos básicos, de la manera como los estudiantes relacionan la teoría con la práctica, de su capacidad crítica, a fin de establecer una evaluación del proceso de aprendizaje de los estudiantes. Al final del conversatorio no solo debe tenerse una solución concertada a la situación inicialmente planteada, sino también una serie de conclusiones sobre lo aprendido desde lo conceptual y procedimental hasta lo actitudinal, esta actividad se realiza en dos horas.

#### **4.2.4 Aplicación:**

Esta fase está planeada para llevarse a cabo en seis horas de clase, realizando dos actividades con diferente intensidad horaria, así: planteamiento y solución de una nueva situación problema (cuatro horas), revisión de los conceptos aprendidos (dos horas).

Se plantea la solución de una nueva situación problema (ver Anexo K) como herramienta de verificación del proceso de aprendizaje de los estudiantes. La situación aquí propuesta esencialmente implica que el estudiante determine teóricamente entre tres solventes alcohol metílico ( $\text{CH}_3\text{-OH}$ ), acetona ( $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ ) y diclorometano ( $\text{Cl-CH}_2\text{-Cl}$ ) cual es el más apropiado, desde el punto de vista de su volatilidad, para la fabricación de

---

una pintura de secado rápido. Se recomienda que los equipos de estudiantes no superen los cuatro integrantes para asegurar la intervención directa de todos en la solución de la situación problema propuesta. El docente debe aclarar que la solución de esta nueva situación será netamente teórica, que podrán hacer uso de herramientas computacionales, pero que no hay lugar a la experimentación. Especificar también, que se les hará entrega de la información necesaria (ver Anexo K) para que resuelvan la nueva situación problema y entreguen la posible solución al finalizar la clase. Esta actividad se realiza en cuatro horas de clase y al final de las cuales el docente deberá hacer una puesta en común de los aciertos y desaciertos, y de las dificultades evidenciadas durante la actividad ya que volver sobre estos tropiezos constituye una excelente herramienta de afianzamiento del aprendizaje.

Para finalizar se realiza por segunda vez los cuestionarios KPSI (Anexo A) y de preguntas abiertas (Anexo B) hechos al principio del ciclo didáctico, como una manera de evaluar los resultados del proceso de aprendizaje tanto desde el punto de vista del estudiante como del docente pues para este último sirve de reflexión sobre su quehacer pedagógico. El docente establece un tiempo prudente y un orden para la realización de los cuestionarios, y tener a disponible la tabulación de los resultados de aquellos realizados al comienzo del ciclo didáctico para facilitar el proceso de reflexión del proceso de enseñanza-aprendizaje.



## **5.Resultados y Discusión**

### **5.1 Unidad didáctica: Interacciones Moleculares**

En esta unidad didáctica se hace énfasis en los procesos de modelación como competencia básica para alcanzar un aprendizaje significativo en estudiantes de la educación básica y media vocacional.

Para que los estudiantes desarrollen un significado psicológico del concepto de Interacciones Moleculares, es necesario que primero adquieran saberes básicos sobre modelación, competencia necesaria para entender y aplicar el concepto trabajado, de ahí que en esta propuesta lo primordial es el planteamiento de actividades prácticas con materiales caseros y el uso de software de modelación molecular, además de la solución de situaciones problema cuyo objetivo es que el estudiante vea reflejados y aplique en su realidad, los conceptos trabajados en clase.

Con la aplicación de esta unidad didáctica, el docente logra que el estudiante explique el comportamiento físico de las sustancias, desde la estructura interna de la materia, a través del concepto de Interacciones Moleculares haciendo uso de la solución de situaciones en contexto y con la ayuda de herramientas de modelación. Otra de las metas que se busca con esta propuesta, es incentivar al docente en el uso de herramientas informáticas como los modeladores moleculares que abren un mundo de posibilidades para abordar los conceptos que se abordan dentro de las Interacciones Moleculares.

### **5.2 Actividad de Exploración**

En esta fase del ciclo se tiene como propósito activar las estructuras cognitivas, y ponerlas a prueba en situaciones cotidianas, logrando a través de ellas que el estudiante se vaya apropiando de los objetivos del aprendizaje. Las actividades realizadas en esta

fase permiten conocer las ideas y conceptos previos que el estudiante tiene sobre las interacciones moleculares.

La aplicación del cuestionario tipo KPSI (Anexo A) sirve principalmente para que el estudiante se interrogue sobre lo que sabe de un tema y al docente para reconocer la percepción que el estudiante tiene sobre la temática a desarrollar. La puesta en común de los resultados de este cuestionario puede servir para que los mismos estudiantes se den cuenta de lo incipiente de sus ideas iniciales.

Como esta actividad no tiene calificación para los estudiantes se realiza con la intención de conocer la condición de los saberes previos como cambios de estado, mezclas, teoría atómica, distribución electrónica, tabla periódica, propiedades periódicas, enlace químico, estructura de Lewis, solubilidad y fuerzas intermoleculares. Los cuales son fundamentales para afrontar el tema interacciones moleculares. Al tabular los resultados, el docente está en capacidad de tomar decisiones para realizar las correcciones a la planeación de las actividades que se van a llevar a cabo en el aula de clase que conlleven al buen entendimiento del tema interacciones moleculares. Asimismo, con la información obtenida mediante la realización de este cuestionario el docente hace recomendaciones a los estudiantes sobre cuáles temas deben consultar y repasar para favorecer el proceso de aprendizaje del tema objeto de estudio. Por ejemplo, si se observa una deficiencia en el concepto de enlace químico, el docente debe solicitar al estudiante revisar en casa este concepto y realizar una clase de repaso sobre esta parte conceptual.

Por otro lado, el cuestionario de preguntas abiertas (Anexo B), sirve para identificar los preconcepciones de los estudiantes sobre estados de agregación, solubilidad, densidad, flotabilidad, cambios de estado y su relación con la estructura de la materia. Este método aporta mayor información que los cuestionarios KPSI debido que recoge las ideas o conceptos previos de los estudiantes. En este cuestionario se pueden analizar, ignorando si aciertan o no en la respuesta correcta, de esta manera tanto docente como estudiantes identifican las concepciones alternativas (preconcepciones) o aquellos pre-saberes que no han asimilado bien.

Como la actividad se realiza en equipos permite que los estudiantes discutan al menos por una hora de clase las posibles respuestas a las preguntas planteadas en la actividad del Anexo B. Con la socialización hecha junto al docente se realiza un listado en el tablero de los conocimientos que se tienen afianzados y aquellos en los cuales se debe profundizar antes de introducir los nuevos conceptos de interacciones moleculares.

Por último, la realización de una práctica introductoria (Anexo C) es un primer desafío a la explicación de fenómenos cotidianos. En esta etapa de exploración se plantearon situaciones simples en un contexto concreto, relacionadas con la temática de las fuerzas intermoleculares. Las estrategias, cuestionarios y practica introductoria, usadas en esta etapa requieren de un papel activo tanto del estudiante como del docente, permitiendo de paso desafiar las ideas y opiniones de los primeros a través de la explicación y predicción de fenómenos, logrando de esta manera animar a los estudiantes a modificar y/o desarrollar dichas ideas. Al aplicar esta actividad los estudiantes aprenden a reconocer la existencia de otros puntos de vista, otras concepciones, diferentes a las construidas desde el uso del sentido común, con las que pueden explicar los fenómenos planteados. Cabe mencionar que es una actividad práctica de laboratorio en donde se utilizan los conceptos de solubilidad, densidad y flotabilidad como puente entre los saberes previos y los conocimientos por aprender a través de la explicación de un fenómeno cotidiano, en este caso la mezcla de sustancias comunes, ya que estos conceptos están directamente relacionados con los del enlace químico y las fuerzas intermoleculares.

Es conveniente que en la práctica experimental, el docente realice una actividad demostrativa para preparar en un recipiente cilíndrico (puede ser un tubo de ensayo o probeta) la mezcla de líquidos como agua, aceite y alcohol y dar origen a diferentes fases que se puedan visualizar al mezclar los diferentes líquidos. Se recomienda, a los líquidos adicionarles colorantes para facilitar que todos los estudiantes puedan observar la separación de las fases originadas al mezclarlos (Figura 5-1). Esta actividad estimula a los estudiantes a construir una torre usando diferentes líquidos caseros, originando un mayor número de fases.

**Figura 5-1:** Actividad experimental sobre la formación de fases usando agua, aceite, etanol y colorantes



Se recomienda al docente, el uso de materiales y recipientes que permitan fácil manipulación y correcta visualización del fenómeno. Como sugerencia están los tubos de ensayo y las probetas graduadas, los cuales deben ser altos y delgados lo cual disminuye la cantidad necesaria de líquido para cada una de ellas, asimismo el uso de colorantes pues ello permite una correcta visualización de las capas o fases originadas de las mezclas. En el caso de que la Institución educativa no cuente con estos materiales se puede recurrir a recipientes plásticos de productos de aseo o alimenticios (recipientes de bebidas gaseosas) lo más delgados y alargados posible, y que sean traslucidos.

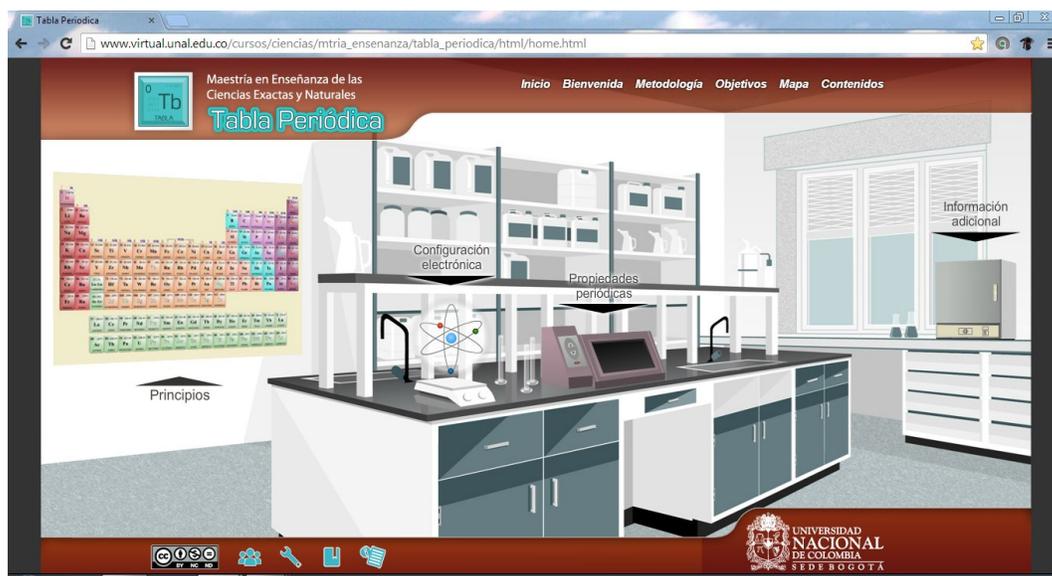
Es fundamental que las actividades de profundización propuestas en la guía de laboratorio (Anexo C) se socialicen y se retroalimenten, no sólo como valoración al esfuerzo del estudiante por resolverlas, sino también como etapa crucial en todo proceso de aprendizaje. De ahí que se recomiende que el docente debe planear para la siguiente clase dedicar al menos una hora de retroalimentación.

Al terminar la etapa de exploración el docente debe tener suficiente información acerca de las ideas y conceptos previos que el estudiante tiene acerca del tema a tratar, además de haber realizado actividades encaminadas a activar su estructura cognitiva, con esto no se asegura el éxito total del proceso de aprendizaje pero si se establecen bases suficientes para el mejor desempeño en la etapa siguiente.

Cabe mencionar que las actividades realizadas ponen a prueba no solo los conocimientos de los estudiantes, sino también como los relacionan y aplican, como los comunican, ya que estos son los mecanismos que el estudiante debe activar en su estructura cognitiva para relacionarlos con lo que va a aprender (Marzábal, 2011).

Para la profundización conceptual sobre la estructura de la materia, se recomienda al docente y a los estudiantes revisar los enlaces de páginas web que abordan esta temática, con el objetivo de facilitar y agilizar el proceso de aprendizaje. Por ejemplo, para el tema de la estructura de la tabla periódica, se puede consultar el enlace que presenta actividades interactivas y de evaluación ([http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/mtria\\_ensenanza/tabla\\_periodica/html/home.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/mtria_ensenanza/tabla_periodica/html/home.html)). En la figura 5-2 se muestra la captura del objeto virtual de aprendizaje sobre la tabla periódica donde se abordan temas como la historia de la tabla periódica a través de una línea de tiempo, la configuración electrónica, los números cuánticos, organización (grupos, periodos y bloques, s, p, d y f) y las propiedades periódicas (definición y variación en el sistema periódico).

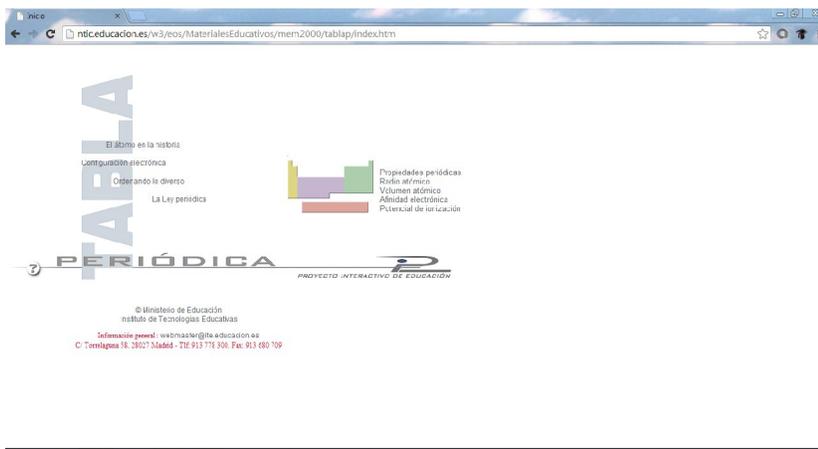
**Figura 5-2:** Captura Objeto Virtual de Aprendizaje sobre la tabla periódica [2]



Asimismo se encuentra otro enlace que se puede consultar donde se trata con mayor profundidad el tema de la estructura de la materia y se explican temas desde la teoría

atómica hasta las propiedades periódicas (ver Figura 5-3).  
<http://ntic.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2000/tablap/index.htm>

**Figura 5-3:** Captura página interactiva en Internet sobre la tabla periódica [3]



Luego de realizar las dos actividades diagnósticas, cuestionario de preguntas abiertas (Anexo B) y practica introductoria (Anexo C), el docente debe evaluar la necesidad de dedicar tiempo de clase adicional para retomar aquellos temas donde detectó grandes dificultades en los estudiantes y que son fundamentales para el desarrollo de la unidad didáctica. En esta parte del proceso se sugiere que el estudiante tenga un papel activo realizando consultas y actividades previas a la clase de repaso para agilizar y facilitar el afianzamiento de los saberes previos.

### 5.2.1 Etapa de Introducción de nuevos conocimientos

En esta fase se plantearon actividades encaminadas no solo a la construcción de nuevos conocimientos sino también a la enseñanza de procedimientos y actitudes. Otro propósito es guiar al estudiante para que identifique otras miradas, otras maneras de interactuar con el material de estudio de manera que elabore conceptos significativos y relacionados con los aprendidos en otras etapas de su formación, que desarrolle un lenguaje con la terminología apropiada y nuevas formas de afrontar y resolver los problemas que se le planteen.

### 5.2.1.1 Análisis de situación problema

La situación problema propuesta denominada Limpieza de una mancha (Anexo D) está basada en un fenómeno concreto y familiar para los estudiantes como lo es la solubilidad entre sustancias diferentes, por lo tanto permite que el estudiante analice y se apropie de nuevos conocimientos. Cabe mencionar, que la solución de situaciones problema sirve como estrategia para la apropiación de nuevos conocimientos y su aplicación en nuevos contextos; dichos problemas o situaciones deben ser concretos y familiares para el estudiante, lo cual permite alcanzar los conocimientos y competencias. Es una forma de lograr que los estudiantes alcancen un verdadero aprendizaje, no memorístico, sino contextualizado y aplicado a la realidad.

Es importante tener en cuenta que este método de enseñanza-aprendizaje conocido como Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) tiene muchas ventajas (Romero, 2008), entre las cuales se pueden mencionar: alumnos con mayor motivación, el alcance de un aprendizaje más significativo, desarrollo de habilidades de pensamiento y aprendizaje, la información y las habilidades adquiridas son perdurables, fomenta la autonomía, mejora las habilidades interpersonales y de trabajo en equipo.

Por otro lado, el ABP presenta algunas dificultades como: (i) la transición desde los viejos modelos no es fácil ni rápida tanto para los estudiantes como para los docentes, (ii) implica la modificación curricular ya que relaciona los contenidos de varias áreas del conocimiento; (iii) requiere de más tiempo de los estudiantes para alcanzar el aprendizaje y de los docentes para preparar los problemas y asesorar a los estudiantes y por último (iv) es necesario que los docentes se capaciten en la elaboración o planteamiento de problemas (Romero, 2008).

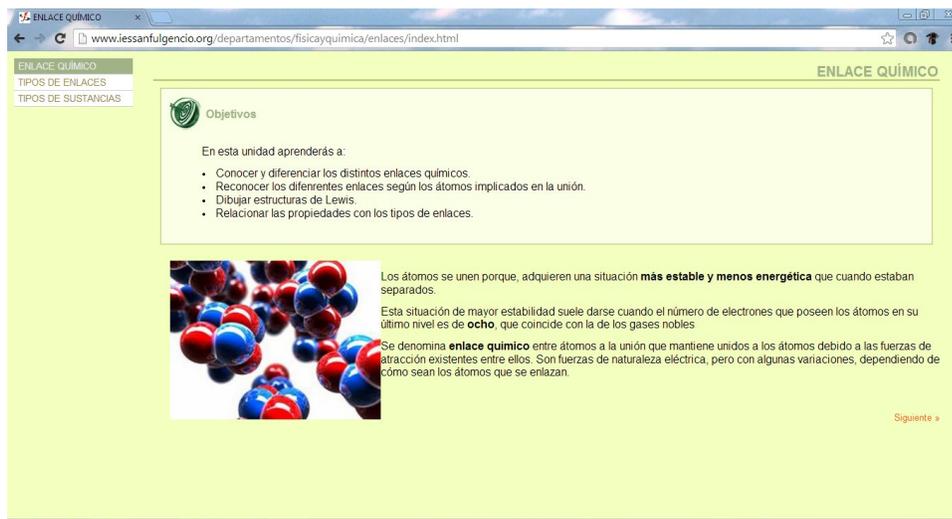
De estas dificultades o barreras puede afirmarse que aquellas que requieren cambios en el quehacer docente son las que mayor relevancia revisten, en donde el docente es principal responsable de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Desde esta visión son varios los aspectos a tener en cuenta si quiere alcanzar un aprendizaje significativo en los estudiantes usando el ABP, primero que todo el docente debe empezar por apropiarse del método del ABP y segundo que tanto el docente como el estudiante neófitos en el ABP, deben adquirir habilidades y destrezas en la solución de problemas. (Romero, 2008)

Es recomendable que antes de plantear la situación problema (Anexo D), el docente realice una inducción sobre este método de enseñanza-aprendizaje, ya sea porque es nuevo para los estudiantes o como una retroalimentación, si estos ya han recorrido estos caminos. Las pautas, parámetros o etapas a seguir en dicho método deben establecerse de manera muy clara desde el inicio del proceso como lo es el número de integrantes por equipo de trabajo (entre 4 y 6 integrantes), asignación de papeles específicos a los integrantes de cada equipo, por ejemplo un coordinador y un secretario y la exigencia de seguir rigurosamente los pasos indicados por el docente para la solución de la situación planteada.

Es de aclarar que la solución a la situación problema planteada en la fase de introducción de nuevos conocimientos constituye un proceso que implica el trabajo durante veintiséis (26) horas de clase, ya que la socialización de los resultados de este trabajo solo se hará hasta el final de la siguiente etapa del ciclo didáctico (estructuración y síntesis). De allí la importancia que el docente aclare que en esta primera actividad lo que se hace es un acercamiento a la situación problema (Anexo D) y el establecimiento de las primeras metas por parte de los estudiantes, para luego adquirir las herramientas necesarias para encontrar una posible solución.

Adicionalmente, al inicio de la clase siguiente después de analizar la información entregada por los estudiantes como resultado de ese primer acercamiento a la situación problema, se recomienda que el docente socialice aquellos conocimientos que deben ser las metas conceptuales del grupo y fomentar de paso el trabajo colaborativo. Para este efecto, como sitios de consulta y de profundización conceptual, se pueden recomendar al estudiante las siguientes ayudas virtuales que se pueden consultar en internet. Por ejemplo, para el tema del enlace químico se sugiere consultar la página web <http://www.iessanfulgencio.org/departamentos/fisicayquimica/enlaces/index.html> que tiene actividades interactivas y de evaluación sobre todo lo relacionado con los tipos de enlace químico y tipos de sustancias. En la Figura 5-4 se muestra la captura del objeto virtual de aprendizaje sobre el enlace químico donde se abordan temas como diferencias entre los distintos tipos de enlaces químicos, determinación de la estructura de Lewis, diferencias entre los enlaces según los átomos implicados en la unión y la relación entre las propiedades de las sustancias.

**Figura 5-4:** Captura de página interactiva en Internet sobre el enlace químico [4]



Para el tema de la geometría molecular se puede consultar el enlace <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/medellin/nivelacion/uv00007/html/contenido.html> en su capítulo 6, en este sitio web además se abarca una gran diversidad de temáticas de la química inorgánica. En la Figura 5-5 se muestra la captura del objeto virtual de aprendizaje sobre la geometría molecular donde se abordan temas como la teoría del enlace de valencia, la predicción de geometrías moleculares y los efectos de los electrones no enlazantes sobre los ángulos de enlace.

**Figura 5-5:** Captura de Objeto Virtual de Aprendizaje sobre química inorgánica [5]



### 5.2.1.2 Modelación molecular

Esta actividad está encaminada a establecer los conceptos básicos necesarios para que el estudiante pueda modificar significativamente su estructura cognitiva en lo que respecta a la estructura interna de la materia y al concepto de las fuerzas intermoleculares. En este sentido la capacidad de modelación del estudiante juega un papel fundamental pues este concepto, con un alto grado de abstracción, requiere que el estudiante reconozca la tridimensionalidad de las moléculas.

Como ya se mencionó, el grado de abstracción del concepto de las fuerzas intermoleculares dificulta el proceso de enseñanza aprendizaje por lo que es necesario buscar una o varias maneras alternativas para llevar los estudiantes a que se apropien y logren aplicar dicho concepto en diferentes contextos. Una de estas maneras es incentivarlos a que construyan sus modelos sobre ese concepto abstracto, a partir de la interacción directa con ellos, y mejor aún si lo hacen utilizando materiales que les son familiares.

En este sentido, teniendo en cuenta el trabajo de Guevara (2004) en donde afirma que no puede esperarse que los estudiantes interpreten adecuadamente modelos que no han sido diseñados por ellos o con los cuales no han experimentado. Por tanto, los maestros deben estar alertas de la evolución de las concepciones de los estudiantes respecto a las metáforas, analogías y modelos que se utilizan en las clases. En este sentido, se destacan tres líneas de acción que parecen ser especialmente útiles: la escritura de explicaciones cualitativas del significado del modelo; la resolución de problemas basados en modelos y permitir que los estudiantes elaboren, jueguen y exploren con diferentes modelos.

Por tanto, antes de iniciar la actividad de modelación, se recomienda al docente realizar una clase magistral (2 horas) para retomar el tema de la estructura de Lewis ya que ésta es la base para el estudio de la geometría molecular. Muy seguramente, en este punto del ciclo didáctico, se habrán detectado aquellos saberes que el estudiante desconoce total o parcialmente. Al realizar la clase para el repaso de la temática, se pueden usar diapositivas en Power Point, enfocadas a los compuestos que presentan enlace covalente y explicar el uso del concepto de carga formal para determinar la mejor

estructura de Lewis, tal y como se muestra en la Figura 5-6, ya que estos conceptos son cruciales para el aprendizaje de la geometría molecular. La carga formal se refiere a la carga hipotética sobre un átomo en una molécula o ion poliatómico (Whitten, 2010), esta puede calcularse como la diferencia entre los electrones de valencia y los electrones asignados (pares solitarios y uno por cada enlace que forma) a un átomo en particular. Si todas las cargas formales de los átomos que constituyen una molécula tienden a cero el arreglo con que están dispuestos constituye la mejor estructura de Lewis.

**Figura 5-6:** Muestra de diapositivas para el estudio de la estructura de Lewis

**TEORÍA DE LEWIS**

- G. N. Lewis: los átomos se combinan para adquirir configuraciones electrónicas como las de los gases nobles
- A partir de este modelo se desarrolló la teoría de Lewis:
- Los electrones de la capa de valencia juegan un papel fundamental en el enlace químico.
- Los electrones se transfieren o comparten de manera que los átomos adquieren una configuración electrónica de gas noble: **Regla del octeto**
- Los símbolos de Lewis consisten en símbolos químicos que representan el núcleo y los electrones internos, junto con puntos alrededor del símbolo que representan los electrones de valencia.

**Ejemplos**

N: 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>3</sup>    Ne: 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup>    Al: [Ne]3s<sup>2</sup> 3p<sup>1</sup>    S: [Ne]3s<sup>2</sup> 3p<sup>4</sup>

(electrones valencia)

$\cdot\ddot{N}\cdot + \cdot\ddot{N}\cdot + \cdot\ddot{N}\cdot + \cdot\ddot{N}\cdot \rightarrow \text{N}_2 + \text{N}_2 + \text{N}_2 + \text{N}_2$     **iónico**  
 $\text{H}\cdot + \cdot\ddot{O}\cdot \rightarrow \text{H}\ddot{O}\cdot$     **COVALENTE**

**ENLACE QUÍMICO**

- Un átomo alcanza una **configuración electrónica estable** cuando su última capa esta completa
- Configuración electrónica de un gas noble ns<sup>2</sup>p<sup>6</sup>. ( **REGLA DEL OCTETO** )
- La configuración electrónica que da mayor estabilidad al átomo justifica el enlace químico. Los átomos se unen entre sí para formar moléculas.
- Las "moléculas" que se forman por enlace químico entre átomos son sistemas estables de **mínima energía**.

**Modelo de Lewis y enlace químico**

$\cdot\text{U}\cdot + \cdot\ddot{\text{O}}\cdot \rightarrow \text{U}=\ddot{\text{O}}\cdot$   
 $1s^2 2s^1 1s^2 2s^2 2p^5 \quad 1s^2 1s^2 2s^2 2p^6$   
[He]    [Ne]

**Pasos para escribir la estructura de Lewis**

- Sumar los electrones de valencia de todos los átomos. **Caso especial** iones poliatómicos.
- Escribir el esqueleto y unir los átomos mediante enlaces simples. En general, el átomo menos electronegativo ocupa la posición central.
- Complete los octetos de los átomos de la estructura de afuera hacia adentro.
- Si no hay suficientes electrones para que el átomo central tenga un octeto, pruébalo con enlaces múltiples entre este átomo y los que lo rodean (la formación de enlaces múltiples esta más o menos limitada a 4 átomos: C, N, O, S).
- Determinar las cargas formales para establecer la estructura más adecuada.

**Ejemplo: CO<sub>2</sub>**

- Nº electrones capa de valencia = 4 + 2 Cargas formales
- electrones capa valencia = 2,6 = 16
- El átomo menos electronegativo es el C: O=C-O
- Quedan 16 - 2\*2 = 12 electrones

$\text{O}=\text{C}=\text{O}$      $\text{O}=\text{C}-\ddot{\text{O}}\cdot$

Al transformar pares electrones de libres de los oxígenos en electrones de pares enlazantes para completar el octeto del C, resultan varias opciones:  
 $\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}$      $\text{O}=\text{C}=\ddot{\text{O}}$      $\ddot{\text{O}}=\text{C}-\ddot{\text{O}}$

¿cuál es la más adecuada? → **cargas formales**

\* La carga formal de un átomo en una estructura de Lewis es la diferencia entre el número de electrones de valencia en el átomo sin enlazar y el número de electrones que se le asigna en la estructura de Lewis (un electrón por cada enlace que forme el átomo más todos los electrones no enlazantes del átomo).

$\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}$      $\text{O}=\text{C}=\ddot{\text{O}}$      $\ddot{\text{O}}=\text{C}-\ddot{\text{O}}$   
6-6=0    6-6=0    6-5+1    6-7=-1    6-5+1  
4-4=0    4-4=0

\* En la molécula CO<sub>2</sub>, la estructura más probable es:

$\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}$

**Reglas para las cargas formales**

- La suma de las cargas formales debe ser igual a cero en moléculas neutras e igual a la carga en iones.
- En caso de ser necesarias las cargas formales, éstas deben ser lo menores posibles.
- Las cargas formales negativas suelen aparecer en los átomos más electronegativos y las cargas formales positivas en los átomos menos electronegativos.
- Las estructuras con cargas formales del mismo signo en átomos adyacentes son poco probables.

**Excepciones de la regla del octeto**

- Octetos incompletos:** cuando hay menos de ocho (8) electrones alrededor de un átomo en una molécula. Suele encontrarse en B y Be.
- Especies con número impar de electrones:** si el número de electrones de valencia es impar, tiene que haber electrones desapareados (especies paramagnéticas).
- Octetos expandidos:** algunas estructuras pueden tener hasta 12 electrones alrededor del átomo central. Generalmente, suelen ser átomos situados a partir del tercer periodo enlazados a átomos muy electronegativos (F, Cl, Br, I).

Asimismo, para afianzar los saberes del tema de repaso se recomiendan actividades de ejercitación sobre la estructura de Lewis (ver Anexo E) las cuales además puede tenerse en cuenta como parte de la evaluación sumativa del periodo académico. Es decir, pueden realizarse en parejas y recogerse para ser calificadas. Estas actividades deben

desarrollarse en clase con la asesoría del docente y la posterior socialización de las dificultades comunes que el docente detecte en los estudiantes. Si persisten las dificultades el docente está en el deber de buscar otras estrategias y espacios como por ejemplo, asesorías extra clase con aquellos estudiantes que así lo requieran.

La realización de una actividad práctica de modelación molecular (ver Anexo F) se propone con el ánimo que los estudiantes aprendan significativamente dicho tema, y que sean ellos los que construyan a este conocimiento, adicionalmente se propone el uso de materiales cotidianos como la plastilina y los palillos mondadientes para acercar el procedimiento a su realidad.

El procedimiento básico de la actividad de modelación molecular (Anexo F) propuesto consiste en que por equipos de laboratorio de cuatro integrantes, los estudiantes le inserten palillos mondadientes equidistantes entre sí a una esfera de plastilina, comenzando con dos de estos palillos hasta llegar a seis y así evidenciar las geometrías electrónicas ideales como son la lineal, trigonal plana, tetraédrica, bipirámide trigonal y octaédrica. Para las diferentes geometrías moleculares generadas al tener pares de electrones libres lo que se hace es retirar palillos y cerrar los ángulos formados con los palillos. Luego se desafía a los estudiantes para que apliquen lo aprendido, modelando moléculas covalentes simples con un único átomo central como por ejemplo  $\text{BeH}_2$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{PCl}_5$ . Dicha modelación primero debe hacerse en el papel, determinando la estructura de Lewis más apropiada y la geometría molecular correspondiente a cada molécula y una vez recibida la aprobación del docente, proceder a elaborar el modelo con la plastilina y los palillos. Esta actividad requiere de un acompañamiento continuo por parte del docente sobre todo desde la percepción espacial de los estudiantes y así evitar resultados erróneos.

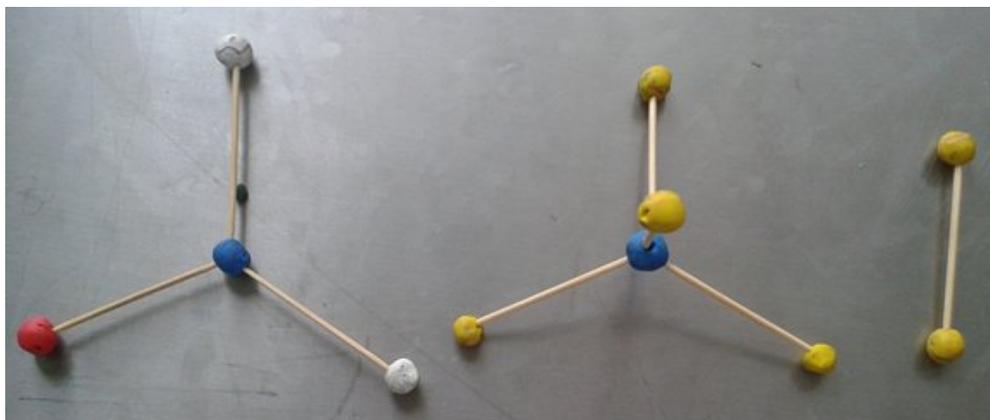
Se recomienda que al iniciar dicha actividad de modelación molecular (Anexo F), el docente establezca un código de colores (ver Tabla 5-1) para los diferentes átomos que van a ser objeto de la modelización con la plastilina, según los diferentes grupos de elementos que se han de utilizar y un tamaño relativo de los átomos donde el átomo de hidrogeno sea el de menor tamaño, esto con el fin que los modelos moleculares

realizados por los estudiantes puedan ser analizados fácilmente por el docente. A manera de ejemplo se muestra la Figura 5-7.

**Tabla 5-1:** Ejemplo de código de colores para los átomos de plastilina

Elemento	Color	
Hidrogeno	Blanco	○
Carbono	Azul	●
Oxígeno	Rojo	●
Nitrógeno	Negro	●
Halógenos	Amarillo	●
Azufre	Verde	●

**Figura 5-7:** Modelización con plastilina y palillos de la geometría molecular trigonal, tetraédrica y lineal



Por otro lado, al entregar la guía (Anexo F) al estudiante el docente debe asegurarse que ellos entiendan lo que representan los palillos (enlaces químicos) y las deformaciones (pares de electrones solitarios) y la manera correcta de llenar la tabla de resultados. Durante el desarrollo de la actividad el docente debe propiciar las condiciones para que los pasos propuestos se sigan de manera tal que el conocimiento se construya de forma gradual. Al finalizar la actividad, el segundo punto del cuestionario de profundización

(Anexo F) puede proponerse como un compromiso para la siguiente clase y aclarar que se tendrá en cuenta para la evaluación sumativa del periodo académico.

Para la siguiente clase se debe tener en cuenta la socialización y retroalimentación de las actividades realizadas como la modelación con plastilina/palillos y la solución del cuestionario. En el proceso de aprendizaje es importante hacer éste análisis ya que constituye el punto de partida del siguiente paso del ciclo didáctico. Según las dificultades detectadas por el docente en esta retroalimentación, puede dedicarse parte de la clase para modelar algunas de las moléculas propuestas con el ánimo de afianzar los conocimientos adquiridos por los estudiantes.

#### 5.2.1.3 Conceptualización sobre geometría y polaridad molecular

En un proceso de enseñanza-aprendizaje donde el estudiante tiene un papel activo, tan importante como el del docente, donde se fomenta su autorregulación y autonomía, no puede abandonársele por completo y descargarle todas las responsabilidades del proceso de aprendizaje; en este sentido, el docente como guía que es, debe saber en qué momento intervenir directamente en el proceso, donde retomar su papel de facilitador de conocimientos para acercar al estudiante al lenguaje y conocimiento científico.

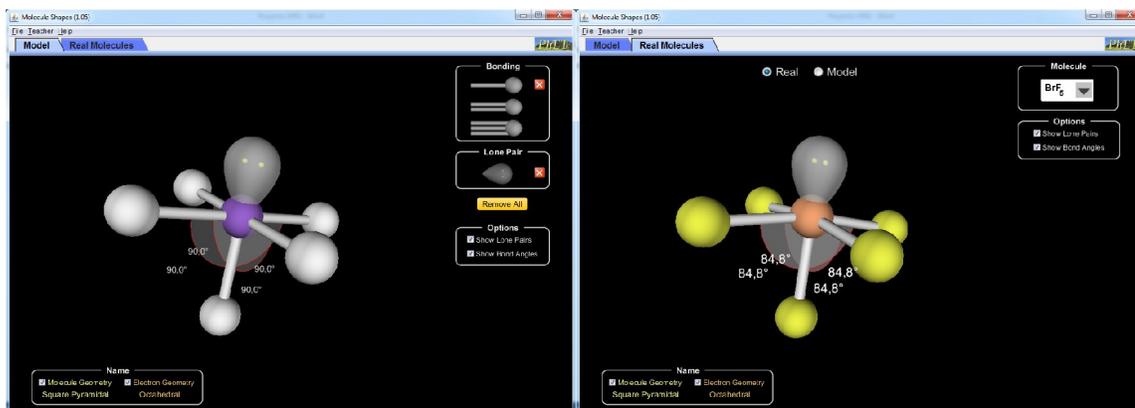
En estas situaciones el docente debe buscar alternativas diferentes a la tradicional tiza y tablero, métodos transmisionistas, y hacer uso de otras herramientas didácticas; entre las cuales se encuentra el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, las cuales constituyen ese último eslabón en la evolución del uso de los medios audiovisuales en el aula. En el caso particular de la geometría molecular, el uso de materiales sencillos y accesibles como la plastilina y los palillos, hasta la utilización de herramientas computacionales constituyen una buena manera para la construcción de modelos mentales cercanos a los científicos, siempre y cuando se le aclare al estudiante el alcance de estas representaciones.

Con base en lo expuesto, esta actividad puede dividirse en dos partes; una de contrastación entre lo hecho en la actividad anterior y lo obtenido por medio de una herramienta de modelación computacional, para esto existe en internet abundancia de

software educativo libre, entre los cuales están los *Applet Java* que por su pequeño tamaño y versatilidad son ideales para este tema; y una segunda de explicación magistral para abordar el tema de la polaridad molecular.

Esta aplicación de modelación molecular, permite hacer un completo recorrido por las diferentes geometrías para un único átomo central, pudiendo en cada una de ellas ver los ángulos de enlace, el nombre de la geometría electrónica y el de la molecular. En esta aplicación se pueden variar el número de dominios de electrones, enlaces y pares de electrones solitarios o libres. Además es posible analizar la geometría de moléculas reales y compararlas con modelos genéricos que esquematicen en forma general las diferentes geometrías, para evidenciar el efecto que tiene los pares de electrones libres sobre los ángulos de enlace, es decir, se evidencia claramente el modelo RPECV. En la Figura 5-8 se muestra una captura de dicha aplicación.

**Figura 5-8:** Modelación para la geometría molecular pirámide cuadrada (a) modelo genérico (b) molécula real de  $\text{BrF}_5$



Por tanto, la finalidad de esta visita a la sala de informática es que los estudiantes contrasten lo hecho en la actividad de modelación con plastilina y palillos con la información obtenida por medio de la modelación computacional, de esta manera ellos pueden evidenciar sus propios aciertos y desaciertos y reestructurar su proceso de aprendizaje. Para cumplir entonces con este propósito se sugiere al docente guiar a los estudiantes, en la realización de la actividad, a través una secuencia de pasos (ver Anexo G) organizados para propiciar un adecuado uso del espacio, tiempo y recursos dispuestos para esta actividad.

Como preparación para esta actividad de conceptualización, se puede sugerir a los estudiantes consultar en internet usando el buscador de videos de Youtube® y ver el video sobre el modelo de la Repulsión de Pares Electrónicos de la Capa de Valencia (RPECV) titulado Química Enlace covalente geometría molecular que se puede consultar en el link [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=nB4Gnt1tKGA](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=nB4Gnt1tKGA), en el cual se explica todo lo relacionado con el enlace covalente, el modelo RPECV y la geometría molecular. La intención es que los estudiantes puedan ver el video cuantas veces sea necesario hasta lograr una mejor comprensión del tema. En la Figura 5-9 se muestra una captura del video sugerido.

**Figura 5-9:** Captura de la página web del video sobre el modelo RPECV [6]



Al finalizar esta primera parte de la actividad, ya se tienen los saberes previos para abordar el tema de la polaridad molecular. Se recomienda que para abordar el tema, el docente realice una clase magistral. En dicha explicación deben incluirse los conceptos de momento dipolar y mapa de potencial electrostático. Para la explicación, el docente puede utilizar diapositivas en Power Point con alto contenido gráfico para facilitar la comprensión de la dimensión espacial del concepto de geometría molecular, o realizar la explicación usando modelos moleculares y explicación en el tablero de como determinar la polaridad de la molécula, teniendo en cuenta el desplazamiento de la densidad electrónica simbolizada con flechas para indica la dirección del desplazamiento y luego hacer la analogía con vectores (momentos de enlace) para hacer la sumatoria de cada uno de los vectores originados en cada enlace y de esta forma determinar la resultante

que da lugar a la polaridad de la molécula, si los vectores se cancelan la molécula no tiene momento dipolar. En la Figura 5-10 se muestra una propuesta del contenido de las diapositivas. Se sugiere tomar como ejemplos las moléculas propuestas en el segundo punto del cuestionario de la actividad de modelación (Anexo F) con plastilina y palillos para establecer su polaridad a través de la determinación su momento dipolar molecular.

**Figura 5-10:** Muestra de diapositivas para el estudio de la geometría y polaridad molecular

**19 GEOMETRÍA MOLECULAR**

- La posición relativa de los núcleos atómicos en la molécula y los ángulos de enlace determinan la geometría molecular
- Por qué es importante conocer la geometría molecular?
  - reactividad
  - polaridad
  - estados de agregación (fases)
  - color
  - magnetismo
  - propiedades físicas
  - actividad biológica

**20 Teoría de la Repulsión de Pares Electrónicos de la Capa de Valencia (TRPECV)**

La molécula adquiere una configuración espacial en la que minimiza el resultante de las fuerzas electrostáticas de repulsión.

**21**

Pares de electrones	Distribución de los pares	Geometría molecular	Ejemplos
2	0	Lineal	$\text{BeCl}_2$ , $\text{CO}_2$ , $\text{H}_2$
3	0	Trigonal planar	$\text{BF}_3$ , $\text{SO}_2$ , $\text{O}_3$
4	0	Tetraédrica	$\text{CH}_4$ , $\text{SiCl}_4$ , $\text{NH}_3$
4	1	Trigonal piramidal	$\text{NH}_3$ , $\text{PH}_3$ , $\text{AsH}_3$
4	2	Bipirámide trigonal	$\text{SF}_6$ , $\text{XeF}_4$ , $\text{XeO}_4$

**22**

Pares de electrones	Distribución de los pares	Geometría molecular	Ejemplos
3	0	Trigonal planar	$\text{BF}_3$ , $\text{CO}_2$
4	1	Tetraédrica	$\text{CH}_4$ , $\text{SiCl}_4$
5	0	Trigonal bipiramidal	$\text{PF}_5$ , $\text{SO}_2$
5	1	Octaédrica	$\text{SF}_6$ , $\text{XeF}_4$
6	2	Octaédrica	$\text{SF}_6$ , $\text{XeF}_4$

**23**

Pares de electrones	Distribución de los pares	Geometría molecular	Ejemplos
6	0	Octaédrica	$\text{SF}_6$ , $\text{XeF}_4$
6	1	Trigonal bipiramidal	$\text{PF}_5$ , $\text{SO}_2$
6	2	Trigonal bipiramidal	$\text{PF}_5$ , $\text{SO}_2$

**24 Mapa de Potencial Electrostático**

Permite visualizar la manera en la que se distribuyen los electrones en una molécula utilizando los colores del arco iris

**25 POLARIDAD MOLECULAR**

Si las moléculas son diatómicas (siempre de forma lineal) su polaridad depende únicamente de la polaridad del enlace y será mayor a medida que aumenta la diferencia de electronegatividades de los átomos enlazados.

**26 Momento dipolar ( $\mu$ )**

- Es un vector que depende de la diferencia de electronegatividad de los átomos.
- La punta de flecha se dirige hacia el átomo con "δ-".
- Cada enlace polar tiene un  $\mu$ , pero la molécula será polar sólo si la suma de los momentos dipolares no se anula.
- Así el  $\text{H}_2\text{O}$  y el  $\text{NH}_3$  tienen  $\mu \neq 0$ , mientras que moléculas como el  $\text{CO}_2$  o el  $\text{CH}_4$  tienen  $\mu \text{ neto} = 0$  y son apolares.
- Es importante tener en cuenta que como los momentos dipolares son vectores, tienen dirección y también magnitud.

**27 POLARIDAD MOLECULAR**

Una molécula será no polar (sin importar el número de átomos que la forman) si todos sus enlaces son no polares; si hay enlaces polares, la polaridad de la molécula depende de la forma (geometría).

Para esta temática es recomendable realizar una actividad de ejercitación (ver Anexo H) guiada por el docente como una manera de afianzar los saberes adquiridos, la cual además puede hacer parte de la evaluación sumativa del periodo académico.

Como actividad complementaria para el tema de la polaridad molecular se puede sugerir a los estudiantes ver el video de Youtube® denominado QUIMICA Polaridad del enlace covalente y polaridad de las moléculas covalentes que se puede consultar en la página web <http://www.youtube.com/watch?v=jufGAq79py0>, en el cual se explica la geometría molecular, el concepto de momento dipolar y la polaridad molecular, esto permite que los

estudiantes puedan retomar la explicación cuantas veces sea necesario para comprender los conceptos vistos. En la Figura 5-11 se muestra una captura del video sugerido.

**Figura 5-11:** Captura video sobre geometría y polaridad molecular [7]



#### 5.2.1.4 Conceptualización sobre fuerzas intermoleculares

La autonomía y la autorregulación son dos aspectos que deben favorecerse en los estudiantes a lo largo de su proceso de formación académica, de allí la importancia de fomentar en ellos estrategias de aprendizaje como la preparación previa de los temas a tratar durante la clase, pues ello trae al aula de clase un estudiante interesado, inquieto, con preguntas claras y concretas; siendo el docente solo el guía quien ayuda a aclarar dudas y no al docente como el poseedor único de toda la verdad. Adicionalmente deben propiciarse actividades de tipo colaborativo con fin de incentivar esas habilidades sociales y comunicativas tan importantes en la formación integral de un ser humano.

Los parámetros y contenidos de la consulta, el glosario y los materiales solicitados por el docente con antelación a la clase deben quedar muy bien definidos ya que constituyen el insumo principal de esta actividad. El docente debe realizar un acompañamiento para la realización del mapa conceptual por parte de los estudiantes, además el docente debe establecer una secuencia de pasos con los cuales puede guiarlos a través de la realización de la actividad. Algunos de dichos pasos podrían ser a) formar equipos de dos integrantes para comparar y analizar la consulta hecha previamente sobre fuerzas intermoleculares, b) seleccionar los conceptos y palabras clave de la temática consultada

y realizar un mapa conceptual con esta información, haciendo uso apropiado de los conectores, c) reunirse con otro equipo de trabajo y elegir aquel mapa conceptual que mejor reúna la información consultada, a este último se le pueden hacer los retoques o ajustes que se consideren necesarios, d) por último, realizar una presentación breve de los trabajos hechos para concebir entre todos los estudiantes un mapa conceptual grupal donde se tenga en cuenta aquellos aspectos comunes más relevantes.

La actividad propuesta en el Anexo I constituye seis puntos que van desde la identificación de las fuerzas intermoleculares predominantes en un grupo de moléculas y su clasificación según dichas fuerzas, hasta la aplicación de los conceptos vistos en situaciones concretas como la predicción cualitativa de propiedades físicas de sustancias según sus fuerzas intermoleculares. La realización de la actividad implica que el estudiante haga uso de los conocimientos y herramientas adquiridas a través de las primeras dos etapas del ciclo didáctico, por lo tanto, no solo sirve para hacer un seguimiento al proceso de aprendizaje sino también como una reflexión del quehacer pedagógico del docente; de ahí que sea recomendable disponer de al menos cuatro horas de clase para esta actividad no solo para la ejercitación de la temática por parte de los estudiantes, sino también para que el docente resuelva las dificultades o dudas que estos expresen de los conceptos trabajados, de la manera más concreta posible, ya que es necesario que los estudiantes alcancen un alto grado de comprensión de esta temática. Como fuentes de consulta y profundización conceptual, tanto para el docente como para el estudiante, existen excelentes recursos disponibles en la web, algunos de ellos se muestran en el Anexo J.

## **5.2.2 Estructuración y síntesis**

Las actividades que constituyen esta fase desarrollan en el estudiante la capacidad de relacionar, comparar, nombrar, identificar, describir y representar, es decir permiten una reflexión sobre aquello que se aprende y la manera como se logra.

### **5.2.2.1 Predicción teórica de las solubilidad de las sustancias problema**

Las actividades pertenecientes a esta etapa propuesta por Jorba y Sanmartí (1996), deben distar de lo operativo y de la aplicación mecánica de acciones, además, estas actividades deben enlazar los conocimientos científicos con la realidad del estudiante

para que este empiece a pensar en la aplicación de la ciencia en su cotidianidad. Para lograr esto el estudiante debe estar en capacidad de poner en práctica las habilidades adquiridas y realizar predicciones sobre fenómenos concretos, basadas en los conocimientos adquiridos y contrastar lo acertadas que estas sean.

Una de las alternativas de búsqueda de solución a situaciones problema relacionadas con la estructura interna de la materia, es el uso de herramientas computacionales, ya que estas ofrecen imágenes, para acercarlos a una forma de visualizar la geometría de las moléculas; como también son interactivas y llamativas para el estudiante con lo cual éste puede acercarse con un menor esfuerzo a las características internas de la materia de las cuales dependen las propiedades de interés.

Como herramienta de modelación molecular se propone el uso del software libre *Avogadro*, el cual es un programa para dibujar estructuras moleculares realizando enlaces químicos. Este programa es un editor y visualizador diseñado para representar gráficamente estructuras moleculares en 3D y puede utilizarse bajo los sistemas operativos Windows y GNU/Linux. Para la selección del programa se tuvo en cuenta que fuera un software de fácil acceso, que se pudiera bajar sin costo además que fuera de fácil manejo con temas que comprenden los estudiantes de bachillerato y su aprendizaje puede lograrse con unas pocas instrucciones básicas. Este programa puede descargarse en la siguiente dirección de Internet: <http://avogadro.openmolecules.net> [8].

Se recomienda que con antelación a la clase, el docente se familiarice con el uso del software *Avogadro* y realice la instalación del programa en los computadores que se van a utilizar en la clase. Como primer acercamiento al uso del programa se recomienda comenzar con un reconocimiento de botones y herramientas básicas antes de modelar las moléculas propuestas.

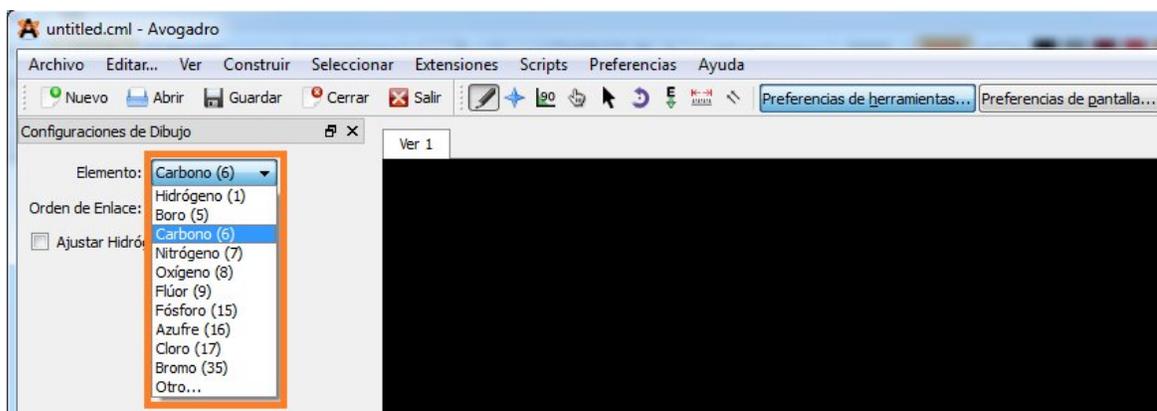
Se sugiere la siguiente secuencia de pasos con los cuales el docente puede guiar en el aprendizaje básico del software *Avogadro*:

1. Buscar en el escritorio o en el menú inicio el icono del programa  e iniciarlo.

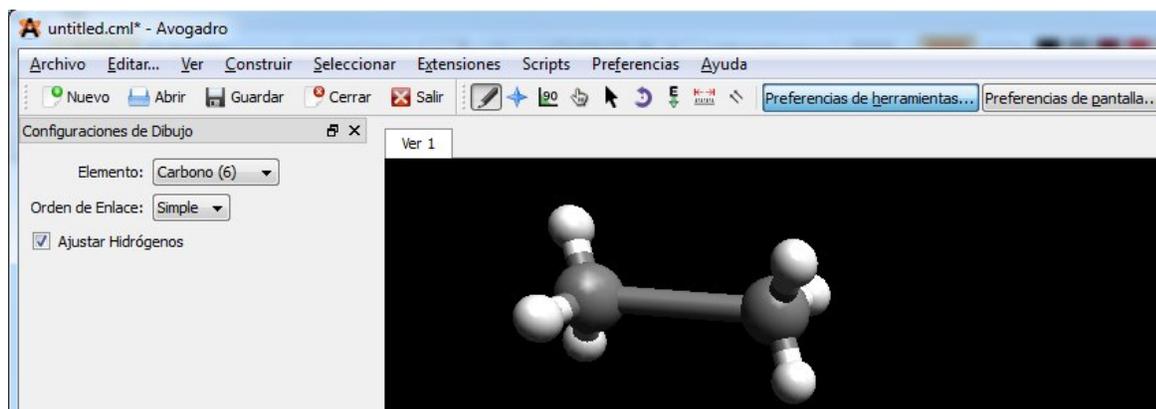
2. Seleccionar la **Herramienta de dibujo** y luego dar clic al botón de **Preferencias de herramientas**.



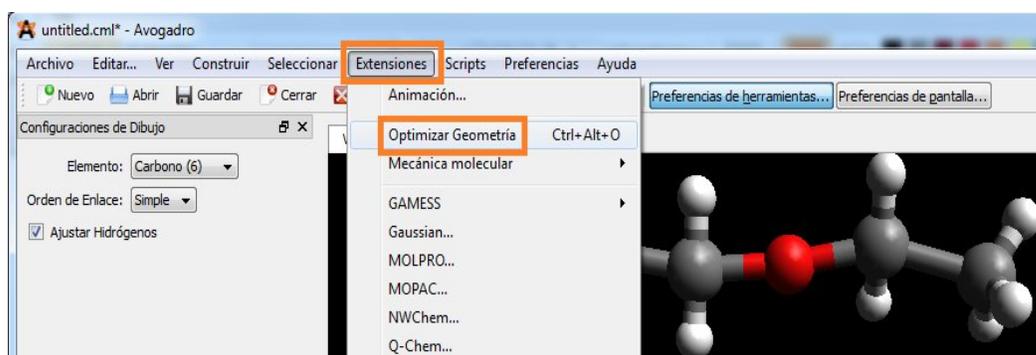
3. Seleccionar el elemento con que se va a trabajar de la lista **elemento**, que en este caso será el carbono.



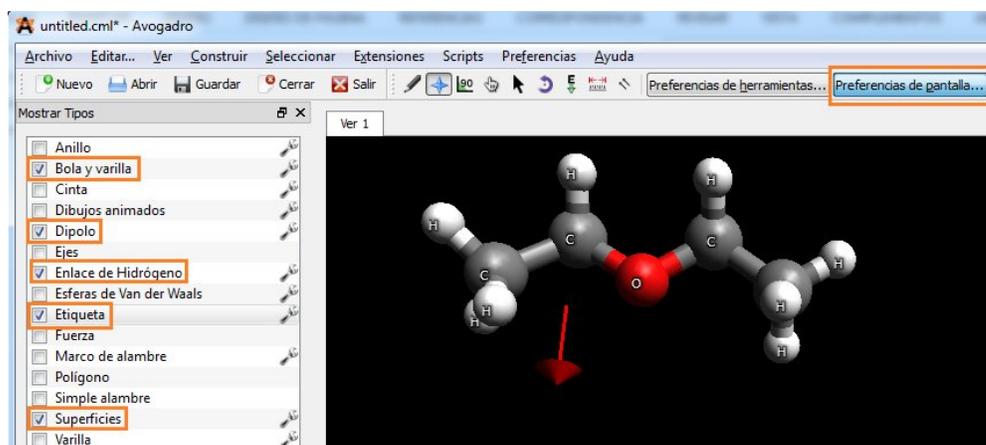
4. Dar clic sobre el espacio de dibujo para graficar el átomo de carbono. Para enlazar otro átomo de carbono hacer clic sostenido, con el botón izquierdo del mouse, y desplazarlo hacia el átomo ya graficado. Seleccionar la opción **Ajustar Hidrógenos** para que el programa realice esta acción automáticamente.



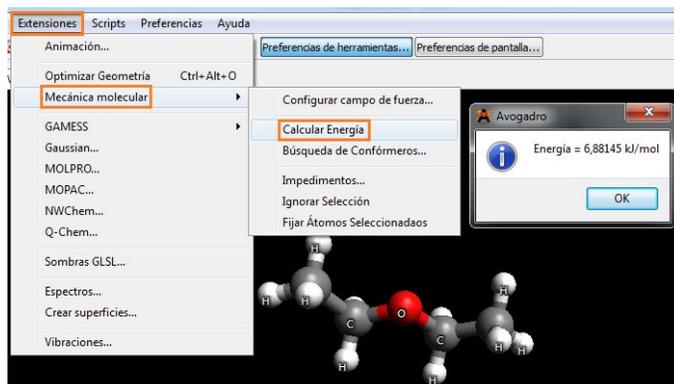
5. Repetir el procedimiento seleccionando y agregando tantos átomos como sea necesario para terminar la molécula. Luego ir al menú **Extensiones** y seleccionar **Optimizar Geometría** para corregir automáticamente ángulos y longitudes de enlace.



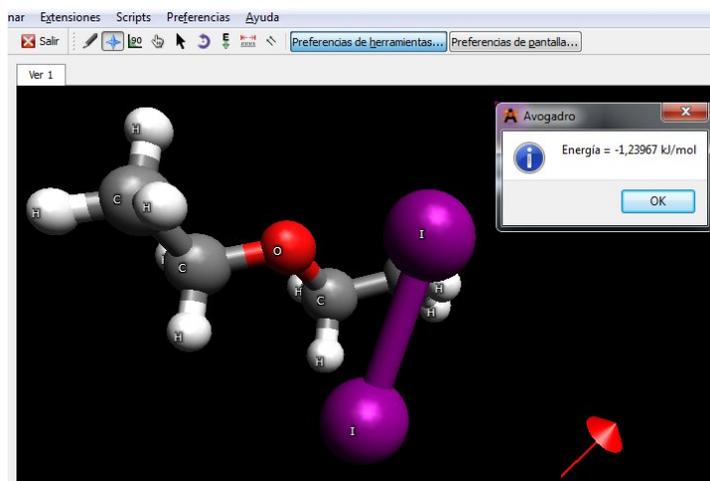
6. Hacer clic en el botón de **Preferencias de pantalla** y seleccionar los parámetros básicos para visualizar en la molécula.



7. Ir al menú **Extenciones**, seleccionar la opción **Mecánica molecular** y luego **Calcular energía**.



8. Repetir el proceso solo que ahora el cálculo de energía se hará para dos moléculas, es decir, para un sistema bimolecular.



9. Como una última visualización molecular ir al menú **Extenciones**, seleccionar **Crear superficies** y en el cuadro emergente, en la opción **Color por**, seleccionar **Potencial electrostático**.



Como estos pasos son sugeridos, el docente puede ser más detallado y minucioso en su proceder, todo depende del tiempo disponible y de las habilidades y conocimientos que de informática tengan sus estudiantes. Además debe elegir aquellas moléculas que c, sean lo más representativas posible. Para esta instrucción básica puede usarse algo más de una hora de clase y el resto del tiempo para proponer a los estudiantes la modelación de las moléculas especificadas en la situación problema (Anexo D). Así por ejemplo, como una herramienta de seguimiento de los conocimientos adquiridos, el docente puede proponer que por parejas los estudiantes resuelvan el siguiente par de actividades y en la siguiente clase realizar su socialización y retroalimentación.

- Con la ayuda del software Avogadro llenar el siguiente cuadro

Sustancia	Molécula	Energía (kJ/mol)	Energía (kJ/mol) Sustancia + I <sub>2</sub>
Yodo	I <sub>2</sub>		
Agua	H <sub>2</sub> O		
Etanol	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		
Éter etílico	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -O-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>		

Al realizar los cálculos y completar la tabla o cuadro propuesto, básicamente se busca que el estudiante analice cual sistema soluto-solvente presenta un menor estado energético y lo relacione con la solubilidad; es decir, una mayor estabilidad por el menor nivel energía potencial del sistema, así dos sustancias son solubles si dicho nivel de energía disminuye al mezclar las sustancias, dicho de otra manera, el proceso se favorece desde el punto de vista termodinámico.

La siguiente actividad puede ser teniendo en cuenta la modelación computacional para que el estudiante analice la energía del sistema soluto-solvente como la polaridad molecular y las interacciones moleculares. La actividad se puede enunciar de la siguiente forma:

- Con base en la información obtenida por medio de la modelación computacional y de lo aprendido en las actividades precedentes, establecer de manera teórica una

predicción sobre la solubilidad del yodo en los solventes estudiados, agua, etanol y éter etílico.

La solución de estos dos puntos constituye el punto de partida para la siguiente actividad propuesta, por lo que el docente debe establecer como requisito que estos deben entregarse antes del inicio de la siguiente clase junto con estrategias experimentales para comprobar sus predicciones acerca de la solubilidad del yodo en agua, etanol y éter etílico.

#### **5.2.2.2 Comprobación practica de las predicciones sobre solubilidad.**

En esta etapa es fundamental que el estudiante relacione fenómenos concretos y cercanos a su contexto con la teoría, lo cual puede lograrse por medio de explicaciones causales, generalizaciones, comprobaciones y predicciones. Estos ambientes contextualizados según Marzábal (2011), favorecen el aprendizaje de los estudiantes ya que les ayuda a explorar, a anticiparse a la ocurrencia de fenómenos y a verificar los resultados, además los interrogantes allí planteados promueven la reformulación constante de las ideas.

En este punto del ciclo didáctico resulta esencial incentivar en el estudiante la capacidad de aprender de sus desaciertos, de corregirlos y de autorregularse de manera continua. En este sentido la propuesta de esta etapa se dirige a que el estudiante de forma autónoma, pero guiada por el docente, plantee y lleve a cabo la comprobación de las predicciones que anteriormente hizo de forma teórica.

Al iniciar la clase se debe propiciar un espacio de discusión y concertación sobre la estrategia con la cual se llevará a cabo la comprobación, para esto el docente debe exponer las estrategias más relevantes de aquellas propuestas por los mismos estudiantes desde la clase anterior y de común acuerdo establecer el procedimiento experimental a seguir. Dicha comprobación consiste en que los estudiantes sometan a la práctica sus predicciones teóricas sobre la solubilidad del yodo en etanol, éter etílico y agua. En esta actividad el docente debe estar atento a las propuestas hechas por los estudiantes para llevarlas a la realidad de la institución educativa, es decir, la elección de la estrategia a seguir, no solo depende de lo acertada que pueda ser para comprobación

de las hipótesis sino también de la disponibilidad de recursos y del tiempo para su ejecución.

Una vez se haya establecido de forma grupal el procedimiento experimental a seguir, el docente debe guiar el trabajo de los estudiantes en el laboratorio para llevar a cabo el procedimiento que se concertó grupalmente. En esta parte el docente debe limitar su papel a ser un guía, un asesor, un mediador y permitir que el estudiante lleve a cabo el procedimiento experimental que él ayudó a establecer.

Al finalizar la actividad experimental el docente les debe indicar a los estudiantes que de manera grupal y con base en los conceptos de polaridad molecular y fuerzas intermoleculares, deben explicar los resultados obtenidos, es decir, ¿Los análisis de los datos obtenidos usando el programa Avogadro® fueron acordes para predecir la solubilidad con los resultados experimentales? La respuesta a esta pregunta debe estar fundamentada en todo lo aprendido hasta este punto del ciclo didáctico y será retomada dentro del proceso de retroalimentación y socialización de resultados como una manera de evaluar el alcance de un aprendizaje significativo no memorístico, sino contextualizado y aplicado a la realidad.

#### 5.2.2.3 Retroalimentación y socialización de resultados

La autorregulación es un aspecto transversal a todas las fases del ciclo didáctico pues en cada una de ellas está presente la necesidad que el estudiante reflexione sobre la evolución de su proceso, de comparar lo aprendido con lo que inicialmente sabía, de reevaluar la manera como está haciendo las cosas. Esta autorregulación puede constituirse en una autoevaluación, aunque también puede realizarse mediante actividades de co-evaluación y hetero-evaluación, con sus compañeros y con el docente, respectivamente.

Como requisito para esta actividad el docente debe pedir a los estudiantes consultar aspectos básicos sobre los conversatorios tales como su definición, finalidad, aplicación, entre otros. Antes de iniciar se deben establecer unos parámetros claros tanto de participación como de evaluación. Durante su realización se deben seguir rigurosamente las instrucciones dadas por el docente, que tiene el rol de moderador. Esta actividad

permite que el estudiante participe activamente y reflexione sobre su proceso de aprendizaje. Si el docente lo considera pertinente, lo incentiva a participar activamente y tiene en cuenta la actividad para la calificación.

En esta parte del ciclo es importante que el docente promueva no sólo el establecimiento de una solución concertada a la situación problema (Anexo D) inicialmente planteada, sino también una reflexión que vaya más allá de lo conceptual y procedimental y entre en el campo de lo actitudinal, es decir, evaluar los resultados y la manera de llegar a ellos.

### **5.2.3 Aplicación**

En esta fase se lleva al estudiante a enfrentar nuevas situaciones o contextos donde puede usar los nuevos saberes o conceptos, aplicar los modelos, procedimientos y actitudes aprendidos con un mayor grado de complejidad, esto lo lleva a la reflexión, a la síntesis, a comparar sus conocimientos iniciales con los que tiene al final del proceso de aprendizaje y dar una mirada a los cambios que ha sufrido durante el proceso.

#### **5.2.3.1 Planteamiento y solución de una nueva situación problema**

En las etapas finales del ciclo didáctico, y en específico de la fase de aplicación, es necesario poner a prueba la capacidad de los estudiantes de usar los conocimientos adquiridos para resolver otras situaciones problema, en otros contextos, donde es posible aplicar los modelos, teorías, procedimientos y actitudes que han sido aprendidos a lo largo de dicho ciclo.

La meta principal en esta etapa no debe estar enfocada hacia la evaluación de la memorización y mecanización de teorías y procedimientos, sino en la verificación de habilidades, destrezas y conductas desarrolladas como producto de un trabajo autónomo, autorregulado por parte del estudiante. En otras palabras lo que el docente busca al final del proceso en el estudiante, son evidencias de la adquisición de competencias en el saber, saber hacer y saber ser en un campo específico del conocimiento.

La solución de esta nueva situación problema (ver Anexo K) debe requerir del uso no solo de los conocimientos adquiridos y de su aplicación en otro contexto, sino también de

asimilar nueva información relacionada con lo ya aprendido por los estudiantes con lo cual dicha situación problema constituye una herramienta de verificación del proceso de aprendizaje. En este sentido la nueva situación aquí propuesta se enfoca en la presión de vapor de líquidos volátiles, la cual consiste en determinar teóricamente entre tres solventes alcohol metílico ( $\text{CH}_3\text{-OH}$ ), acetona ( $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ ) y diclorometano ( $\text{Cl-CH}_2\text{-Cl}$ ) cual es el más apropiado para la fabricación de una pintura de secado rápido, que al igual que la solubilidad, depende en gran medida de la presencia de las fuerzas intermoleculares. La elección de esta situación problema esta cimentada en hechos cotidianos cuya explicación requiere de la aplicación de conocimientos específicos como lo es las propiedades físicas de la materia y su relación con las fuerzas intermoleculares.

Para la solución de esta nueva situación problema (Anexo K) según el desempeño y el avance de los estudiantes, el docente puede dar un tiempo o plazo adicional para su solución, esto debido a que debe establecerse una relación entre la geometría y polaridad molecular y las fuerzas intermoleculares, aspecto que puede requerir, además de tiempo, de una asesoría continua por parte del docente. En este punto el docente no puede dar por hecho que el estudiante domina los conceptos y que resolverá la situación sin ningún tropiezo. Por lo tanto es importante el acompañamiento del docente a lo largo del proceso de solución de la situación problema.

#### 5.2.3.2 Revisión de los conceptos aprendidos

Esta es la última etapa del ciclo didáctico, aquí lo que se busca es la reflexión sobre el proceso seguido para alcanzar el conocimiento de un tema específico, con dicha reflexión se quiere que el estudiante reconozca las dificultades encontradas y la forma como estas fueron afrontadas y superadas, de igual manera verificar el logro de los objetivos propuestos al inicio de su proceso de aprendizaje, Marzábal (2011).

El volver a realizar las dos actividades iniciales del ciclo didáctico constituye una herramienta de contrastación entre los resultados de aprendizaje obtenidos y los esperados. De igual manera con esta revisión el docente mismo reflexiona sobre su quehacer, sobre aquellas herramientas didácticas usadas que dieron buenos resultados y de aquellas que deben ser replanteadas, así mismo esto le permite evaluar el nivel de pensamiento científico alcanzado por los estudiantes.

---

Desde el punto de vista procedimental el docente debe ser enfático en indicarle a los estudiantes que deben llenar los cuestionarios, tanto el de tipo KPSI (Anexo A) como el de los saberes previos (Anexo B), bajo los mismos parámetros con que se hicieron al principio del ciclo didáctico; y que deben hacerlo de manera sincera y responsable a fin de obtener resultados representativos de la realidad. Además debe aclarársele a los estudiantes que son los mismos cuestionarios pero con una finalidad específica de evidenciar los avances logrados en el proceso de aprendizaje. Una vez terminados los cuestionarios se debe repetir el procedimiento de socialización y tabulación para finalmente contrastar los resultados obtenidos en los dos instantes.

Como actividad final el docente debe abrir un espacio para evaluar no solo lo aprendido a lo largo del ciclo de aprendizaje, sino también los aspectos relacionados con la metodología utilizada, el ciclo didáctico, ya que es una obligación del docente reflexionar y transformar continuamente su quehacer pedagógico con el fin único de hacer las cosas cada vez mejor.



## **6. Conclusiones y recomendaciones**

### **6.1 Conclusiones**

Se estructuró una propuesta didáctica para la enseñanza de las interacciones moleculares y propiciar su aprendizaje. Dicha propuesta se enfocó en el desarrollo de la capacidad de modelación en el estudiante, esencial para alcanzar el aprendizaje significativo del concepto, a través de diversas actividades prácticas de elaboración de modelos moleculares y de la realización de procedimientos de laboratorio para el estudio de fenómenos familiares para los estudiantes.

Esta propuesta se enmarcó en la estructuración de un ciclo didáctico cuyo eje principal fue la solución de situaciones-problema muy cercanas a la realidad del estudiante. Alrededor de las cuales se articularon una serie de actividades encaminadas a proveer al estudiante de herramientas conceptuales, procedimentales y actitudinales para su solución. En dicho ciclo se tuvo en cuenta no solo las ideas previas de los estudiantes sino también todo aquello encaminado a la retroalimentación y autorregulación de su proceso de aprendizaje.

Desde el punto de vista conceptual, esta propuesta se enmarcó en estrategias conducentes a propiciar el aprendizaje significativo desde los procesos de modelación molecular, concebidos estos como fundamentales para alcanzar la comprensión de la polaridad molecular, hasta las fuerzas intermoleculares y su relación con las propiedades físicas de la materia.

### **6.2 Recomendaciones**

Teniendo en cuenta que este trabajo se presenta como una propuesta didáctica para el proceso de enseñanza aprendizaje del concepto de las interacciones moleculares en la

educación media y que no se espera aún resultados de una investigación sino que constituye una monografía de profundización, se recomienda:

- Llevar a cabo la implementación de esta propuesta didáctica en grupos de estudiantes de instituciones educativas y realizar un análisis de los resultados que se obtengan con el fin de mejorar los componentes didácticos y metodológicos del ciclo didáctico propuesto.
- Es importante el respaldo de las instituciones educativas a sus docentes cuando están dispuestos a modificar su práctica pedagógica en aras de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes, dicho apoyo debe ir desde recursos y espacios hasta incentivos para el desarrollo de competencias creativas, investigativas y sociales en la comunidad educativa.
- La búsqueda e implementación de estrategias de enseñanza innovadoras tiene como requisito primordial la cualificación docente en su dominio disciplinar y en aquellos saberes nuevos para él, necesarios para articular correctamente los componentes didácticos adecuados a las nuevas estrategias a implementar.
- Cuando un docente planea la implementación de una estrategia didáctica como la aquí propuesta, debe tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes y el contexto en el que se desenvuelve, de manera que las situaciones problema planteadas no solo estén acorde a su realidad sino también, que la confrontación de sus ideas con el conocimiento científico los conduzcan efectivamente a modificar su estructura cognitiva de forma significativa.

# A. Anexo: Cuestionario tipo KPSI

	<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA</b>	<b>Docente:</b>	<b>Grado:</b>	<b>Fecha:</b>	
	Área: Ciencias Naturales y Educación ambiental	Cuestionario tipo KPSI		Asignatura	

## ACTIVIDAD: Cuestionario KPSI

### Consulta de saberes previos al tema de Fuerzas Intermoleculares

Estudiante: \_\_\_\_\_

**OBJETIVO:** conocer los saberes previos de los estudiantes para analizar las fuerzas intermoleculares.

Llenar el cuestionario tipo KPSI de manera sincera y responsable a fin de obtener resultados representativos de la realidad.

Según las categorías siguientes, ubicar el número que corresponda en el recuadro de acuerdo a los conocimientos que creas tener o hayas adquirido sobre la estructura de la materia.

- 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(a).

### NIVEL CONCEPTUAL

CONCEPTO/TEMA	HAS ESTUDIADO EL CONCEPTO/TEMA	GRADO DE COMPRENSIÓN
Sustancias puras		
Mezclas		
Densidad		
Teorías atómicas		
Distribución electrónica		
Tabla periódica		
Propiedades periódicas		
Características del enlace químico		
Clases de enlace químico.		
Representación de moléculas e iones poliatómicos a través de la estructura de Lewis		

### NIVEL PROCEDIMENTAL

CONCEPTO/TEMA	HAS ESTUDIADO EL CONCEPTO/TEMA	GRADO DE COMPRENSIÓN
Reconocer la importancia de las propiedades periódicas en la formación de compuestos		
Diferenciar sustancias gracias al tipo de enlace químico que estas presentan		
Representar los enlaces haciendo uso de la regla del octeto y de la estructura de Lewis		

## B. Anexo: Cuestionario de preguntas abiertas sobre saberes previos.

	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	Docente:	Grado:	Fecha:	
	Área: Ciencias Naturales y Educación ambiental	Cuestionario		Asignatura	

### ACTIVIDAD: Cuestionario

#### Ideas previas

Estudiante: \_\_\_\_\_

**OBJETIVO:** Identificar las preconcepciones que tienen los estudiantes sobre las propiedades de la materia, el enlace químico y la interacción entre sustancias.

**PROCEDIMIENTO:**

Responder las siguientes preguntas con base en los conocimientos adquiridos durante los años previos de formación escolar, en el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

1. ¿Por qué siempre que se mezclan agua y aceite, sin importar el orden en que sean adicionados, el aceite queda sobrenadando en el agua?

2. ¿Por qué la sal de cocina se puede disolver fácilmente en agua más no en aceite?

3. ¿Cómo pueden explicarse los cambios entre los estados de agregación de la materia como fusión y ebullición?

4. ¿Por qué se unen los átomos y que los mantiene unidos?

## C. Anexo: Práctica introductoria y exploratoria.

	<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA</b>	<b>Docente:</b>	<b>Grado:</b>	<b>Fecha:</b>	
	Área: Ciencias Naturales y Educación ambiental	Practica de laboratorio Torre de líquidos		Asignatura	

**ACTIVIDAD: Práctica introductoria y exploratoria**

**Torres de Líquidos**

**Estudiante:** \_\_\_\_\_

**OBJETIVO:** Identificar las preconcepciones que tienen los estudiantes sobre los conceptos de densidad, flotabilidad y solubilidad.

### **MATERIALES Y REACTIVOS**

- Soporte universal
- Nuez doble
- Pinza para tubo de ensayo
- Anilina
- Probeta
- Beaker
- Líquidos y solventes de uso común

### **PROCEDIMIENTO:**

1. Por equipos reunir los líquidos traídos para la práctica y hacer predicciones sobre cuáles de ellos serán inmiscibles entre sí y cuál será el posible orden que presenten las diferentes fases después que estos se mezclen. Entregar estas predicciones al docente.
2. Tomar los tubos de ensayo y asegurarse que estén limpios y en buenas condiciones.
3. Antes de adicionar cada líquido intentar teñirlos con anilina, utilizando un beaker, para que de esta manera sea más fácil apreciar las diferentes fases que se formen.
4. Agregar cantidades iguales de cada líquido a los tubos de ensayo, medir previamente el líquido usando un beaker, la idea es usar aproximadamente la misma cantidad para cada líquido. Para una mejor visualización de las diferentes fases, cada una debe tener un espesor de al menos 2,5 cm.

### **Cuestionario de profundización**

1. ¿Por qué la anilina no se mezcla por igual con todos los líquidos usados?
2. ¿Existe alguna relación entre la estructura interna de los diferentes líquidos utilizados y el fenómeno observado?
3. ¿Qué principios, leyes o conceptos explican el fenómeno observado?
4. Consultar el funcionamiento de una "Lámpara de lava" y relacionarlo con la actividad realizada.
5. Explicar la relación del fenómeno observado con la extracción de petróleo por inyección de agua.

## D. Anexo: Situación problema inicial

	<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA</b>	<b>Docente:</b>	<b>Grado:</b>	<b>Fecha:</b>	
	Área: Ciencias Naturales y Educación ambiental	<b>Situación problema 1</b>		<b>Asignatura</b>	

### ACTIVIDAD: Situación Problema Inicial Limpieza de una mancha

**Estudiante:** \_\_\_\_\_

#### OBJETIVO:

Fomentar en el estudiante la apropiación de nuevos conocimientos y llevarlos a otros contextos.

#### PROCEDIMIENTO:

En el laboratorio de biología del colegio un estudiante accidentalmente dejó caer un frasco de Isodine ® y manchó su bata de laboratorio. Se te encomienda la tarea de determinar cuál de las siguientes sustancias sería la más adecuada para el proceso de limpieza de la mancha:

- Agua
- Etanol
- Éter etílico

Llevar a cabo las siguientes instrucciones de manera grupal y al finalizar la clase se debe entregar un compendio de lo hecho al docente:

1. Leer y analizar la situación problema y realizar una lluvia de ideas de la posible solución.
2. Hacer una lista de aquello que conocen del problema.
3. Hacer una lista de aquello que desconocen, que no saben y que necesitarán para resolver el problema
4. Hacer una lista de lo que necesita hacerse para resolver el problema, es decir, ordenar las acciones que como equipo van a llevar a cabo para resolver el problema planteado.
5. Definir lo mejor posible el problema en el que van a centrar su atención.

## E. Anexo: Propuesta de ejercitación sobre estructura de Lewis.

	<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA</b>	<b>Docente:</b>	<b>Grado:</b>	<b>Fecha:</b>	
	Área: Ciencias Naturales y Educación ambiental	<b>Estructura de Lewis</b>		<b>Asignatura</b>	

### ACTIVIDAD: Ejercitación

#### Estructura de Lewis

**Estudiante:** \_\_\_\_\_

**OBJETIVO:** hacer un repaso sobre el concepto de estructura de Lewis para facilitar el estudio del tema de la geometría molecular.

A continuación se presenta una serie de ejercicios sobre el tema de estructura de Lewis a manera de repaso, afianzamiento y profundización de dicho tema.

1. Determinar las cargas formales para cada átomo en las siguientes estructuras y colocar aquellas diferentes de cero:

$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{B}-\text{N}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\overset{\ominus}{\text{C}}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\text{H}_3\text{C}-\ddot{\text{O}}:$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{N}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$
--	-------------------------------------	--	---------------------------------------	---

2. Escribir las estructuras de Lewis de los siguientes compuestos, e indicar las cargas formales diferentes de cero:

Compuesto	H <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Estructura de Lewis					

3. Dibujar las tres estructuras resonantes posibles para el ión cianato, NCO<sup>-</sup>. Con base en las cargas formales, decidir cuál es la estructura que tiene una distribución de carga más razonable.

ion	Estructuras resonantes
NCO <sup>-</sup>	
Explicación-especie más estable	

4. El anión fulminato, CON<sup>-</sup>, se diferencia del anterior en que el nitrógeno está en el centro y en que es muy inestable (el fulminato de mercurio se utiliza como detonante). Dar una explicación, con base en las cargas formales, para esta inestabilidad.

ion	Estructuras resonantes
CON <sup>-</sup>	
Explicación de la inestabilidad	

## F. Anexo: Practica de modelación molecular.

	<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA</b>	<b>Docente:</b>	<b>Grado:</b>	<b>Fecha:</b>	
	Área: Ciencias Naturales y Educación ambiental	Practica de laboratorio Modelación molecular		Asignatura	

### ACTIVIDAD: Práctica de Modelación Molecular

**Estudiante:** \_\_\_\_\_

**OBJETIVO:**

Construir modelos moleculares con materiales caseros para mejorar la comprensión de la geometría molecular.

**MATERIALES:** Plastilina y Palillos mondadientes

**PROCEDIMIENTO:** bajo la asesoría del docente realizar la siguiente secuencia de pasos para llevar a cabo la actividad.

1. Insertar un palillo en una bola de plastilina. Insertar un segundo palillo lo más alejado del primero. Determinar el ángulo resultante entre los palillos.
2. Insertar un tercer palillo lo más alejado posible de los otros dos. Determinar el ángulo resultante entre los tres palillos.
3. Retirar uno de los palillos y deformar la plastilina en lugar donde este se encontraba. Determinar la disposición con la quedan los palillos.
4. Partiendo de la disposición de tres palillos insertar un cuarto de manera que todos queden lo más alejados entre sí. Determinar el ángulo resultante entre los cuatro palillos.
5. Retirar uno de los palillos y deformar la plastilina en lugar donde este se encontraba. Determinar la disposición con la quedan los palillos.
6. Retirar un segundo palillo y deformar la plastilina en lugar donde este se encontraba. Determinar la disposición con la quedan los palillos.
7. Partiendo de la disposición de cuatro palillos insertar un quinto de manera que todos queden lo más alejados entre sí. Determinar el ángulo resultante entre los cinco palillos.
8. Retirar uno de los palillos y deformar la plastilina en lugar donde este se encontraba. Tener la precaución de hacerlo en aquel lugar donde quede más alejado de los demás, menor repulsión (posición ecuatorial) Determinar la disposición con la quedan los palillos.
9. Seguidamente retirar un segundo y luego un tercer palillo, bajo el mismo parámetro. En ambos casos determinar la disposición con la quedan los palillos.
10. Partiendo de la disposición de cinco palillos insertar un sexto de manera que todos queden lo más alejados entre sí. Determinar el ángulo resultante entre los seis palillos.
11. Retirar uno de los palillos y deformar la plastilina en lugar donde este se encontraba. Determinar la disposición con la quedan los palillos.
12. Retirar un segundo palillo y deformar la plastilina en lugar donde este se encontraba. Hacerlo en la posición donde se minimicen las repulsiones. Determinar la disposición con la quedan los palillos.

**Cuestionario de profundización**

1. Con cada una de las disposiciones de los palillos llenar la siguiente tabla.

D.E.	Enlaces	P.S.	Ángulo entre los palillos	Dibujo de la forma obtenida	Nombre de la disposición de los palillos

D.E.: Dominios de electrones (palillos y deformaciones)

P.S.: Pares solitarios (deformación)

2. Determinar la estructura de Lewis, la geometría molecular y el modelo con plastilina y palillos mondadientes para cada una de las siguientes moléculas:  $\text{BeH}_2$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ .

## G. Anexo: Procedimiento para la modelación molecular computacional.

	<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA</b>	<b>Docente:</b>	<b>Grado:</b>	<b>Fecha:</b>	
	Área: Ciencias Naturales y Educación ambiental	<b>Modelación computacional</b>		<b>Asignatura</b>	

### ACTIVIDAD: Modelación Molecular Computacional

Estudiante: \_\_\_\_\_

#### OBJETIVO:

Contrastar los hechos experimentales con la información obtenida por medio de herramientas computacionales.

#### PROCEDIMIENTO:

1. Descargar la aplicación desde el sitio <http://phet.colorado.edu/es/simulation/molecule-shapes>. ubicar el archivo en el escritorio e iniciarla, no es necesaria ninguna clase de instalación.
2. Por medio de ejemplos simples mostrar y luego permitir que los estudiantes exploren, interactúen y reconozcan las posibilidades de modelación que ofrece esta aplicación.
3. Retomar el mismo procedimiento realizado en la actividad de modelación con plastilina y palillos mondadientes, es decir, comenzar con dos dominios de electrones hasta llegar a seis, reemplazando cada vez enlaces por pares de electrones solitarios y estableciendo las geometrías y sus ángulos de enlace; solo que ahora se hará con la herramienta de modelación computacional.
4. Sugerir a los estudiantes buscar en la lista de moléculas reales que dispone la aplicación, aquellas que coincidan con las propuestas en el cuestionario de la actividad de modelación con plastilina y palillos. Hacer una comparación entre los modelos propuestos por la aplicación de Java y los realizados con sus compañeros en el segundo punto del cuestionario propuesto en la actividad anterior.
5. Proponer a los estudiantes reunirse en los mismos equipos que realizaron la actividad de modelación con la plastilina y los palillos y hacer una lista de los aciertos y desaciertos en la modelización de las moléculas propuestas en el segundo punto del cuestionario de dicha actividad.
6. Por último realizar una puesta en común de la actividad con el fin de aclarar y afianzar los conceptos trabajados.

## H. Anexo: Propuesta de ejercitación sobre geometría y polaridad molecular.

	<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA</b>	<b>Docente:</b>	<b>Grado:</b>	<b>Fecha:</b>	
	Área: Ciencias Naturales y Educación ambiental	Geometría y Polaridad molecular		Asignatura	

### ACTIVIDAD: Ejercitación Geometría y Polaridad molecular

Estudiante: \_\_\_\_\_

**OBJETIVO:** realizar actividades de ejercitación como una manera de afianzar los saberes adquiridos sobre el tema de la geometría y polaridad molecular.

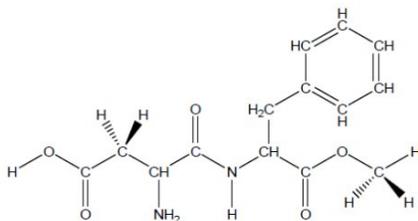
A continuación se presenta una serie de ejercicios sobre el tema de geometría y polaridad molecular a manera de repaso, afianzamiento y profundización de dicho tema.

- Considerar cada uno de los iones o moléculas abajo listados y escribir su estructura final en los recuadros; para ello debe seguir las siguientes indicaciones.
  - Comenzando con la mejor estructura de Lewis, utilizar la teoría RPECV para dibujar cada una de las especies de la lista. No olvidar los pares de electrones libres.
  - Describir la geometría sobre cada átomo central. Incluir tanto la geometría electrónica como la molecular.
  - Dar el ángulo de enlace aproximado alrededor de cada átomo central.
  - Determinar si la especie en general es polar o no polar.

POCl <sub>3</sub>
Geometría electrónica:
Geometría molecular:
Ángulo de enlace (aprox.):
Polaridad:
SCN <sup>-</sup>
Geometría electrónica:
Geometría molecular:
Ángulo de enlace (aprox.):
Polaridad:

ClO <sub>3</sub> <sup>+</sup>
Geometría electrónica:
Geometría molecular:
Ángulo de enlace (aprox.):
Polaridad:
SbBr <sub>3</sub>
Geometría electrónica:
Geometría molecular:
Ángulo de enlace (aprox.):
Polaridad:

- Considere la proteína aspartame que se muestra a continuación, un edulcorante artificial común derivado del ácido aspártico y la fenilalanina:



- Use una flecha (A→) para identificar un átomo central con una geometría angular.
- Use una flecha (B→) para identificar un átomo central con una geometría trigonal piramidal.
- Use una flecha (C→) para identificar un átomo central con una geometría trigonal plana.

# I. Anexo: Propuesta de ejercitación sobre fuerzas intermoleculares.

	<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA</b>	<b>Docente:</b>	<b>Grado:</b>	<b>Fecha:</b>	
	Área: Ciencias Naturales y Educación ambiental	Fuerzas Intermoleculares		Asignatura	

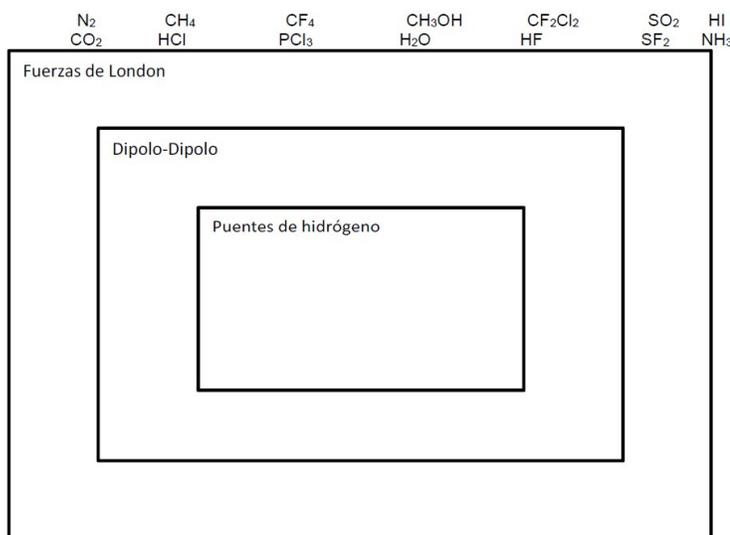
## ACTIVIDAD: Ejercitación Fuerzas Intermoleculares

Estudiante: \_\_\_\_\_

**OBJETIVO:** realizar actividades de ejercitación como una manera de afianzar los saberes adquiridos sobre el tema de las fuerzas intermoleculares.

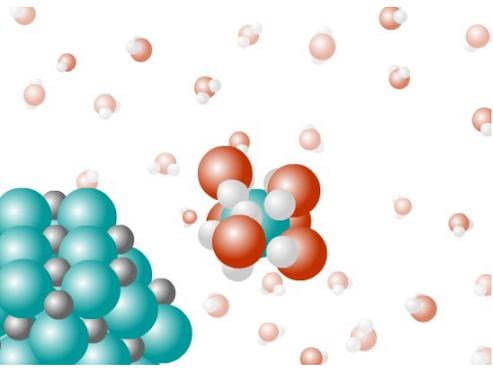
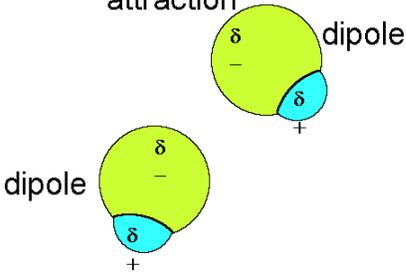
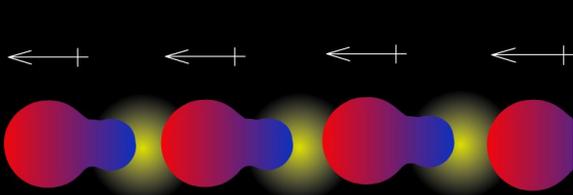
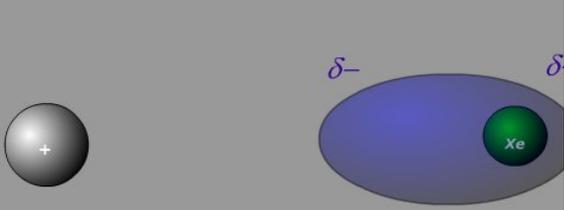
A continuación se presenta una serie de ejercicios sobre el tema de fuerzas intermoleculares a manera de repaso, afianzamiento y profundización de dicho tema.

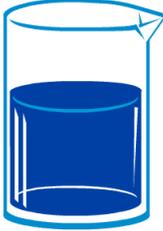
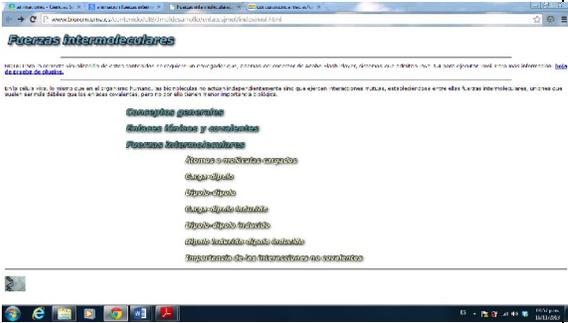
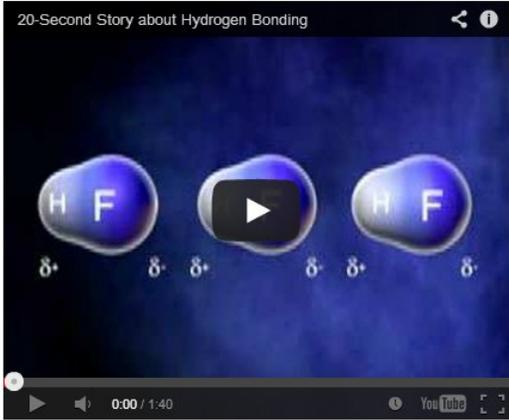
- Las siguientes moléculas exhiben diferentes tipos de fuerzas intermoleculares, clasificarlas según corresponda en el siguiente cuadro.



- Los átomos en sí mismos son eléctricamente neutros, sin embargo un desequilibrio momentáneo en sus electrones puede crear un dipolo momentáneo. Las interacciones dipolo-dipolo entre estos dipolos momentáneos se conocen como fuerzas de dispersión de London. Estas fuerzas, también conocidas como fuerzas de van der Waals, ayudan a átomos y moléculas neutros a atraerse entre sí. Con base en esta información responder:
  - ¿Qué causa que se produzca una fuerza de dispersión de London entre dos átomos o moléculas?
  - ¿Cuán similares son las fuerzas de dispersión de London a las interacciones dipolo-dipolo? ¿En qué se diferencian?
- Los puntos de ebullición de CH<sub>3</sub>CN y CH<sub>3</sub>I son 354.8 K y 315.6 K, respectivamente. ¿Cuál sustancia tiene las mayores fuerzas atractivas? Justifique su respuesta.
- Entre el Br<sub>2</sub>, Ne, HCl, HBr, y N<sub>2</sub>, ¿cuál presenta probablemente las mayores fuerzas de atracción dipolo-dipolo?
- Explicar en cuál de las siguientes sustancias el puente de hidrógeno probablemente juega un papel importante en la determinación de sus propiedades físicas: metano (CH<sub>4</sub>), metanol (CH<sub>3</sub>OH), o acetona (CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>)
- Ordene las siguientes sustancias en orden creciente de puntos de ebullición: BaCl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO, HF. Justifique su respuesta.

## J. Anexo: Recursos propuestos en la fase de introducción de nuevos conocimientos.

<p><b>Animación: "Ión-dipolo"</b></p>  <p>Tomada de <a href="http://mutuslab.cs.uwindsor.ca/schurko/animations/nacl/solutionSalt.htm">http://mutuslab.cs.uwindsor.ca/schurko/animations/nacl/solutionSalt.htm</a> (visitada en noviembre de 2013)</p>	<p><b>Animación: "Dipolo-dipolo"</b></p> <p>Dipole - dipole attraction</p>  <p>Click the mouse to show how the molecules align themselves</p> <p>Tomada de <a href="http://intro.chem.okstate.edu/1515sp01/lecture/chapter12/HClDipole.html">http://intro.chem.okstate.edu/1515sp01/lecture/chapter12/HClDipole.html</a> (visitada en noviembre de 2013)</p>
<p><b>Animación: "fuerzas de London"</b></p>  <p>London forces arise from transitory dipoles</p> <p>Tomada de <a href="http://www.icabello.es/documentos/docquimica2/london.swf">http://www.icabello.es/documentos/docquimica2/london.swf</a> (visitada en noviembre de 2013)</p>	<p><b>Animación: "Ión-dipolo inducido"</b></p>  <p><b>Dipolo Inducido</b></p> <p>Tomada de <a href="http://www.icabello.es/documentos/docquimica2/dipoloinducido.swf">http://www.icabello.es/documentos/docquimica2/dipoloinducido.swf</a> (visitada en noviembre de 2013)</p>
<p><b>Animación: "fuerzas intermoleculares"</b></p>  <p>Tomada de <a href="http://www.nq-higher-sciences.com">http://www.nq-higher-sciences.com</a></p>	<p><b>Animación: "Puentes de hidrógeno"</b></p>  <p>Tomada de <a href="http://www.nq-higher-sciences.com">http://www.nq-higher-sciences.com</a></p>

<p>Tomada de <a href="http://www.educationscotland.gov.uk/highersciences/chemistry/animations/intermoleculararces.asp">http://www.educationscotland.gov.uk/highersciences/chemistry/animations/intermoleculararces.asp</a> (visitada en noviembre de 2013)</p>	<p>a closer look at <b>water</b></p>  <p>Topics covered in this movie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• the polarity of water</li> <li>• hydrogen bonds</li> </ul> <p>start movie </p> <p>Tomada de <a href="http://www.juntadeandalucia.es/averroes/materiales_tic/biomoleculas/hydrogenbonds.swf">http://www.juntadeandalucia.es/averroes/materiales_tic/biomoleculas/hydrogenbonds.swf</a> (visitada en noviembre de 2013)</p>
<p><b>Animación: “Cambios de estado y fuerzas intermoleculares”</b></p>  <p>Tomada de <a href="http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/63_el_agua/actividades/AG2_1.swf">http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/63_el_agua/actividades/AG2_1.swf</a> (visitada en noviembre de 2013)</p>	<p><b>Animación: “fuerzas intermoleculares”</b></p>  <p>Tomada de <a href="http://www.biorom.uma.es/contenido/UIB/Jmoldesarrollo/enlacesjmol/indexjmol.html">http://www.biorom.uma.es/contenido/UIB/Jmoldesarrollo/enlacesjmol/indexjmol.html</a> (visitada en noviembre de 2013)</p>
<p><b>Video: “Puentes de hidrógeno”</b></p>  <p>Tomada de <a href="http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=LGwyBeuVjhU">http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=LGwyBeuVjhU</a> (visitada en noviembre de 2013)</p>	

## K. Anexo: Situación problema de aplicación.

	<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA</b>	<b>Docente:</b>	<b>Grado:</b>	<b>Fecha:</b>	
	Área: Ciencias Naturales y Educación ambiental	Situación problema 2		Asignatura	

### ACTIVIDAD: Situación Problema de Aplicación

**Estudiante:** \_\_\_\_\_

**OBJETIVO:** Resolver una situación problema para evidenciar los conocimientos adquiridos durante el ciclo didáctico.

Leer cuidadosamente el enunciado de la situación problema y luego hacer la lectura "La presión de vapor" donde se presenta información relevante para llegar a la solución de la situación propuesta.

#### Situación problema

Una pintura es una dispersión que contiene pigmentos (sustancia que proporciona el color), ligantes (resinas alquídicas, fenólicas, vinílicas, acrílicas, epoxi o de poliéster entre otras), disolventes y aditivos. Los disolventes no solo sirven para disolver la resina, sino que su papel en la pintura atiende al proceso de secado y polimerización, de tal manera que la volatilidad del solvente o mezcla de ellos debe estar convenientemente escalonada y de acuerdo con el tipo de resina y pintura con el que se combina. Para la fabricación de una pintura de secado rápido se tiene tres solventes, alcohol metílico ( $\text{CH}_3\text{-OH}$ ), acetona ( $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ ) y diclorometano ( $\text{Cl-CH}_2\text{-Cl}$ ); desde el punto de vista teórico, cuál sería el más apropiado para su elaboración.

#### La presión de vapor (Umlad, 2000)

Las moléculas de un líquido, a una determinada temperatura poseen una cierta cantidad de energía cinética. Algunas moléculas, especialmente aquellas situadas en la superficie, se volatilizan. No obstante, como resultado de las constantes colisiones entre moléculas, muchas de estas regresan nuevamente al líquido, dando como resultado un estado de equilibrio dinámico entre evaporación y condensación, tal y como se muestra en la Figura 1. Ahora bien, si el líquido se halla confinado en un recipiente, la fracción gaseosa ejercerá presión sobre la tapa del recipiente. Esta presión denominada presión de vapor, se puede medir y es característica de cada sustancia.

La proporción entre las fases gas-líquido, depende de la fuerza de cohesión existente entre las moléculas. Si la cohesión es débil, una gran cantidad de moléculas se volatilizarán. Mientras que, si la cohesión es fuerte, serán muy pocas las que lo logren. Esto es lo que determina que unas sustancias sean más volátiles que otras. Por otro lado la presión de vapor aumenta con la temperatura, ya que al contar con mayor energía cinética, más moléculas pasarán a la fase gaseosa.

**Figura 1:** Presión de vapor de una sustancia volátil.



Tomada de [http://www.eis.uva.es/~qalisteo/faj/estados/Pre\\_vapor.jpg](http://www.eis.uva.es/~qalisteo/faj/estados/Pre_vapor.jpg)  
 (visitada en noviembre de 2013)

Como producto final de esta actividad, se debe entregar una producción escrita donde no solamente este la posible solución a la situación problema sino también la evidencia de los procedimientos y conceptos utilizados para su solución.

## Bibliografía

AGUIRRE H., Norlin G. (2012). Construcción de material educativo para el aprendizaje de la diversidad de especies con estudiantes de séptimo grado utilizando el museo como instrumento didáctico. Tesis de maestría para optar al título de Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

ANTUNES, M., PACHECO, M. A. R., GIOVANELA, M. (2012). Design and implementation of an educational game for teaching chemistry in higher education. *Journal of chemical education*. Vol 89, N°4, p. 517-521.

BOIANI M., Buccino P., CERECETTO H., GONZÁLEZ M., V. LÓPEZ, P. SAENZ, G. SEOANE, S. LOUREIRO, M. MÍGUEZ, X. OTEGUI (2004). "Uso de modelado molecular como herramienta didáctica en el primer curso de grado de Química Orgánica". *Educación Química*, Vol. 15, N° 10, p 349-352

BLANCO, José L, (1996) La resolución de problemas. Una revisión teórica. *Revista SUMA*, Vol 21, febrero, p 11-20.

BROWN, T., LEMAY, H., BURSTEN, B. *Química la Ciencia Central*. 9° edición. Pearson Educación de México, S.A. de C.V. México. 2004. 1046p.

CAMPANARIO, Juan Miguel, MOYA, Aida (1999) ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol 17, N° 2, p. 179-192

CHAMIZO, José Antonio, MÁRQUEZ, José Rutilo (2006) *Modelación molecular*. Estrategia didáctica sobre la constitución de los gases, la función de los catalizadores y el

lenguaje de la química. Revista Mexicana de Investigación Educativa, Vol. 11, N°. 31, p. 1241-1257

CHANG, Raymond. Química. 10° edición. McGraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C. V. México. 2010. 1085p.

Ciclo didáctico en la perspectiva de la enseñanza y el aprendizaje como investigación dirigida (n.d.). Obtenida el 17 de enero de 2014, de [http://practicasencontexto.weebly.com/uploads/2/3/7/1/2371651/ciclo\\_didctico\\_y\\_esquem\\_a\\_cn.doc](http://practicasencontexto.weebly.com/uploads/2/3/7/1/2371651/ciclo_didctico_y_esquem_a_cn.doc)

CURTRIGHT, Robert D., EMRY, Randy, MARKWELL, John. (1999) Student Understanding of Chromatography: A Hands-On Approach. Journal of Chemical Education, Vol. 76, N°2, p.249

DÍAZ BARRIGA, Frida. (2005). Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida. México: McGraw Hill.

EBBING, Darrell D., GAMMON, Steven D. General Chemistry. Ninth edition. Houghton Mifflin Company. USA. 2009. 1030 p.

GALAGOVSKY, Lydia, BEKERMAN, Diana. (2009) La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Vol.8, N°3, p 952-975

GALAGOVSK, Lydia, DI GIACOMO, María Angélica y CASTELO, Verónica (2009). Modelos vs. Dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol.8 N°1, 22 p.

GALAGOVSKY, Lydia. (2005) La enseñanza de la Química pre-universitaria: ¿que enseñar, como, cuanto, para quienes? Química Viva. Vol 4, N° 1, p 8-22.

GARCÍA F., Alejandra, GARRITZ R., Andoni (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. Enseñanza de las ciencias. Vol. 24, No 1, p. 111-1124.

GARCÍA GARCÍA, José J. (2000) La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza de la química. Enseñanza de las Ciencias, 2000, Vol 18, N° 1, p 113-129.

GIRALDO MACIAS, Christian F. (2013). El aprendizaje de los conceptos Fuerzas intramoleculares e intermoleculares mediante la Modelización Didáctica en el grado décimo de la Institución Educativa Alfonso Upegüi Orozco. Tesis de maestría para optar al título de Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

GIUDICE, Jimena, GALAGOVSKY, Lydia (2008) Modelar la naturaleza discontinua de la materia: una propuesta para la Escuela Media. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 7, N°3, p 629-657.

GÓMEZ YEPES, Ricardo León. (2004) Calidad educativa: más que resultados en pruebas estandarizadas. Revista educación y pedagogía. Vol. 16, No 38 p. 73-89.

GUEVARA S., Minerva, VALDEZ G., Ricardo (2004). Los modelos en la enseñanza de la química: algunas de las dificultades asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje. Educación Química Vol. 15, N° 3, p. 243-247.

JORBA, J., SANMARTÍ, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua: Propuestas didácticas para las áreas de las ciencias naturales y matemáticas. Barcelona: Ministerio de educación y cultura.

KOTZ, John, TREICHEL, Paul, TOWNSEND, John. Chemistry and Chemical reactivity. 7<sup>th</sup> edition. Thomson, Brooks/cole. Canada 2009. 1095p.

MARZÁBAL BLANCAFORT, Ainoa. (2011) Algunas orientaciones para enseñar ciencias naturales en el marco del nuevo enfoque curricular. Horizontes Educativos [en línea] Vol 16 (Julio-Diciembre): [Fecha de consulta: 3 de noviembre de 2013] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=97923680006>>

OSPINA LANDINO, Yolanda, MORENO PIRAJAN, Juan C., CASALLAS, Johana E., GARCIA, Vanessa S. (2005) El diseño de una unidad didáctica en la enseñanza de la química: una propuesta para la formación inicial del profesorado. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII congreso. p. 1-4

PEREIRA, Ademir de Souza, PIREZ, Dario Xavier (2012) Uma proposta teórica-experimental de sequência didática sobre interações intermoleculares no ensino de química, utilizando variações do teste da adulteração da gasolina e corantes de urucum. Investigações em Ensino de Ciências. Vol 17, Nº 2, p. 385-413.

POZO, J. I. y GÓMEZ CRESPO, M. A., Aprender y Enseñar Ciencia. Madrid: Morata, 1998

RAPOSO R., Manuela (2006) Elaboración de guías y unidades didácticas para la formación a través de internet. Innovación Educativa, Nº 16, p. 21-30.

ROMERO A., Juan G., RODRÍGUEZ C., Adriana, GÓMEZ P., Juan (2008). Evaluación de escenarios para el aprendizaje basado en problemas (ABP) en la asignatura de química de bachillerato. Didáctica de la química, Julio, p. 195-200.

TARHAN, Leman, AYAR-KAYALI, Hulya, UREK, Raziye., & ACAR, Burcin (2008). Problem-based learning in 9th grade chemistry class: 'Intermolecular forces'. Research in Science Education, Vol. 38, Nº 3, p 285–300.

TORRES, Noemí, LANDAU, Leonor, BAMONTE, Edith, DI GIACOMO, María, ERAUSQUIN, Pilar, FORNASO, Celia, MASTRÁNGELO, Martina, MONTESERIN,

Haydée. (2005) Fuerzas intermoleculares y propiedades físicas de compuestos orgánicos: una estrategia didáctica. Educación Química, Vol 16, N° 10, p 129-136.

TORRES, Noemí, LANDAU, Leonor, BAUMGARTNER, Erwin y MONTESERIN, Haydee (2010). Fuerzas intermoleculares y su relación con propiedades físicas: búsqueda de obstáculos que dificultan su aprendizaje significativo. Educación Química, Vol 21 N° 3, p 212-218.

UMLAD, Jean B. y J.M. Bellama. Química General. Internacional Thomson Editores, México, 3ª. ed. 2000.

WHITTEN, Kenneth W., DAVIS, Raymond E., PECK, M. Larry, STANLEY, George G. Chemistry. Ninth edition. Brooks/Cole, Cengage Learning. USA 2010. 1068 p.

## Cibergrafía

[1] <http://phet.colorado.edu/es/simulation/molecule-shapes>, consultada en Noviembre 5 de 2013

[2] [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/mtria\\_ensenanza/tabla\\_periodica/html/home.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/mtria_ensenanza/tabla_periodica/html/home.html), consultada en Diciembre 5 de 2013

[3] <http://ntic.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2000/tablap/index.htm>, consultada en Diciembre 9 de 2013

[4] <http://www.iessanfulgencio.org/departamentos/fisicayquimica/enlaces/index.html>, consultada en Diciembre 19 de 2013

[5] <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/medellin/nivelacion/uv00007/html/contenido.html>, consultada en Diciembre 22 de 2013

[6] [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=nB4Gnt1tKGA](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=nB4Gnt1tKGA), consultada en Diciembre de 2013

[7] <http://www.youtube.com/watch?v=jufGAq79py0>, consultada en Enero 13 de 2014

[8] <http://avogadro.openmolecules.net>, consultada en Septiembre 15 de 2013