



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**USO DE LOS MODELOS MOLECULARES  
COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA  
COMPRENSIÓN DE LA RELACIÓN EXISTENTE  
ENTRE ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE  
LOS COMPUESTOS**

**Sandra Patricia Santoyo Cortes**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales  
Bogotá, Colombia  
2012



**USO DE LOS MODELOS MOLECULARES  
COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA  
COMPRENSIÓN DE LA RELACIÓN EXISTENTE  
ENTRE ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE  
LOS COMPUESTOS.**

**Sandra Patricia Santoyo Cortes**

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

Director:

PhD Ricardo Fierro Medina

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2012

*A mi madre que desde el cielo ha acompañado cada uno de mis triunfos.*

*A mi padre y toda mi familia por ser siempre mi soporte, por estar a mi lado en cada instante de mi vida.*

*A mi hijo, Sebastián Santoyo Cortes, el más grande de los regalos que me ha dado Dios y la razón para seguir siempre adelante*

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia, en especial a quienes están a cargo de orientar a los docentes que ingresamos a la Maestría en Enseñanza de las Ciencias, por darme la oportunidad de fortalecer mi formación y brindarme las herramientas necesarias para hacer de mi labor como docente una actividad mucho más enriquecedora tanto para mí como para mis estudiantes.

Al profesor Ricardo Fierro Medina, director del presente Trabajo Final, por su constante apoyo, sus enseñanzas y las orientaciones oportunas que hicieron del proceso de construcción del presente documento una labor altamente productiva.

A mis estudiantes promoción 2012, del colegio distrital Luis Carlos Galán Sarmiento por estar apoyando este trabajo, por sus observaciones frente a las actividades propuestas y por el tiempo que destinaron para elaborar sus propios modelos con el mayor empeño y dedicación. Gracias porque sus oportunas observaciones harán que la implementación de la propuesta en el año 2013 tenga aún mejores resultados. Un agradecimiento especial a Mauro González por el diseño de la portada de la cartilla.

A mis compañeros de trabajo y directivos del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, en especial a la profesora Dora Amado, porque durante el presente año apoyaron de manera constante la consolidación de esta propuesta y siempre tuvieron una palabra de aliento o una observación oportuna, gracias porque sin su ayuda no hubiese alcanzado esta meta.

A mis amigos y familiares que constantemente fueron el soporte que me brindó la fortaleza necesaria para sacar adelante este objetivo.

## Resumen

El uso de modelos moleculares en las clases de química ha sido una práctica que, al carecer de una estructuración adecuada, no ha traído consigo los resultados esperados.; por esta razón el presente Trabajo Final propone una estrategia didáctica basada en el uso de modelos moleculares elaborados por los estudiantes. Para el desarrollo de la propuesta se toma como referencia las orientaciones dadas en una cartilla de apoyo, de tal manera que, a través del desarrollo de diferentes actividades que abarcan temáticas de la programación anual para química de grado XI, se fomente la creatividad, capacidad de análisis y las habilidades comunicativas de los estudiantes, gracias a los espacios de construcción, discusión y reflexión.

**Palabras clave:** Estructura molecular, propiedades físicas, modelo molecular,

## Abstract

The use of molecular models in Chemistry classes has been a practice that, at being lacked of an adequate structure, has not brought the expected results. Therefore, this current thesis proposes a teaching strategy based on the use of molecular models developed by students. For such elaboration, a supporting booklet has been used as a reference, so that, through the development of different activities which cover up 9 topics from Year 11 syllabus, creativity, analytical skills and communication skills of students will be fostered making the most of building up, discussion and reflection settings.

**Key Words:** Molecular structure, Physical properties, molecular model

# Contenido

	<b>Pág.</b>
<b>Resumen</b>	<b>VI</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de Tablas</b>	<b>XI</b>
<b>Lista de Siglas y Abreviaturas</b>	<b>XI</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1. Capítulo 1</b>	<b>3</b>
1.1. Pregunta Orientadora	3
1.2. Caracterización Institucional	3
1.3. Caracterización de la población de grado X y XI	4
1.4. Justificación	7
1.5. Objetivos	8
1.5.1. Objetivo General	8
1.5.2. Objetivo Específicos	9
1.6. Antecedentes	9
1.6.1. Una visión global acerca del uso de modelos como herramienta didáctica	11
1.6.2. Uso de modelos en las clases de ciencias del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento	13
<b>2. Capítulo 2. Revisión Conceptual</b>	<b>17</b>
2.1. Evolución del concepto estructura molecular	17
2.1.1. Teoría Dualista de Berzelius	18
2.1.2. Teoría de los Tipos	19
2.1.3. Teoría de Valencia y Teoría Estructural	19
2.1.4. Teoría del Orbital Molecular	21

2.1.5. Teoría de Repulsión de Pares Electrónicos de Capa de Valencia	23
<b>2.2. Conceptos asociados a estructura molecular</b>	<b>25</b>
2.2.1. Estructuras de Lewis	25
2.2.2. Hibridación del Carbono, Nitrógeno y Oxígeno	27
2.2.3. Isómeros	30
2.2.4. Quiralidad	31
2.2.5. Propiedades Físicas de las sustancias	35
<b>3. Capítulo 3. Metodología de desarrollo</b>	<b>39</b>
3.1. Elaboración del material de apoyo	40
3.2. Revisión del Material	43
<b>4. Capítulo 4. Propuesta Didáctica: Uso de modelos moleculares como herramienta didáctica</b>	<b>47</b>
4.1. Objetivo	48
4.2. Estructura del trabajo propuesto en cada guía	48
4.3. Tiempo de aplicación	51
4.4. Evaluación	53
<b>5. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>55</b>
5.1. Conclusiones	55
5.2. Recomendaciones	56
<b>A. Anexo: Resultados Oficiales de las pruebas ICFES en los períodos 2000/2 a 2011/2</b>	<b>58</b>
<b>B. Anexo: Resultados de encuestas de Caracterización de los estudiantes de grados X y XI</b>	<b>60</b>
<b>C. Anexo: Entrevistas acerca del uso de modelos en clases de ciencias</b>	<b>65</b>
<b>D. Anexo: Construyendo Modelos, Cartilla de Apoyo</b>	<b>74</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>111</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Tipos de Modelos .....	10
Figura 2. Caja de modelos más usada en las clases de ciencias del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento	15
Figura 3 Orbitales moleculares $\sigma$ del $H_2$	22
Figura 4. Formación de orbitales moleculares $\pi$	22
Figura 5. Formas moleculares según la teoría VSEPR	24
Figura 6. Estructura de Lewis y desarrollada de la molécula de metano	26
Figura 7 Fórmula estructural del metano	26
Figura 8. Estructuras de Lewis para el amoníaco y el agua	27
Figura 9. Unión de orbitales $sp^3$ para dar origen a un enlace sencillo C - C	28
Figura 10. Combinación de orbitales $sp^2$ para dar origen a un enlace doble C - C	29
Figura 11. Combinación de orbitales $sp$ para formar un enlace triple C - C	30
Figura 12. Clasificación de los isómeros	30
Figura 13, Ejemplo de quiralidad en el 2-bromobutano	32
Figura 14. Diagrama de cristales del tartrato amónico de sodio	33
Figura 15. Reacción de olefinación de Witting	34
Figura 16. Reacción de Diels Alder y diagrama de perfiles de energía de la misma	34
Figura 17. Ejemplo de reacción estereoespecífica	35

X USO DE LOS MODELOS MOLECULARES COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA COM-  
PRENSIÓN DE LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LOS  
COMPUESTOS.

---

Figura 18. Estructura de la molécula de agua	37
Figura 19. Cajas de modelos disponibles en el laboratorio	40
Figura 20. Cajas de modelos moleculares elaboradas por los estudiantes de grado XI del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento	41
Figura 21. Formato de evaluación diligenciado por estudiantes	44
Figura 22. Revisión del material por parte de los estudiantes	44

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Puntos de fusión de algunos compuestos orgánicos	36
Tabla 2. Objetivos y responsables de las etapas de trabajo sugeridas en las guías	47
Tabla 3. Propuesta para el momento de aplicación	51

## Lista de Siglas y Abreviaturas

C – C. Carbono - Carbono

ICFES. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior

IED. Institución Educativa Distrital

s.f. Sin Fecha

pm. picómetro (1 Amstrong (Å)= 100 pm)

UPZ. Unidad de Planeamiento Zonal.

VSEPR. Valence Shell Electrón Pair Repulsión



# Introducción

Un proceso educativo que brinde mayor participación del estudiante en la construcción de sus aprendizajes requiere combatir su apatía hacia el trabajo en clase, al mismo tiempo que fomente la consolidación de conceptos y el fortalecimiento de la formación en ciencias. Para esto se hace necesario el uso de métodos no tradicionales que brinden las herramientas necesarias para superar los vacíos conceptuales de años anteriores y la falta de motivación. Son estos hechos los que inciden de manera directa en los resultados de procesos de evaluación, tanto a nivel institucional como externo, donde un porcentaje muy reducido de estudiantes alcanza resultados destacados.

En química orgánica el estudio de la estructura de los compuestos debe ir más allá de la simple replicación de fórmulas estructurales que carecen de sentido para los estudiantes. Se requiere la comprensión del por qué los elementos se distribuyen de una manera determinada en el espacio, cuáles son las distancias y los ángulos que separan un átomo de otro dentro de una molécula y qué incidencia tiene dicha distribución sobre sus propiedades, en este caso físicas. De esta manera, comprender la estructura de un compuesto químico implica relacionar muchos conceptos asociados a la misma y estar en capacidad de explicarla.

El presente proyecto propone el uso de modelos moleculares elaborados por los mismos estudiantes como herramienta clave para la consolidación del concepto estructura molecular, donde se evidencie la comprensión de su importancia y la relación que tiene con propiedades físicas como los puntos de fusión y ebullición, la polaridad y la solubilidad de las sustancias. Además, plantea que el uso de esta herramienta fortalece los procesos de análisis conceptual y espacial, hecho que será verificado por medio del desarrollo de actividades que se orientan hacia la construcción, análisis y explicación de modelos de estructuras moleculares.

La propuesta didáctica se basa en el uso de la cartilla de apoyo, diseñada con el fin de fomentar el uso de los modelos moleculares elaborados y que fue revisada en diferentes

momentos y por diferentes evaluadores, entre ellos: los estudiantes que desarrollaron las actividades sugeridas y socializaron cuáles fueron las principales dificultades que encontraron en el proceso, los docentes del área de ciencias quienes revisaron la estructura y la base conceptual de cada una de las guías trabajadas, el asesor del presente trabajo final quien hizo la revisión antes, durante y después del desarrollo de las actividades propuestas y una diseñadora gráfica quien evaluó la presentación general de la cartilla.

El propósito fundamental de este trabajo final es diseñar una propuesta didáctica, basada en el uso de la cartilla de apoyo, que brinde herramientas al docente y al estudiante para fortalecer el proceso de construcción del concepto ***estructura química***.

# 1. Capítulo 1. Contextualización del problema

En las últimas generaciones el gusto hacia la ciencia poco a poco ha ido perdiendo terreno; esa curiosidad que acompaña a los niños de las primeras etapas de formación se va disipando, a tal punto que en los grados superiores se convierte en apatía frente a la resolución de preguntas o la explicación de fenómenos de nuestro entorno o vida cotidiana. En el presente trabajo se elabora una propuesta didáctica para abordar el concepto **estructura molecular**, de manera que se fortalezca la base conceptual de los estudiantes de grado XI y al mismo tiempo, le permita al docente fomentar la curiosidad y agrado hacia el trabajo en ciencias de los estudiantes, debido a que se aborda usando estrategias que los vinculan de manera más directa en el proceso de construcción de conocimiento.

## 1.1 Pregunta Orientadora

*¿Cómo potenciar en los estudiantes la capacidad de análisis de propiedades físicas de compuestos orgánicos a partir de la elaboración e interpretación de los modelos moleculares?*

## 1.2 Caracterización Institucional

La Institución Educativa Distrital **Luis Carlos Galán Sarmiento**, lugar donde se busca aplicar en primera instancia el material diseñado en el presente trabajo, se encuentra ubicada en el barrio La Ponderosa de la Localidad 16 (Puente Aranda). En la UPZ Ciudad Montes, a la cual pertenece la institución, la mayor parte de la población de está ubi-

cada en el estrato 3, cuenta con una cobertura total de servicios públicos domiciliarios, una amplia variedad de zonas verdes entre las que se destaca el Parque Ciudad Montes, el Parque El Jazmín, y el Parque La Ponderosa, este último ubicado alrededor del colegio. Además el centro administrativo de la localidad se encuentra ubicado a 15 minutos de la institución y en este lugar los estudiantes tienen a su disposición la biblioteca pública Néstor Forero Alcalá que se encuentra inscrita en la red de bibliotecas.

La institución educativa fue fundada en 1989, durante la alcaldía del señor Andrés Pastrana. Cuenta con dos jornadas (mañana y tarde) que a la fecha según el registro de matrícula suman 1452 estudiantes. La jornada de la tarde, donde se aplicará la presente propuesta, cuenta con 680 estudiantes, 168 de los cuales están matriculados en los grados X y XI. En la jornada de la tarde los últimos 3 años se ha alcanzado el nivel Superior en las pruebas de estado, donde en la mayor parte de las áreas se han obtenido resultados que se encuentran ligeramente por encima del promedio de la ciudad. Los resultados obtenidos en pruebas ICFES en el área de química han sido bastante irregulares, ubicándose por debajo de 50 en todos los años anteriores; sin embargo, para el presente año este promedio institucional en química llegó a 50, superando áreas con mayor aceptación. Este último resultado deja ver algunos progresos que se han alcanzado a nivel conceptual con los estudiantes. Los resultados históricos de la prueba ICFES en las últimas 10 evaluaciones se encuentran en el ANEXO A.

Aunque hay estudiantes que se destacan por su alto grado de compromiso en el trabajo en ciencias, no pertenecen al grueso de la población, siendo una de las áreas con menor acogida, en especial en los grados superiores. Este punto será tratado a mayor profundidad en la caracterización de la población.

### **1.3 Caracterización de la población de grado X y XI**

Para el año 2012 la matrícula de estudiantes para el grado XI fue de 79 estudiantes, sus edades oscilan entre los 15 y los 19 años, la mayor parte de ellos con 16 años de edad.

Cerca del 80% se encuentra en la institución hace 3 años o más lo que refleja un alto grado de continuidad, para el 2012 no hay ningún estudiante repitente en el grado.

Los estudiantes son en un alto porcentaje respetuosos, cumplen con la mayor parte de los lineamientos dados por la institución, el 90% de ellos dice tener una visión clara frente a lo que desea hacer una vez se gradúe como bachiller y la totalidad de ellos piensa ingresar a la educación superior, algunos reconocen la necesidad de trabajar para solventar sus gastos universitarios pero la mayoría cuenta con el apoyo económico de los padres.

A pesar de todas las ventajas con las que cuenta la población (en comparación con otros estudiantes de instituciones educativas distritales) se evidencia una falta de compromiso en algunas áreas de trabajo, siendo la de ciencias naturales la que mayores dificultades académicas presenta. Los estudiantes perciben la química como una ciencia complicada y la mayoría no contempla la posibilidad de seguir ninguna carrera afín a ella, a pesar de no tener un conocimiento claro de cuáles son los campos de acción de un químico. No hay motivación de los estudiantes por aprender química ya que, a pesar que algunos digan que si es importante saber tópicos básicos, no tienen claro para qué les puede servir en su vida cotidiana; en el mejor de los casos ven necesario aprender química por cultivar su cultura general o por tener algunas herramientas para enfrentar pruebas externas como el ICFES Saber o las pruebas de ingreso a las universidades (en especial la Universidad Nacional). Todo este conjunto de características resalta la importancia de generar estrategias que permitan mejorar la disposición de los estudiantes hacia el trabajo en ciencias. (Los resultados completos de la encuesta de caracterización aplicada a los estudiantes se encuentran en el ANEXO B, junto con el formato usado para la aplicación de la misma)

Por otro lado, los estudiantes de grado X, con quienes se busca iniciar (en el 2013) la implementación del trabajo propuesto en el presente proyecto, no se han destacado por su buen rendimiento académico. En este sentido la población es bastante heterogénea, ya que se encuentran pocos estudiantes con un alto grado de compromiso académico, una parte importante de la población con un desempeño académico aceptable y una cantidad alarmante (cerca del 30%) con serias dificultades en este campo. Las acciones que buscan un mejoramiento sustancial en el nivel de compromiso y de comprensión de con-

ceptos se han concentrado en los estudiantes de los cursos 1003, 1004 y 1005 donde poco a poco se han visto resultados.

Con este grupo de estudiantes se aplicó después de la semana de receso de Octubre la misma encuesta con la que se reconocieron las características generales de los estudiantes de grado XI. Los resultados se resumen a continuación (para revisar detalladamente los resultados obtenidos en la encuesta de caracterización se sugiere revisar el ANEXO B).

Fueron 63 estudiantes del grado X los encuestados, correspondiente al 75% de la población, con edades entre los 14 y los 18 años, encontrándose la mayor parte entre los 15 y los 16 años. Al igual que los estudiantes del grado XI, hay una gran afinidad por el área de humanidades, mostrando un poco más de interés hacia las demás áreas sin embargo, continúan siendo las ciencias naturales las que se encuentran en menor porcentaje (11%, frente al 1% en el grado XI). Por otro lado, en este nivel el área con mayor percepción de dificultad es matemáticas (44%), seguida muy de cerca por la de ciencias naturales (38%), a pesar de esto el 63% de los encuestados considera que saber química es importante principalmente para reconocer la composición de las sustancias y su aplicación, siendo esta una visión más clara frente a la mostrada por los estudiantes del grado XI.

Mientras en el grado XI el 10% de los estudiantes desean seguir carreras afines a la química, en el grado X el 25% siente afinidad con carreras donde el conocimiento en química es relevante. Incluso dos de los estudiantes manifestaron el deseo de ser químicos, siendo esta la diferencia más notoria y a la vez la que puede servir como punto de partida en el diseño de la propuesta didáctica, ya que el grado de apatía es considerablemente menor que en el grado XI, lo que aumenta las posibilidades de lograr mayor impacto de la estrategia diseñada. La encuesta también evidencia la necesidad de mostrar a los estudiantes los campos de acción de un químico, ya que no hay un conocimiento claro de su labor en nuestra sociedad.

Son todas estas consideraciones las que se tienen en cuenta para formular la propuesta didáctica que se trabaja en el presente trabajo final, en especial el buscar estrategias que permitan superar la barrera de apatía que muestran los estudiantes frente al trabajo en ciencias naturales, para ser más específicos el trabajo en química.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN

Abordar la enseñanza de la química en educación media es una tarea que requiere cumplir con varias consideraciones especiales, entre las que se destacan: reconocer las características de la población (en especial aquellas asociadas a madurez psíquica, social y cognitiva), identificar las estrategias que son óptimas para la aprehensión conceptual y resaltar la importancia de la misma para la superación de pruebas externas, como claves en la proyección de una vida profesional.

En primera instancia hay que reconocer que los estudiantes de grado XI (hacia quienes va dirigido el material del presente proyecto) se encuentran en la última etapa del proceso de formación escolar y es en este punto donde se evidencian todas las falencias de los años anteriores. Además, como ya se mencionó, se enfrentarán a evaluaciones externas, hecho que muestra la importancia de brindar herramientas que sean novedosas e impactantes y que permitan fortalecer las bases conceptuales, así como la capacidad de análisis y crítica. Adicionalmente, en el caso específico de los estudiantes de grado XI de la Institución Educativa Distrital Luis Carlos Galán Sarmiento, a pesar de tener un buen desempeño académico general, muestran un alto grado de apatía frente al trabajo en ciencias y afirman no querer estudiar ninguna carrera afín con dicha ciencia, aún sin tener claro cuál es su campo de acción. Es esta apatía es la que debe ser enfrentada a través del uso de métodos no tradicionales, que se ajusten al contexto socio cultural de los estudiantes y que procuren consolidar un vínculo entre el estudiante y la clase de química.

La consolidación de conceptos químicos debe ir más allá de los procesos memorísticos, que son notoriamente mecánicos y en ocasiones sin sentido lógico, y procurar llegar a la etapa de análisis que es una actividad altamente influenciada por la construcción y el uso de modelos. Como afirma Justi: “la construcción de modelos es una actividad con mucho potencial para implicar a los alumnos en “hacer ciencia”, “pensar sobre ciencias” y “desarrollar pensamiento científico y crítico”” (2006). Alcanzar los logros mencionados por Justi haría que los resultados obtenidos en procesos evaluativos, a nivel institucional y externo, superen de manera significativa el promedio (donde se evidencia un déficit

conceptual importante), fortaleciendo herramientas conceptuales que procuren que una mayor cantidad de estudiantes supere los promedios en pruebas ICFES o acceda a instituciones de educación superior que aplican exámenes de admisión donde son evaluadas todas las áreas del conocimiento, por mencionar dos de los resultados más revisados en las instituciones educativas.

El presente trabajo propone el uso eficiente de una herramienta que permite integrar la creatividad del estudiante, su capacidad de análisis estructural y la labor del docente como orientador del proceso; además se reconoce la relación existente entre la estructura de un compuesto y las propiedades del mismo, y de manera paralela muestra la cercanía que tienen los compuestos orgánicos con la cotidianidad ya que muchos de ellos están relacionados con procesos que son conocidos por los estudiantes; todo lo anterior en procura de mostrar la química como ciencia comprensible, reproducible, confiable, presente en procesos cotidianos y de gran importancia en la evolución de cualquier sociedad; en otras palabras, donde se consolide la concepción de una ***Química como la ciencia central y para todos.***

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar una estrategia didáctica que fomente el desarrollo de habilidades cognitivas y espaciales, asociadas al análisis estructural de moléculas orgánicas y su relación con propiedades físicas como puntos de fusión y ebullición, polaridad y solubilidad.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Hacer una revisión bibliográfica que muestre la evolución del concepto **estructura molecular**
- Diseñar actividades sencillas que permitan evaluar la comprensión de la relación existente entre la estructura molecular y las propiedades físicas.
- Elaborar una cartilla didáctica donde se den orientaciones generales para la elaboración de modelos moleculares y el uso de los mismos, que permitan la explicación de propiedades físicas de los compuestos; teniendo en cuenta las dificultades y progresos que los estudiantes de grado XI (con quienes se está desarrollando el presente trabajo de grado) encuentren en el proceso de revisión y aplicación del material diseñado.
- Plantear una propuesta didáctica que se base en el uso de la cartilla elaborada en el presente trabajo como herramienta pedagógica y usando la modelización como estrategia de trabajo

## 1.6. ANTECEDENTES

El uso de modelos ha sido una estrategia empleada con frecuencia en el trabajo en ciencias; siendo tomados como cualquier situación o herramienta que permite representar un concepto determinado, de tal manera que se encuentra una gran variedad de ellos. Una posible clasificación podría ser la propuesta por Chamizo y García en su libro Modelos y Modelaje en la Enseñanza de la Ciencias Naturales (2010), que se resume a continuación.

- De acuerdo con la analogía, los modelos pueden ser mentales, materiales o matemáticos.
- De acuerdo con su contexto, pueden ser didácticos o científicos, dependiendo de la comunidad que los justifique y el uso que se les dé.

- La porción del mundo que se va a modelar puede ser un objeto, un fenómeno o un sistema integrantes del mismo.



Figura 1. Tipos de modelos

Tomado de Chamizo y García 2.010

Para el presente trabajo de investigación, son de especial interés los modelos materiales, didácticos o científicos, ya que permiten representar la estructura de los compuestos orgánicos y a partir de ella poder establecer relaciones con algunas propiedades como el punto de fusión, de ebullición, la polaridad y la solubilidad. Por esta razón en esta sección de antecedentes se hará énfasis en algunos trabajos realizados empleando este tipo de modelos.

### 1.6.1. Una visión global acerca del uso de modelos como herramienta didáctica

Para abordar el concepto de estructura, los profesores de química emplean distintas representaciones, que van desde fórmulas estructurales dibujadas en un tablero hasta el empleo de los modelos de barras y bolas de los que disponen en la institución.

Treagust, D.F, Gail D., C y Tapelo L., M. (2004) en su artículo *Students understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry*, muestran los resultados de un estudio que buscaba investigar la comprensión acerca de la naturaleza descriptiva y predictiva de los diferentes modelos usados, para representar compuestos en cursos introductorios de química orgánica y cuya hipótesis central fue que “el uso de múltiples modelos en química orgánica puede conducir a una mejor comprensión y aplicación de la teoría científica en torno a la cual giran esos modelos”. El trabajo fue diseñado para ser aplicado con estudiantes de grado 11 provenientes de una escuela mixta privada de Australia, donde los estudiantes durante 3 semanas recibieron formación sobre temáticas asociadas con estructura, nomenclatura y propiedades de hidrocarburos, valiéndose para ello del uso de cuatro tipos de modelos: fórmula estructural, modelos de bolas y barras, un programa de simulación en el ordenador y modelos de empaquetamiento, donde los modelos de bolas y barras fueron los primeros en ser empleados para luego pasar a las fórmulas estructurales y de allí a los otros dos. Los resultados mostraron, en los estudiantes, una buena comprensión acerca de la naturaleza descriptiva de los modelos escolares, sin embargo, a nivel predictivo los resultados fueron un poco más limitados. Como conclusión del estudio se sugiere que “los modelos que se emplean en la enseñanza de la química pueden jugar un papel esencial en la iniciación de los estudiantes en los modelos científicos”.

Por su parte Justi en su artículo *La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos* (2006), resalta no sólo la importancia del uso de modelos, sino la necesidad de los mismos para la construcción estructurada de conocimiento científico. La propuesta planteada postula que su uso requiera también la comprensión y construcción de los

mismos, de manera que el proceso sea un espacio donde los estudiantes “se vean inmersos en actividades planificadas que desarrollen también una forma de pensar que incluya por lo menos los elementos principales del modelo y que pueda ser utilizada en otras situaciones, relacionadas o no, con las ciencias”. El desarrollo de esta propuesta implica que haya continuidad en el proceso y no que se trate de acciones aisladas en donde no hay conexión alguna. Además, resalta el rol que juega el profesor, quien debe escoger el momento adecuado para iniciar el proceso, el modelo que se debe emplear así como el objetivo del mismo. El estudio fue realizado con estudiantes de educación media entre 15 y 17 años donde los principales resultados obtenidos fueron: a) una comprensión más amplia de los temas de química abordados, b) el desarrollo de una comprensión adecuada acerca de la naturaleza y uso de los modelos y de la importancia del proceso de elaboración de los mismos en la construcción de conocimiento científico y c) la vinculación efectiva de los estudiantes en cada una de las etapas del proceso. Cabe destacar que en este estudio no sólo se hizo uso de modelos materiales, sino también de mentales, didácticos y científicos.

En su libro *Modelos y Modelaje en la Enseñanza de las Ciencias Naturales (2010)*, Chamizo y García recopilan experiencias donde maestros de química elaboran unidades didácticas basadas en el uso de modelos como estrategia didáctica. Además reconocen el modelaje y la construcción de los modelos, como una herramienta clave en el proceso de comprensión de conceptos científicos, en este caso particular conceptos químicos. En las actividades se resalta el inicio de la actividad científica no con los hechos sino con las preguntas sobre los mismos donde éstas dependen de la persona que las formula, de su conocimiento e incluso del mismo deseo de llegar a la respuesta. Es así como la pregunta inicial y las diferentes vías para llegar a su respuesta se transforman poco a poco en un modelo mental, que se requiere representar y validar por medio de un modelo material el cual debería ser diseñado por el mismo sujeto, y son estos últimos los que se colocan a prueba con hechos reales para verificar su validez. Este proceso de construcción y verificación es posible desarrollarlo con una gran variedad de conceptos y procesos químicos lo que convertiría “la enseñanza de la química como una actividad de modelización de los fenómenos que permitiría recuperar el significado práctico y axiológico de los conceptos químicas, puesto que éstos sólo dicen cómo es el mundo a partir de lo que se puede hacer en él” (Izquierdo, 2004).

Sin embargo, y como es de esperarse, el uso de modelos no es una herramienta 100% eficaz, su aplicación en el aula puede traer consigo algunas dificultades tal como lo plantean Guevara y Valdez en su artículo *Los modelos en la enseñanza de la química: algunas dificultades asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje* (2004). Aquí destacan como propósitos de un modelo en química el interpretar fenómenos químicos, así como permitir la predicción del comportamiento de sistemas químicos bajo condiciones específicas, de manera que se puedan establecer relaciones bien definidas entre los datos experimentales y los cálculos teóricos. Según los autores, las debilidades en el uso de los modelos están asociadas con la mecanización en la elaboración de los mismos, donde se le resta poco a poco la posibilidad a los estudiantes de hacer explícitos aquellos que posee, de contrastar la validez de otros anteriores con los que construye y tampoco se da la posibilidad de predecir futuros hechos. Por otro lado, los estudiantes tienen la concepción errónea de que un modelo es una representación exacta de la realidad. Estos hechos evidencian el que los docentes enfatizan en las funciones explicativas y descriptivas, pero se deja de lado su uso para la predicción y elaboración de hipótesis, de manera que habilidades como el calcular, interpretar y analizar son poco trabajadas. Atendiendo a estas razones se sugiere que los profesores, como responsables directo del éxito en el uso de los modelos, fortalezcan constantemente su conocimiento, no sólo en el aspecto disciplinar, sino en lo que respecta al uso de diferentes herramientas que deben ser los primeros en manejar con propiedad y aprovechar al máximo el potencial que tienen; además, los docentes son los llamados a dirigir las discusiones que permitan a los estudiantes fortalecer sus habilidades de predicción y razonamiento de tal manera que “la enseñanza íntegra de la Química implique ofrecer opciones necesarias para que el educando gane capacitación tanto en el terreno experimental y computacional como en la teoría y la interpretación” (Guevara y Valdez, 2004).

### **1.6.2. Uso de modelos en las clases de ciencias del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento IED**

A pesar que el uso de modelos es una estrategia didáctica ampliamente usada en el área de ciencias, la documentación al respecto es deficiente. Por tal razón, para este trabajo se realizó una entrevista a los docentes del área de ciencias de la institución educativa

distrital Luis Carlos Galán Sarmiento, cuyo formato general se encuentra en el ANEXO C y que versó sobre el uso de los modelos como herramienta de trabajo en el aula, la pertinencia de los mismos y la necesidad de vincularlos de manera constante en el desarrollo de las clases en lugar de hacerlo de manera aislada. Para tener una visión un poco más amplia, se cuestionó a un docente del área de matemáticas. Aunque el número de entrevistados no es representativo, sí se habla de la visión de los docentes frente al objeto de estudio, sus apreciaciones son muy pertinentes a nivel institucional como primer punto de aplicación de la propuesta diseñada para el presente trabajo final.

Los docentes entrevistados llevan ejerciendo su labor por lo menos 11 años, hecho que les da una visión clara acerca de la percepción de los estudiantes frente al trabajo en el aula. Además al haber trabajado en todos los niveles de grado VI a XI, pueden dar una visión acertada frente a la manera cómo se transforma la disposición hacia el trabajo en ciencias (naturales o exactas) a lo largo de la vida escolar. El hecho de que los entrevistados hacen parte de la institución hace más de tres años y todos, en algún momento han orientado clases con los estudiantes del grado XI del 2012 y los que estarán en el mismo grado en el 2013, da una visión más clara de los estudiantes con quienes se desea implementar la propuesta.

Los entrevistados destacan el hecho de que en los niveles iniciales de formación, y por el mismo carácter exploratorio de la misma, los estudiantes muestran mucho interés, pero éste se va perdiendo poco a poco, a tal punto que áreas con un alto contenido teórico (como es el caso de matemáticas o ciencias) dejan de ser interesantes. Los estudiantes disfrutaban de las prácticas de laboratorio o de actividades donde haya menor carga teórica y se vean inmersos en el desarrollo de actividades prácticas (pero este hecho no garantiza la comprensión de los conceptos, aunque no la excluye).

Además resaltan que han empleado, en diferentes momentos, modelos para complementar o reforzar conceptos trabajados en clase, incluso no sólo han hecho uso de los materiales que se encuentran en las instituciones, sino que han motivado a sus estudiantes a crear modelos propios. Tomando como referencia las respuestas dadas, el concepto “modelo” se está limitando al modelo material; pero no se toman en cuenta los modelos mentales que muy seguramente se abordan en momentos especiales de las clases. La visión del docente de matemáticas muestra que no hay mayor diferencia en la disposición

hacia las clases de matemáticas o de ciencias, incluso este hecho a nivel institucional se evidencia en los resultados de la caracterización de los estudiantes donde mencionan que son las áreas de ciencias y matemáticas las que mayores dificultades a nivel conceptual presentan.

Por su parte las docentes de ciencias en diferentes momentos han usado la caja de modelos que hay en el laboratorio y que se muestra en la Figura 2; aunque la manera como se ha manejado por parte de las docentes es un poco diferente, ya que las docentes de biología los han empleado para elaborar modelos de átomos, mientras en el caso de la docente de química lo empleó para elaborar modelos de compuestos orgánicos. De ahí, la diferencia frente a la percepción de la utilidad del material. Una de las docentes entrevistadas destacó la importancia de haber recibido capacitación por parte del docente que elaboró la caja de modelos, de tal manera que el uso que le da es mucho más amplio; este hecho evidencia la necesidad de recibir de manera oportuna este tipo de capacitaciones cuando se va a hacer uso de un material.



Figura 2. Caja de modelos más usada en las clases de ciencias del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento

A pesar de las grandes diferencias en cuanto al uso que se le da a una caja de materiales, e incluso la manera como se aborda la construcción de modelos propios en cada una de las clases, para los docentes entrevistados es claro que el uso de este tipo de herramientas didácticas es de gran utilidad para comprensión, aprehensión y aplicación de

conceptos específicos. La vinculación a proyectos de aula, el uso constante de los modelos, la disponibilidad de los materiales, e incluso la elaboración de modelos propios de manera frecuente haría del uso de este tipo de herramientas, estrategias altamente productivas a nivel conceptual debido a que disminuirían el grado de abstracción e incrementarían el de comprensión e interés hacia los conocimientos científicos.

Las visiones expuestas, tanto en este apartado como en el anterior, son las que sirven como punto de partida para diseñar una estrategia que busque vincular a los estudiantes en el proceso de construcción de conocimiento científico, valiéndose para ello de la creación, la construcción y el uso de modelos moleculares.

## **2. Capítulo 2. Revisión Conceptual**

Al hablar de modelos moleculares se está trabajando sobre representaciones que se hacen para explicar la estructura de los compuestos, resaltando no sólo lo referente a la geometría misma de las moléculas, sino también la relación que tiene con algunas propiedades físicas y químicas de las sustancias, es por esta razón que en el presente capítulo se hará una breve revisión de la evolución del concepto y luego se revisarán otros asociados.

### **2.1. Evolución del concepto estructura molecular**

Desde la consolidación de la química como ciencia, se hace especial énfasis en la constitución de los compuestos, empleando para ello diferentes teorías que permitan dar explicación a fenómenos observados experimentalmente, que evolucionan en la medida que las técnicas se van perfeccionando y arrojan información más detallada de los compuestos químicos.

Este camino hacia la construcción de una teoría respecto a la estructura de los compuestos orgánicos se inicia en 1780, cuando se hace una primera diferenciación entre dichos compuestos de los inorgánicos; siendo reconocidos como compuestos orgánicos aquellos que pueden ser obtenidos de organismos vivos, e inorgánicos aquellos que provienen de fuentes no vivas. Sin embargo, es en 1784 cuando Antoine Lavoisier identifica al carbono, hidrógeno y oxígeno como los elementos orgánicos por excelencia, hecho que

fomenta el estudio de la estructura de los compuestos de manera que se vislumbran las explicaciones al respecto a través de teorías estructuradas. (Asimov, 1975)

En esta sección se muestran las principales teorías que se han construido alrededor de **Estructura Molecular** (que se busca consolidar con la aplicación de la propuesta didáctica presentada en el capítulo 4 del presente documento), con el fin de tener el soporte conceptual necesario para formular una propuesta didáctica estructurada, enfocada hacia la comprensión y consolidación del concepto.

### 2.1.1. Teoría Dualista de Berzelius

Una de las primeras teorías para explicar la estructura de los compuestos químicos, en especial en lo que hace referencia a los orgánicos, fue propuesta por J.J. Berzelius quien defendió que los radicales (componentes de las moléculas orgánicas constituidos por carbono, hidrógeno y algunas veces nitrógeno que se mantenían unidos por medio de fuerzas electrostáticas) podían ser las unidades a partir de las cuales se construyeron las moléculas orgánicas, de la misma manera como las moléculas inorgánicas estaban conformadas por átomos; suponiendo así que los compuestos están formados por una parte positiva y una negativa (Román Polo, 2011). Es así que la fuerza que mantiene unida a las moléculas estaba directamente relacionada con la naturaleza eléctrica de sus constituyentes.

La explicación de Berzelius se ajustaba perfectamente a moléculas inorgánicas como el NaCl, ya que la interacción entre la carga positiva y la carga negativa finalmente concordaba con los hechos. Sin embargo, tuvo que insistir en que los radicales orgánicos estaban formados exclusivamente por átomos de Carbono e Hidrógeno, desconociendo de plano el descubrimiento de Lavoisier, ya que la presencia del Oxígeno desvirtuaba su teoría al tener un comportamiento eléctrico similar al Carbono.

### 2.1.2. Teoría de los Tipos

Fue Auguste Laurent quien se atrevió a cuestionar los postulados de Berzelius, al lograr sustituir átomos de hidrógeno presentes en el alcohol etílico por otros de cloro, logrando reemplazar átomos marcadamente positivos por otros con carga negativa, hecho que contradice de la manera contundente la teoría dualista de Berzelius.

Laurent, a pesar de la fuerte oposición de Berzelius se mantuvo firme en sus ideas y continuo acumulando pruebas en el sentido que los radicales no eran tan estables e indestructibles, como Berzelius creía, y de que no se debía sobreestimar la cuestión de lo positivo y lo negativo. (Asimov, 1975).

Tras la muerte de Berzelius en 1848, y teniendo un gran soporte experimental, las ideas de Laurent empezaron a tomar fuerza. Para él los hidrocarburos eran “radicales fundamentales de los que se podían obtener radicales derivados por medio de reacciones de sustitución” [(s.f) consultado el 15 de Septiembre de 2012 en <http://www.fq.uh.cu/hq/s19/s19qa.htm>]; este hecho permitía encontrar diferentes grupos o familias de compuestos que más adelante fueron denominado **tipos**, donde cada tipo tenía un núcleo y unos radicales semejantes, que podrían sustituirse de manera que se daba origen a muchas posibilidades. De igual manera, se encontraron varias semejanzas entre algunas de estas familias con compuestos claramente inorgánicos como el agua y el amoniaco [los alcoholes y las aminas respectivamente]. (Román Polo, 2.011)

### 2.1.3. Teoría de Valencia y Teoría Estructural

A pesar de su popularidad y gran aprobación, la teoría de los tipos aún no estaba completa ya que no daba una explicación real acerca de la organización de los átomos dentro de los radicales, es decir, aún no daba una visión completa acerca de la estructura real de las moléculas orgánicas.

Tras observar que átomos como el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno se combinaban con diferentes elementos, pero siempre formando una misma cantidad de enlaces, varios científicos empezaron a escribir fórmulas en las que se manejaban cantidades específicas de enlaces; por ejemplo el oxígeno formando siempre 2 enlaces y el nitrógeno 3.

Fue hacia 1856 cuando Edward Frankland (1825-99) propuso que cada átomo tenía un poder de combinación fijo, característica a la cual denominó **Valencia**, y las explicaciones alrededor de cómo los átomos, teniendo en cuenta su valencia, se combinan para dar origen a compuestos químicos ya sean orgánicos o inorgánicos se conoce como **Teoría de valencia**. (Asimov, 1975)

La aplicación de la noción de valencia a la estructura de moléculas orgánicas fue ampliamente desarrollada por Kekulé, quien sugiere que el carbono es tetravalente, es decir que tiene 4 valencias o que está en posibilidad de formar cuatro enlaces. Incluso estipuló que podrían originarse enlaces sencillos, dobles o triples entre carbonos. De igual manera, explicó que podrían darse origen a grandes moléculas ya fueran lineales o ramificadas. Todas estas afirmaciones dejarían ver que las moléculas orgánicas superan ampliamente en cantidad, y en algunas ocasiones en tamaño y complejidad, a las moléculas inorgánicas. [(s.f) consultado el 23 de Septiembre de 2012 en [https://www.5.uva.es/guia\\_docente/uploads/2012/472/45944/1/Documento.pdf](https://www.5.uva.es/guia_docente/uploads/2012/472/45944/1/Documento.pdf)]

Hacia 1860 el químico escocés Archibald Scott Couper (1831- 1892) propone realizar la representación gráfica del concepto valencia de Kekulé sugiriendo que los enlaces entre átomos sean representados por líneas o pequeños trazos, sugerencia que fue aceptada casi de inmediato.

A partir del análisis de fórmulas estructurales, tal como las plantea Couper, se empieza a descubrir que existen moléculas con la misma cantidad de átomos que la constituyen, pero que difieren en la forma como se combinan dichos elementos y fue Alexander Mijailovich Butlerov (1820- 18886) quien en 1860 señala la manera cómo mediante el uso de las fórmulas estructurales se puede explicar la existencia de isómeros, moléculas con los mismos átomos constituyentes pero que se encuentran organizados de maneras diferentes lo que trae consigo una diferencia notable en cuanto a sus propiedades físicas y químicas. Al reunir los aportes de Kekulé, Couper y Butlerov se sientan las bases de una de las teorías más importantes de la química orgánica: **La teoría estructural**, que durante la última parte del siglo XIX se aplicó sistemáticamente a todos los compuestos orgánicos conocidos. (Tobares, 2003)

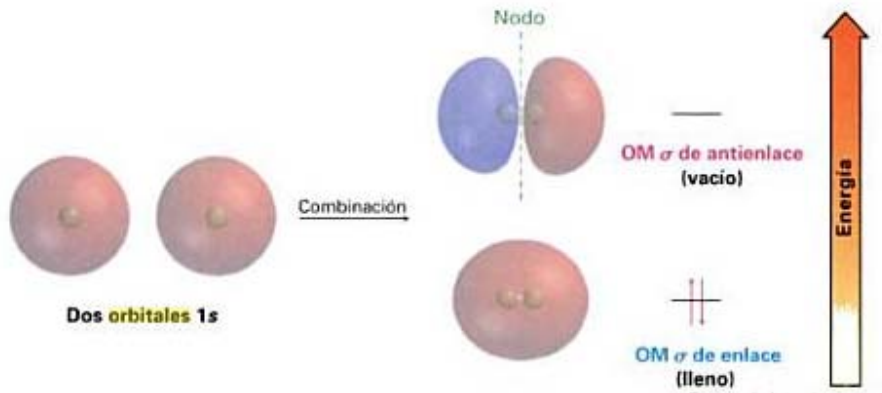
En 1865 Kekulé impulsó otro gran avance cuando sugirió que las cadenas de carbono se pueden plegar sobre sí mismas para formar anillos de átomos.

Un nuevo avance en cuanto a la comprensión de la estructura de las moléculas orgánicas lo da en 1874 Jacobus van't Hoff y Joseph Le Bel quienes introdujeron una tercera dimensión a la estructura al afirmar que los enlaces del carbono no están orientados al azar, sino que tienen direcciones espaciales específicas. Incluso van't Hoff propuso que los cuatro átomos a los que va unido un carbono se ubican en los vértices de un tetraedro regular, con el carbono en el centro. (McMurry, 2008)

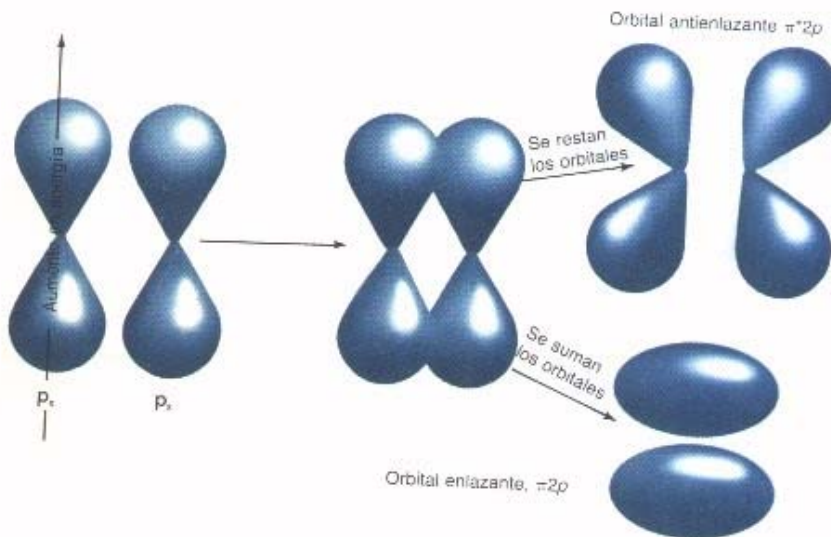
### 2.1.4. Teoría Del Orbital Molecular

Antes de hablar de esta teoría es necesario comprender el concepto **Orbital Molecular**, formulado por Erwin Schrödinger, que hace referencia a la ecuación de onda que describe el comportamiento ondulatorio de un electrón dentro de una molécula y permite determinar la región en el espacio donde es más probable encontrarlo. Es así como un orbital molecular es el resultado de la combinación lineal de orbitales atómicos, de tal manera que los electrones dejan de ser de átomos individuales para hacer parte de un conjunto de ellos denominado molécula donde es imposible observar cada elemento como una entidad independiente. (Mc Murry, 2008)

Al combinar orbitales atómicos para dar origen a orbitales moleculares, se puede dar origen a dos tipos de ellos; por un lado, la combinación aditiva da origen a un orbital que es menor en energía y es el lugar donde se alojan los electrones implicados en el enlace, este orbital se denomina **orbital  $\sigma$  de enlace**; cuando la combinación es sustractiva da origen a un orbital con mayor energía que se encuentra vacío, tal orbital es denominado **orbital molecular  $\sigma$  de antienlace**, tal como se muestra en las Figuras 3 y 4, donde se muestra el proceso de combinación de orbitales s y p respectivamente.

Figura 3. Orbitales moleculares  $\sigma$  del  $H_2$ .

Tomado de Mc Murry, 2002

Figura 4. Formación de orbitales moleculares  $\pi$ Tomado de: [www.quimicaubbalexs.blogspot.com](http://www.quimicaubbalexs.blogspot.com)

Es de esta manera como la *Teoría de Orbital Molecular* “considera la molécula como un conjunto de átomos cuyos núcleos ocupan posiciones en equilibrio y que se encuentran unidos entre sí mediante orbitales moleculares” (Valenzuela Calahorro, 1995)

Existen dos tipos importantes de orbitales moleculares, los sigma [ $\sigma$ ] y los pi [ $\pi$ ]. En el primer caso, se forma por el traslape cabeza con cabeza de orbitales atómicos en una

posición (s – s, como en el caso del H<sub>2</sub>, o s – p como en el caso del HCl). El segundo tipo de orbital molecular, el orbital  $\pi$ , se forma cuando se traslapan orbitales p paralelos, cada uno con un electrón, en dos átomos contiguos. (Bayley Jr y Bailey, 1995).

Esta teoría es, junto a la teoría VSEPR que se mencionará en el siguiente apartado, una de las más sólidas, ya que explica no sólo la distribución espacial que tienen las moléculas (su geometría molecular), sino que además permite explicar las propiedades eléctricas de las mismas, así como la presencia de enlaces deslocalizados.

### **2.1.5. Teoría de Repulsión de Pares Electrónicos de la Capa de Valencia (VSEPR, por sus siglas en inglés)**

La Teoría de Repulsión de Pares Electrónicos de la Capa de Valencia explica la distribución geométrica de los átomos de una molécula debido a la repulsión de los pares electrónicos, de tal manera que dichos pares (y en consecuencia los enlaces que forman) se encuentren ubicados alrededor de un átomo central y tomen las posiciones más lejanas geométricamente posibles, de tal manera que es posible predecir la forma de una molécula teniendo en cuenta los electrones de valencia (enlazados o no) en el átomo central. (Koltz, Treichel y Weaver, 2005)

En la siguiente figura se resumen las formas que, según esta teoría, adoptarían las moléculas teniendo en cuenta los electrones de valencia del átomo central.

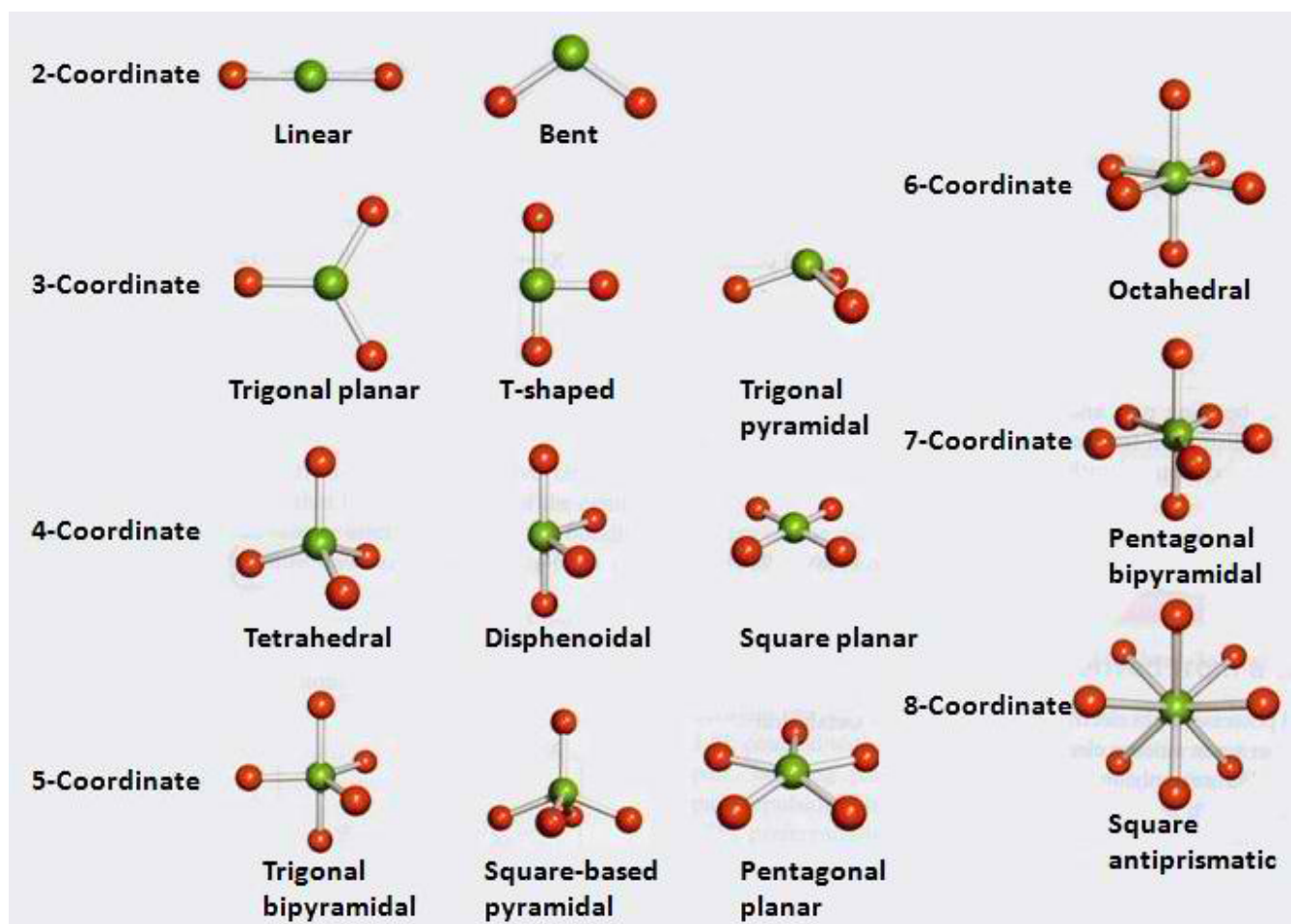


Figura 5. Formas moleculares según teoría VSEPR

Tomado de: <http://www.moleculamodelscompany.com/Products/VSEPR/VSEPRtheorychart.aspx>

La verdadera importancia de la geometría molecular radica en reconocer la incidencia que tiene la misma en propiedades físicas y químicas de los compuestos, entre ellas la polaridad, la solubilidad, el punto de fusión y el de ebullición, la reactividad química y las funciones biológicas, para esto la teoría VSEPR es una valiosa herramienta, sin embargo, es solamente una buena aproximación que requiere un manejo previo de estructuras de Lewis de tal manera que, para aquellos compuestos donde dichas estructuras no estén claramente definidas no es aplicable.

## 2.2. Conceptos asociados a estructura molecular

En el apartado anterior se vio la necesidad de revisar el concepto de estructura de Lewis, ya que dichas estructuras, al representar los electrones involucrados en los enlaces presentes en cada molécula, dan una primera aproximación a la geometría molecular, que luego será complementada con los lineamientos dados en la teoría VSEPR. Además, es importante revisar conceptos asociados con la distribución espacial de los átomos en una molécula como son la hibridación, la quiralidad y la isomería. La suma de estos factores, como ya se mencionó anteriormente, tienen incidencia en las propiedades de los compuestos y ya que el interés del presente trabajo se centra en propiedades físicas, también se hará una revisión de las más trabajadas en la cartilla de apoyo: puntos de fusión y ebullición, polaridad y solubilidad, centrandó el interés en los compuestos orgánicos que se trabajarán con la aplicación de la cartilla de apoyo que se presenta en el Anexo D.

### 2.2.1. Estructuras de Lewis

Las estructuras de Lewis son representaciones que permiten visualizar la distribución más probable de los electrones de valencia en un átomo o molécula determinada. Este modelo fue propuesto por Gilbert Newton Lewis en 1916, quien enfatiza en su teoría la obtención de configuraciones de gas noble por parte de los átomos en moléculas covalentes (Mortimer, 1983). Por esta razón alrededor de cada símbolo se representan, por medio de puntos, los electrones de valencia de cada átomo; los electrones que se encuentran en las capas internas ya han alcanzado la configuración de gas noble, lo que los hace extremadamente estables.

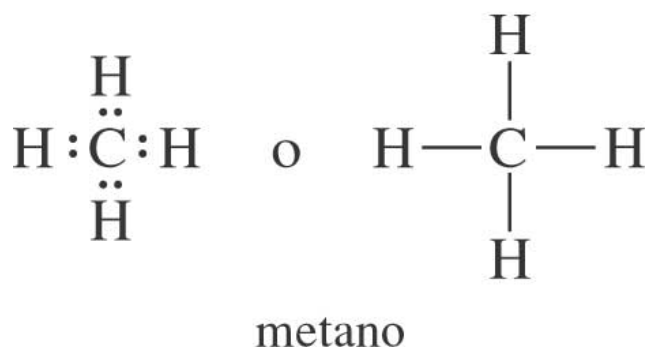


Figura 6. Estructura de Lewis (izquierda) y desarrollada (derecha) de la molécula de metano

Tomado de: [www.organica1.org](http://www.organica1.org)

En la parte izquierda de la figura 6 se muestra la estructura de Lewis para la molécula de metano, en ella los puntos que se encuentran rodeando al átomo de carbono corresponden a los electrones de valencia implicados en los enlaces covalentes que se forman que, como lo indica la fórmula desarrollada de la parte derecha, son todos enlaces sencillos. Cuatro de los electrones corresponden al átomo de carbono, mientras que los otros cuatro representan a los electrones de valencia de los átomos de hidrógeno (1 para cada átomo), por esa razón los átomos de hidrógeno se encuentran rodeando al de carbono. Aplicando los lineamientos dados en la teoría VSEPR la geometría de esta molécula sería tetragonal, tal como se muestra en la Figura 7.

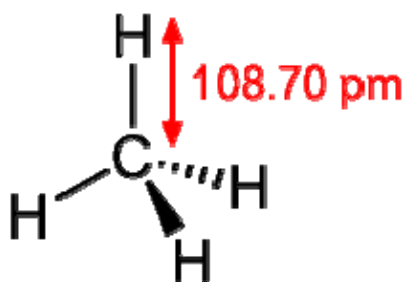


Figura 7. Fórmula estructural del metano

Tomado de: [www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org)

El número de enlaces que forma un átomo determinado depende de los electrones necesarios para llegar a la configuración de gas noble; es así como el hidrógeno forma un

enlace ya que el gas noble más cercano (el helio) tiene dos electrones de valencia, por su parte el átomo de carbono, con cuatro electrones de valencia requiere 4 electrones más para llegar a la configuración de gas noble, de manera que forma 4 enlaces, en el caso del metano todos de ellos sencillos, aunque en otros compuestos puede formar enlaces dobles o triples.

Por otro lado, existen átomos como el nitrógeno y el oxígeno que poseen electrones no enlazados; en este caso en las estructuras de Lewis se representan con pares de puntos tal como se muestra en la figura 8.

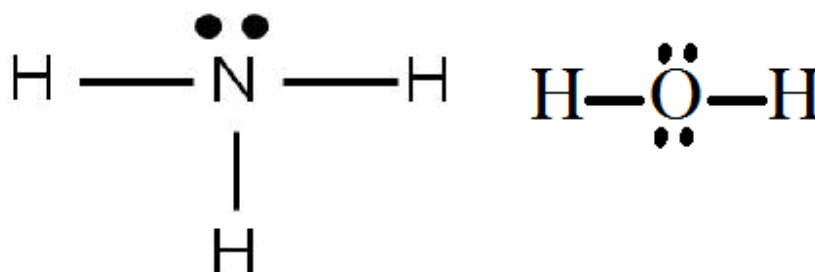


Figura 8. Estructuras de Lewis para el amoníaco (izquierda) y el agua (derecha)

### 2.2.2. Hibridación del carbono, nitrógeno y oxígeno

Hibridación es un “concepto utilizado en la teoría de enlace de valencia, en el cual las funciones de onda de orbitales atómicos pertinentes a un átomo, se combinan matemáticamente para producir las funciones de onda de un conjunto de orbitales híbridos equivalentes” (Mortimer, 1983). Dependiendo de los orbitales atómicos que se vean vinculados en dicha combinación se da origen a diferentes tipos de hibridación; en el caso de los compuestos orgánicos las hibridaciones  $sp$ ,  $sp^2$  y  $sp^3$ , donde se combina un orbital  $s$  con uno, dos o tres orbitales  $p$  respectivamente, son las más relevantes.

La introducción del concepto hibridación, permite explicar de manera muy acertada la estructura de diferentes compuestos, tal como ha sido pronosticada por la teoría VSEPR y ratificada con mediciones experimentales. Sin embargo, pese a lo que suele pensar-

se, el proceso de hibridación no es exclusivo del átomo de carbono. El nitrógeno, el azufre, el oxígeno y el fósforo también forman orbitales híbridos.

En el caso del carbono y el nitrógeno se pueden presentar hibridaciones  $sp$ ,  $sp^2$  y  $sp^3$ , la diferencia radica en que en este último uno de los orbitales está ocupado por el par de electrones no enlazados, por tal razón puede formar tres enlaces y no cuatro como sucede en el carbono. Por su parte, el oxígeno al tener 2 pares de electrones no enlazados presenta hibridaciones  $sp^3$  y  $sp^2$  de tal manera que solamente puede formar dos enlaces, que pueden ser con átomos diferentes o con el mismo átomo, como hidrógenos en el caso del agua o carbono en el grupo carbonilo.

Cuando un átomo presenta hibridación  $sp^3$  los electrones se distribuyen en el espacio de forma tetragonal dando origen a compuestos como el metano (Figura 7); en este caso todos los orbitales  $p$  intervienen en la hibridación de tal manera que los átomos con este tipo de hibridación dan origen a cuatro orbitales híbridos donde se alojan electrones que están en la capacidad de formar nuevos enlaces. En el caso del átomo de nitrógeno uno de dichos orbitales aloja al par de electrones no enlazado y en el caso del oxígeno dos orbitales  $sp^3$  están alojando a los dos pares de electrones no enlazados que posee. Una representación de la unión de dos átomos de carbono con hibridación  $sp^3$  es la que se encuentra en la Figura 9.

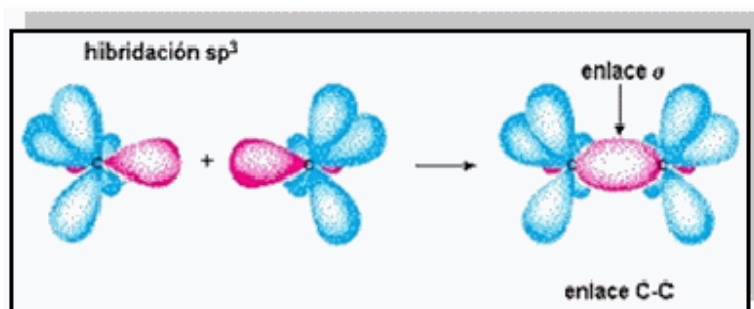


Figura 9. Unión de dos orbitales  $sp^3$  para dar origen a un enlace sencillo C – C

Tomado de: <http://www.monografias.com>

Por su parte, en la hibridación  $sp^2$  uno de los orbitales  $p$  del átomo no hace parte del proceso de tal manera que queda sin hibridar, pero contiene uno de los electrones del

átomo de tal manera que al ubicarse en la misma dirección que el orbital p no hibridizado de otro átomo  $sp^2$  se da origen a un enlace  $\pi$  formado gracias a la interacción entre los dos electrones. Es por esta razón que los átomos con hibridación  $sp^2$  forman enlaces dobles y la geometría de las moléculas a las que da origen es trigonal; esta situación se representa en la figura 10.

Por su estructura el Oxígeno tiene valencia 2, el Nitrógeno 3 y el Carbono 4, lo que indica que pueden formar 2, 3 y 4 enlaces respectivamente. Es por esta razón que un Oxígeno con hibridación  $sp^2$  forma un enlace doble con otro átomo (igual o diferente), el Nitrógeno con la misma hibridación forma un enlace doble y uno sencillo y el Carbono forma un enlace doble y dos enlaces sencillos, tal como se muestra en la Figura 10.

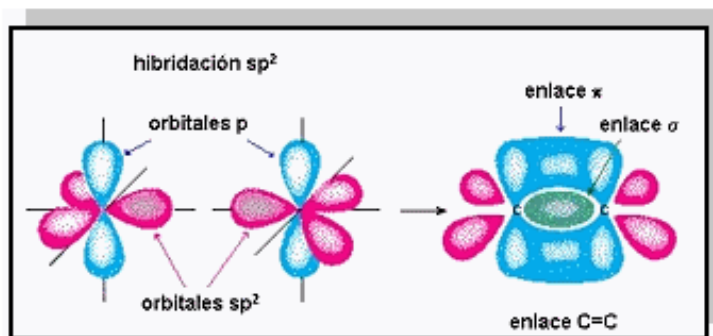


Figura 10. Combinación de orbitales  $sp^2$  para dar origen a un enlace C = C

Tomado de: <http://www.monografias.com>

Finalmente, en la formación de orbitales híbridos  $sp$  dos de los orbitales p no intervienen en el proceso de hibridación, así que allí se alojan electrones que al interaccionar con orbitales en similares condiciones de otro átomo dan origen a dos enlaces  $\pi$ , lo que produce moléculas con geometría digonal. En el átomo de oxígeno no se da este proceso; pero en los átomos de nitrógeno y carbono sí, de tal manera que en compuestos donde ellos tienen hibridación  $sp$  se presentan enlaces triples. La diferencia radica en que el átomo de carbono forma un enlace más con otro átomo ya que cuenta con un electrón sin aparear como se muestra en la Figura 11, mientras que en el nitrógeno no, debido a que el orbital  $sp$  está ocupado con el par de electrones no enlazados.

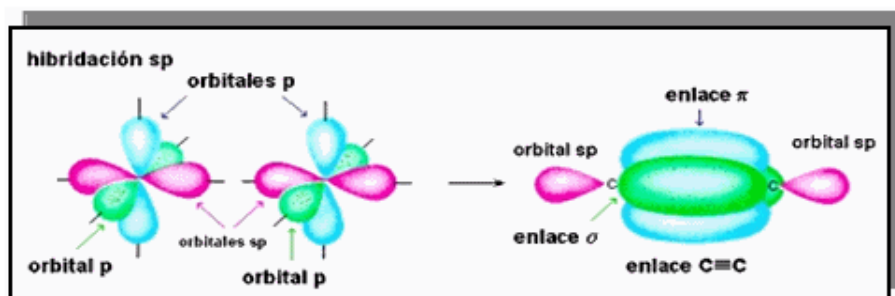


Figura 11. Combinación de orbitales  $sp$  para formar un enlace triple C -C

Tomado de: <http://www.monografias.com>

### 2.2.3. Isómeros

Los isómeros son grupos de compuestos químicos que tienen la misma fórmula molecular, pero difieren en su estructura, lo que trae consigo un cambio en sus propiedades tanto físicas como químicas.

Se puede dar origen a isómeros solamente cuando hay rompimiento y reorganización de los enlaces, de tal manera que es imposible que un isómero determinado se transforme en otro de manera espontánea.

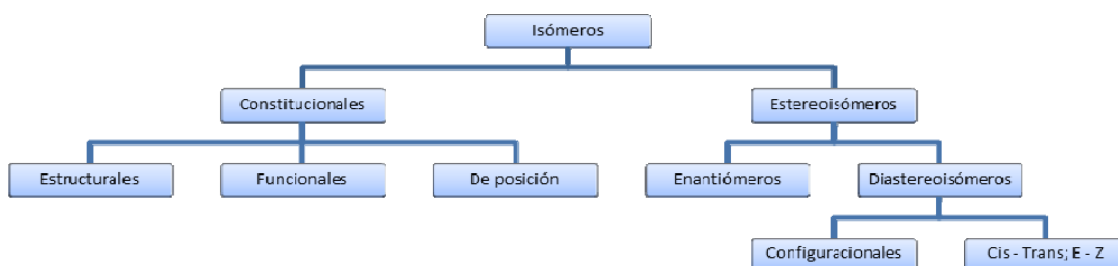


Figura 12. Clasificación de los Isómeros.

Como se muestra en la Figura 12 los isómeros se clasifican en dos grandes grupos: isómeros constitucionales, que se forman cuando los átomos se conectan de manera

diferente. Esta situación da origen a isómeros estructurales, donde los átomos de carbono se ubican en posiciones diferentes (por ejemplo el butano y el isobutano). Los isómeros funcionales, corresponden a isómeros que poseen diferentes grupos funcionales, (por ejemplo el propanol y el metil-etil-éter). Los isómeros de posición, por su parte, son aquellos donde lo que varía es la ubicación del grupo funcional (el n-propanol y el 2-propanol por ejemplo).

Los estereoisómeros son compuestos cuyos átomos se conectan en el mismo orden, pero con geometría diferente. Por esta razón también son llamados isómeros geométricos. Entre los estereoisómeros se encuentran los enantiómeros, que son isómeros no superponibles con su imagen especular, y los diastereoisómeros, que son isómeros no superponibles y sin imagen especular. En el primer caso, se observa que los enantiómeros, que se relacionan entre sí como la mano izquierda y la mano derecha, resultan cuando se une un carbono tetraédrico a 4 sustituyentes diferentes, con este tipo de compuestos se pueden obtener las configuraciones *R* y *S*, que indican el orden en el que se encuentran los sustituyentes que rodean al carbono quiral (carbono tetraédrico que se encuentra enlazado con 4 sustituyentes diferentes); en el segundo caso (diastereoisómeros) se da origen a las configuraciones *R* y *S* de más de un centro quiral, que se revisarán con mayor detalle en el siguiente apartado.

### 2.2.4. Quiralidad

Al hablar de quiralidad se está hablando de estructura en sistemas donde un átomo de carbono y en algunas ocasiones de fósforo o de azufre, es el centro de la molécula y el orden en que se encuentran los sustituyentes que lo rodean toma gran importancia. Una gran cantidad de fármacos y la mayor parte de moléculas que se encuentran en nuestro organismo son quirales, de tal manera que el estudio de esta característica descubierta en 1848, ha tenido grandes avances en los últimos 50 años.

Desde un punto de vista estructural, *la quiralidad de una molécula está asociada a la ausencia de simetría de reflexión* en la misma (Luis Lafuente, 1997); en otras palabras una molécula asimétrica o quiral es aquella que cuya estructura no es superponible con la de su imagen especular, debido a que no cuenta con ejes o planos de simetría, porque

alrededor del átomo central están ubicados cuatro sustituyentes distintos (en el caso del fósforo y el azufre los pares de electrones sin enlazar serían uno de dichos sustituyentes),

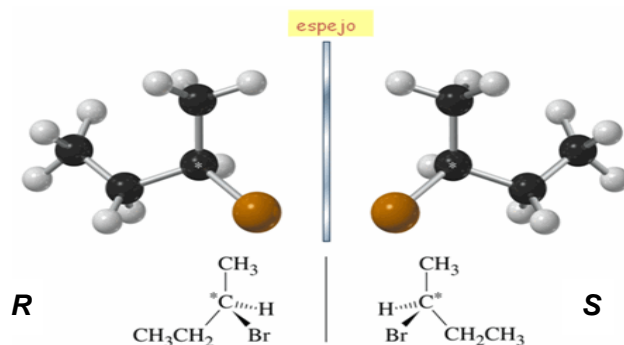


Figura 13. Ejemplo de quiralidad en el 2-bromobutano

Tomado de [www.ocwus.us.es](http://www.ocwus.us.es)

Como se muestra en la Figura 13, el 2-bromobutano tiene un átomo de carbono, el C-2, que está unido a 4 sustituyentes diferentes ( $\text{CH}_3$ , H, Br,  $\text{CH}_2\text{CH}_3$ ) y ningún otro átomo cumple con esta característica de tal manera que es este el **carbono quiral** o el **centro estereogénico** de la molécula, por esta razón en la fórmula estructural del compuesto el Carbono 2 se señala con un asterisco. Al tener un centro quiral la molécula da origen a 2 isómeros (denominados enantiómeros), a medida que aumenta la complejidad de una molécula pueden aparecer una mayor cantidad de centros estereogénicos y, en consecuencia de enantiómeros ( $2^n$ , siendo n el número de centros quirales). Los enantiómeros son isómeros que poseen propiedades físicas y químicas idénticas difiriendo exclusivamente en su actividad óptica, es decir en la capacidad que tiene para desviar un plano de luz polarizada que los atraviesa. (Mc Murry, 2002)

### ***Pasteur y el descubrimiento de los Enantiómeros***

Aunque Luis Pasteur es reconocido por sus trabajos en bacteriología; a los 26 años al estudiar las sales cristalinas del ácido tartárico que quedaban depositadas en el fondo de los barriles, hizo el descubrimiento de que se formaban dos tipos distintos de cristales que se relacionaban de la misma manera que la mano derecha e izquierda.

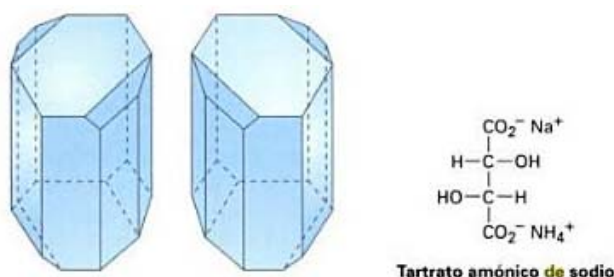


Figura 14. Diagramas de cristales de tartrato amónico de sodio

Tomado de Mc Murry, 2008

Pasteur explicó sus resultados al hablar de las moléculas mismas, diciendo, “No hay duda que [en el ácido *dextro tartárico*] existe un arreglo asimétrico que tiene una imagen que no se puede sobreponer. Esto no es menos cierto que los átomos del ácido *levo* tienen precisamente el arreglo asimétrico inverso” (Mc Murry, 2008). Como la mayor parte de descubrimientos, la afirmación no fue ratificada de inmediato por la comunidad científica, en especial porque la teoría estructural de Kekulé no se había propuesto, y fue 25 años después cuando se confirman las ideas del carbono asimétrico.

Pasteur encontró que de los cristales encontrados, el 50% correspondía a cristales *dextro* y el otro 50% a cristales *levo*, este tipo de mezclas se conoce como **mezcla racémica**, que es ópticamente inactiva (no hace girar la luz polarizada en un plano), ya que la mitad de los cristales hace girar la luz en un sentido y la otra mitad la hace girar con la misma inclinación, pero en el otro sentido. La importancia de reconocer estas estructuras es que las moléculas ópticamente activas reaccionan de una manera específica con otras moléculas ópticamente activas, de modo que uno de los isómeros se comporta de una manera y el segundo isómero lo hace de forma diferente.

***Estereoespecificidad y estereoselectividad, dos propiedades para tener en cuenta con los estereoisómeros***

Como ya se mencionó el comportamiento de dos enantiómeros, no es el mismo en algunas situaciones. Esto hace que el control de la estereoquímica de una reacción sea la más interesante parte de una síntesis orgánica en la que esté involucrada la producción

de dos o más enantiómeros. El control estereoquímico está asociado a su vez a dos fenómenos entre los cuales en ocasiones, no hay claridad acerca de sus diferencias: **estereoselectividad y estereoespecificidad**

Una reacción es **estereoselectiva** cuando uno de los estereoisómeros es producido en mayor proporción que los demás, la estereoselectividad puede ser parcial o total. En el segundo caso solamente es producido uno de los estereoisómeros. El siguiente es un ejemplo de reacción estereoselectiva:

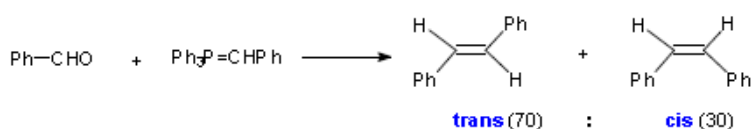
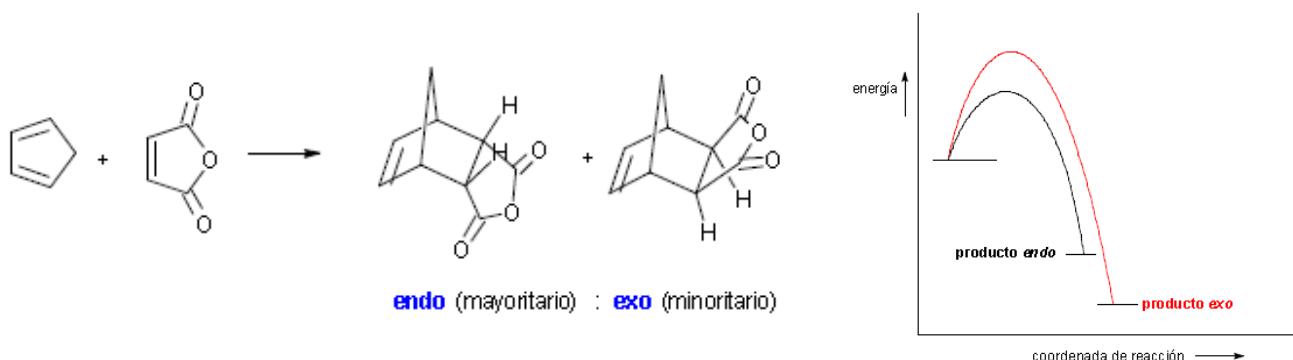


Figura 15. Reacción de olefinación de Wittig

Tomado de: [www.sinorg.uji.es](http://www.sinorg.uji.es)

La estereoselectividad de una reacción está asociada a la energía de los estados de transición de cada uno de los posibles productos obtenidos, siendo el que se obtiene en mayor proporción aquel que es energéticamente más favorable. En la Figura 15 se muestra un ejemplo de reacción de Diels Alder junto a los diagramas de perfiles de energía



para cada una de las productos obtenidos, lo que justifica la mayor producción del isómero endo (aquel donde el sustituyente está más cerca al puente más largo)

Figura 16. Reacción de Diels Alder entre el anhídrido maleico y el ciclopentadieno

Tomado de [www.sinorg.uji.es](http://www.sinorg.uji.es)

Por otra parte, el término estereo-específico es usado para aquellas reacciones donde la configuración de una sustancia inicial y la configuración del producto están íntimamente relacionadas, de tal manera que solamente hay la posibilidad de formar un único estereo-isómero, dado que un estereo-isómero del material inicial da un estereo-isómero del producto, y un estereo-isómero diferente en el material inicial da un estereo-isómero diferente en el producto. (Fleming, 2010).

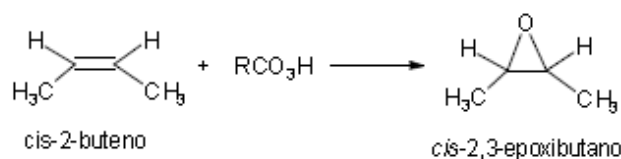


Figura 17. Ejemplo de reacción estereo-específica.

Tomado de [www.sinorg.uji.es](http://www.sinorg.uji.es)

## 2.2.5. Propiedades físicas de las sustancias

La estructura molecular de una sustancia determina las características físicas, químicas y ópticas que posee; estas características son denominadas propiedades de la materia y tienen una primera gran división en químicas o físicas. Las propiedades químicas son “aquellas en las que la materia cambia de composición por reacciones, es decir que la estructura sufre cambios; por su parte las propiedades físicas de la materia “pueden observarse sin que haya cambio alguno en su composición” (Whitten *et al*, 2008); a manera de ejemplo se pueden mencionar la densidad, la dureza, la solubilidad, el punto de fusión y el punto de ebullición, siendo estas tres últimas las de mayor interés para el presente trabajo.

Se denomina **punto de fusión** a la temperatura a la cual una sustancia cambia del estado sólido al estado líquido, y para los compuestos orgánicos, las temperaturas oscilan entre los 30°C y los 400°C. El **punto de ebullición** de una sustancia es la temperatura a la cual existe un equilibrio entre la presión de vapor de un líquido y la presión atmosférica a condiciones normales de P y T; en los compuestos orgánicos estas temperaturas están en un intervalo similar al de los puntos de fusión, pero algunos compuestos presentan descomposición parcial o total cuando se intenta destilarlos a una presión ordinaria (Mortimer, 1983).

**Tabla 1.** Puntos de fusión de algunos compuestos

Compuesto	Función química a la que pertenece	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)
propano	Alcano	-188	-42
Etileno	Alqueno	-169	-104
Acetileno	Alquino	-81	-57
alcohol isopropílico	Alcohol	-88	82
formaldehído	Aldehído	-92	-21
acetona	Cetona	-95	56
ácido acético	Ácido carboxílico	17	118
anilina	Amina	-7	184

Los puntos de fusión y ebullición de las sustancias están directamente relacionados con la estructura de las mismas ya que el grado de simetría, el tamaño de las moléculas y las fuerzas de atracción intermolecular condicionan la cantidad de energía necesaria para separar y conseguir el cambio de estado.

Por su parte la **solubilidad** de una sustancia está asociada a la cantidad de sustancia (solute) que es posible disolver en un medio determinado (solvente), es una propiedad influenciada directamente por la temperatura, ya que en la mayoría de los casos la cantidad de soluto que puede disolverse aumenta al incrementarse la temperatura. Por otro lado, está relacionada con la estructura química de las sustancias ya al preparar soluciones se rigen por la regla “**lo semejante disuelve lo semejante**”, haciendo referencia a la polaridad de tal manera que una sustancia polar disuelve a otra polar y una apolar a otra con características de polaridad similares.

Además de la temperatura, factores como la presión y la presencia de otras sustancias en el medio, tienen incidencia en la solubilidad de las sustancias; sin embargo, es de interés para el presente trabajo reconocer la relación existente entre la **polaridad** y la

solubilidad de las sustancias ya que la primera está asociada directamente con la estructura.

La **polaridad** es una característica propia de los compuestos con enlaces covalentes polares (como en los compuestos orgánicos), donde los átomos involucrados en los enlaces no comparten los electrones por igual, de tal manera que se forma un extremo del enlace relativamente negativo y el otro relativamente positivo, dando origen a polos de tipo electrostático. La molécula se convierte en polar cuando el centro de la carga negativa no coincide con el de la carga positiva y se genera un *dipolo*, de tal manera que la polaridad depende además de la dirección que tomen los mismos. (Morrison y Boyd, 1990), en el caso de la molécula de agua que está representada en la Figura 18 se evidencia la formación de una zona ligeramente positiva cerca del átomo de hidrógeno y una ligeramente negativa cerca de los orbitales ocupados por los electrones no enlazados. Las sustancias que experimentan este fenómeno son denominadas **polares** (como es el caso del agua), y aquellas que no son las **apolares**.

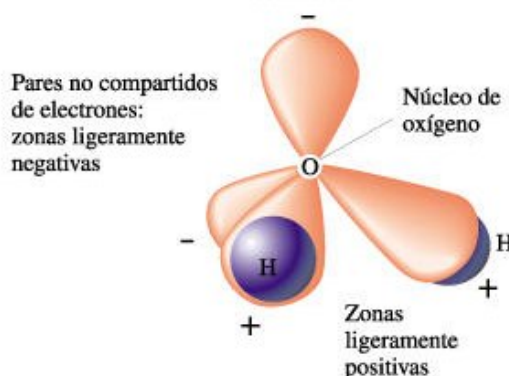


Figura 18. Estructura de la molécula de agua

Tomado de [www.fisicanet.com.ar](http://www.fisicanet.com.ar)



### **3. Capítulo 3. Metodología de desarrollo**

Para conseguir el objetivo principal del presente proyecto, el trabajo se divide en 4 etapas asociadas entre sí, que permiten formular una estrategia donde se involucre a los estudiantes en el proceso de construcción del concepto estructura molecular.

En primera instancia se buscaron las herramientas teóricas y didácticas necesarias para iniciar el trabajo con los modelos moleculares, de la misma manera se determinaron algunos de las necesidades propias de la población con la que se pretende abordar el trabajo diseñado, de modo que no sólo se centró el interés en el aspecto pedagógico y axiológico, sino también en el conceptual que, en última instancia, es el aspecto que se busca fortalecer. El resultado final de este proceso se encuentra en los capítulos 1 y 2.

Una vez revisados los aspectos conceptuales y didácticos se inicia la elaboración del material de apoyo, lo que implica no sólo definir cuáles son los materiales ideales para elaborar los modelos, sino el plasmar en un documento (cartilla de apoyo) orientaciones para su construcción y comprensión, este aspecto será revisado con más detenimiento en el apartado 3.1.

Después del diseño del material es necesario determinar su calidad, por lo que antes de presentar un producto final se debe generar espacios para la evaluación del mismo, las diferentes maneras en que se evaluó el material se resumen en el apartado 3.2.

Finalmente, una vez evaluado el material se procedió a elaborar la propuesta didáctica que se encuentra implícita en el mismo, buscando que dicho material se convierta en un apoyo en el proceso de consolidación del concepto estructura molecular. La propuesta didáctica que nace junto a la cartilla se resume en el capítulo 4.

### 3.1. Elaboración del material de apoyo

En la concepción inicial del trabajo se buscaba hacer uso de un set de modelos moleculares que se encuentran en el laboratorio del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento y en una parte importante de colegios de la Secretaría de Educación de Bogotá. En el laboratorio se encuentran a disposición dos tipos diferentes de cajas que se muestran en la Figura 19 y que presentan las dificultades enunciadas a continuación.



Figura 19. Cajas de modelos (a) y (b) disponibles en el laboratorio

En el caso de la caja (a), los ángulos señalados en las esferas son bastante imprecisos, no hay claridad respecto a las longitudes de los enlaces, no hay ningún material de apoyo; aunque hay gran cantidad de esferas la calidad de las mismas es deficiente. Por su parte en la caja (b), la más usada en la institución, la cantidad de esferas disponible no atiende las proporciones de los compuestos orgánicos, además las esferas más grandes tienen múltiples perforaciones lo que no representa de manera adecuada a ningún átomo. Aunque hay material complementario que permitiría adecuar las esferas, no es clara la forma como se debe manejar. Esta caja de modelos se diseñó para ser aplicada en gran variedad de temas como modelos atómicos, sistemas cristalinos, compuestos iónicos y compuestos orgánicos y posiblemente la búsqueda de versatilidad del material hizo que la aplicabilidad en temas específicos como estructura molecular se viera distorsionada.

Teniendo en cuenta que las cajas de modelos disponibles no permiten representar compuestos orgánicos de una manera fiel, se decide elaborar modelos personales, hecho que además potencia la capacidad de análisis, creatividad y habilidad de estudiantes y docentes para solucionar situaciones problema. En el caso específico del presente trabajo se propuso como material base las esferas de icopor y los palos de pincho, debido a que son materiales de fácil adquisición por parte de los estudiantes, cabe aclarar que para llegar a esta conclusión se hicieron ensayos con esferas de plastilina y de porcelanicon. En las dos situaciones anteriores, los modelos construidos eran difíciles de manejar y más aún de conservar o modificar. Cabe recordar que para el diseño de la presente propuesta se hicieron algunas pruebas piloto con los estudiantes del grado XI del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, en la siguiente imagen se muestran algunas de las cajas de modelos construidas por los estudiantes.



Figura 20. Cajas de modelos moleculares elaboradas por los estudiantes de grado XI del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento

Una vez se tuvo definida la manera más clara y sencilla de elaborar los modelos, se procedió a elaborar la cartilla, que desde un principio fue pensada como material de apoyo a la labor del docente en el aula. Se buscó que las temáticas abordadas en dicho material, cubrieran una parte importante de la programación de química para el grado XI de tal manera que la estrategia del uso de modelos dejara de ser esporádica e inconexa. La propuesta busca que el material diseñado en la primera guía sea empleado en todas las demás, de manera que el estudiante vea la conexión entre los temas y la necesidad de revisar conceptos anteriores para comprender los que está tratando; además fomenta la creatividad al permitirle a los estudiantes elaborar su caja de modelos cumpliendo con unos lineamiento básicos, pero dándole libertad de usar tamaños, colores y convenciones que él considere adecuado; la misma cartilla busca además fomentar espacios de discusión y análisis de las estructuras creadas buscando ir más allá de la acción mecánica, para fomentar la capacidad analítica de los estudiantes.

Para cumplir las expectativas anteriormente enunciadas se diseña una cartilla con 9 guías temáticas y 5 lecturas complementarias, éstas últimas relacionadas con aplicaciones de los compuestos orgánicos en la vida cotidiana de tal manera que con ellas se muestre a los estudiantes que todo lo que están manejando en la clase de química está asociado con situaciones reales.

La estructura de la cada guía busca cumplir objetivo específico y se encuentra dividida en tres secciones. La primera parte de cada guía corresponde a una referencia teórica, donde se resumen los aspectos principales que debieron ser abordados por parte del docente en una clase inicial; este espacio es complementado con cuadros y/o gráficos que enriquecen la información dada y que son necesarios para la construcción y comprensión de los modelos que serán elaborados y las preguntas de análisis y reflexión que se encuentran en las secciones siguientes.

La segunda sección de las guías corresponde a la actividad, que en todos los casos está asociada a la construcción de diferentes modelos, en la primera guía los modelos elaborados son de los diferentes átomos que se usarían en los modelos de las guías posteriores. Las orientaciones para la construcción de dichos modelos son secuencias de fotografías, hecho que da mayor claridad a los estudiantes, además que les permite fortalecer procesos de análisis de imágenes. Las fotografías en cada caso corresponden a una

molécula específica, pero la guía sugiere que se construyan otras, de tal modo que los estudiantes deben entender las fotografías de ejemplo, tener claridad sobre nomenclatura de los compuestos orgánicos y convertir un nombre en una estructura tridimensional, que una vez construida se representará a través de una fórmula estructural. Todo este proceso implica un considerable nivel de análisis y el uso constante de conceptos previos lo que favorece la consolidación del concepto estructura.

Como cierre de cada actividad se propone una sección de discusión y análisis, donde se enfrenta al estudiante con preguntas que buscan que se reconozca la relación existente entre las estructuras modeladas con propiedades de los compuestos como la polaridad, la solubilidad y los puntos de fusión y ebullición; para ello se les proporciona algo de información, se les solicita que revisen datos dados en la sección de referencia teórica e incluso que consulten datos de moléculas cuya estructura fue modelada en la actividad, todo esto con el fin de llegar a inferencias que serán ratificadas o corregidas luego por el docente o los compañeros en espacios de discusión o socialización. Es esta actividad de cierre la que busca que el estudiante relacione conceptos, datos y estructuras para llegar a conclusiones acertadas acerca de la relación existente entre propiedades físicas de los compuestos y su estructura molecular.

## 3.2. Revisión del Material

Para llegar al producto final mostrado en el Anexo D, el material pasó por 4 espacios de revisión.

Una vez diseñada cada guía de trabajo se presentó al asesor del presente trabajo final quien hacía correcciones a nivel conceptual, de presentación del material y donde se hacía especial énfasis en la calidad y claridad de las preguntas a trabajar en los espacios de discusión y reflexión

Una vez revisados estos aspectos se presentó la guía a los estudiantes de grado XI que estuvieron apoyando el presente trabajo. Los estudiantes desarrollaron las actividades propuestas y diligenciaron un formato de evaluación como el que se muestra en la Figura 21, allí plasmaban su impresión frente a la presentación de la información, la utilidad

de la información adicional presentada en tablas o gráficas, la claridad de la actividad y de las preguntas de discusión y análisis; adicionalmente se dejaba un espacio para observaciones donde ellos colocaban sus apreciaciones adicionales.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS  
FORMATO DE EVALUACIÓN DEL MATERIAL DE LA CARTILLA  
Trabajo de Grado Sandra Patricia Santoyo Cortes

Actividad N. 1 Nombre evaluador: Camila Rodríguez Estudiante  Docente

Señale en la casilla correspondiente el grado de claridad, calidad y/o pertinencia que considera tiene el material evaluado, siendo 1 la valoración más baja y 5 la más alta. En la parte de comentarios haga referencia a aquellos aspectos que considere relevantes para que la construcción del material final sea un recurso de calidad. De antemano agradezco su colaboración.

Concepto	1	2	3	4	5
La información preliminar es un apoyo adecuado a las explicaciones que de o pueda dar el docente que orienta el trabajo					X
Las imágenes de encabezados están asociadas con el tema a tratar y sirven de apoyo			X		
La información complementaria en los cuadros y gráficos auxiliares					X
Las etapas del desarrollo de la actividad					X
Las actividades complementarias y de reflexión propuestas en el recuadro auxiliar				X	
La distribución de la información					X

*Espacio para sus observaciones* La primer imagen debia estar mejor ubicada ✓  
todas las imagenes debenan tener mejor calidad, la información del recuadro para complementar debena tener otro color de letra que llame más la atención ✓

Figura 21. Formato de evaluación diligenciado por estudiantes



Figura 22. Revisión del Material por parte de los estudiantes

De manera complementaria al trabajo realizado por los estudiantes, se usó el mismo formato de evaluación de la guía con los docentes del área de ciencias, quienes revisaron la pertinencia de las preguntas, así como la calidad y claridad de la información presentada

---

en la guía. Cabe destacar que una vez aplicados los espacios de revisión para cada guía se hacían las correcciones que se consideraron necesarias bajo la supervisión y acompañamiento del asesor del presente trabajo final y se llevaron al último filtro de evaluación.

El último filtro fue el diseño de la cartilla, para ello el material completo fue mostrado a una diseñadora gráfica quien hizo observaciones frente a la distribución de la información, la presentación de gráficas y tablas, el uso del color, el tipo y tamaño de la letra, entre otros factores que fueron tenidos en cuenta para la presentación final de la cartilla “Construyendo Modelos” presentada como material de apoyo.



## **4. Capítulo 4. Propuesta Didáctica: Uso de los modelos moleculares como herramienta didáctica.**

Según Morrison y Morgan (1999), los elementos que contribuyen a que los modelos sean mediadores entre la realidad y la teoría están relacionados con:

- El proceso de construcción de los modelos. Los modelos se construye a partir de una mezcla de elementos tanto de la realidad modelada con de la teoría, y también de otros elementos externos a ellos. Además la construcción de modelos siempre implica simplificaciones y aproximaciones que han de ser decididas independientemente de requisitos teóricos o de condiciones de los datos.
- La función de los modelos. Los modelos son instrumentos que adoptan formas distintas y tienen muchas funciones diferentes. Como instrumento son independientes de la “cosa” sobre la que operan; sin embargo, se relacionan con ella de alguna forma.
- El poder de representación de los modelos. Ello permite que los modelos funcionen no solamente como instrumento, sino que además enseñen sobre lo que representan. O sea, que funcionen como herramienta de investigación.
- El aprendizaje. El aprendizaje puede tener lugar en dos momentos del proceso: en la construcción y en la utilización del modelo. Cuando se construye un modelo, se crea un tipo de estructura representativa, se desarrolla una forma de pensar. Por otro lado, cuando se usa un modelo, se aprende sobre la situación representada por el mismo (Morrison y Morgan, 1999).

El propósito fundamental del presente proyecto es el de integrar el uso de modelos moleculares dentro de las actividades escolares de la clase de química para grado XI, como

una herramienta de apoyo en el proceso de construcción del concepto estructura molecular; y para ello es necesario que se cumplan cada una de las etapas mencionadas anteriormente, es por tal razón que en la propuesta didáctica diseñada, cada una de las actividades implica un proceso de creación de modelos, uno de representación del mismo a través de fórmulas estructurales, uno de interpretación del modelo en el que se relaciona la estructura representada con propiedades físicas o con información consignada en tablas o gráficos y, finalmente, uno de aprehensión conceptual fortalecido gracias a los espacios de discusión y análisis propuestos.

#### 4.1. Objetivo

Implementar el uso de la cartilla “Construyendo Modelos”, que se encuentra en el Anexo D del presente documento, como herramienta de apoyo en el desarrollo de las clases de química para el grado XI donde se pretenda abordar y comprender temáticas asociadas a la estructura de compuestos orgánicos.

#### 4.2. Estructura del trabajo propuesto en cada guía

Como se ha mencionado de manera reiterada el trabajo sugerido para cada guía se divide en tres espacios: uno de introducción al tema, uno de construcción y comprensión de modelos moleculares y uno de discusión y análisis. Los objetivos y responsables de cada espacio se resumen en la tabla presentada a continuación.

Tabla 2. Objetivos y responsables de las etapas de trabajo sugeridas en las guías

ETAPA	RESPONSABLE	OBJETIVO
Introducción Teórica	Docente	Socializar con los estudiantes información teórica relevante para la comprensión de las características a nivel estructural y de propiedades físicas de los compuestos orgánicos trabajados en cada guía.

		<p>Esta información se encuentra resumida en la primera parte de cada una de las guías.</p>
Construcción de modelos	Estudiante con el acompañamiento constante del docente	<p>Construir modelos moleculares de compuestos orgánicos tomando como referencia orientaciones dadas en secuencias fotográficas presentes en la sección <b>Actividad</b> de cada guía de trabajo.</p> <p>Reconocer características asociadas a la estructura de los modelos elaborados tales como longitudes y ángulos de enlace y la incidencia que ellas puedan tener en propiedades como puntos de fusión y ebullición, polaridad y solubilidad de los compuestos.</p> <p>Fortalecer la capacidad de representación basada en la elaboración de fórmulas estructurales (bidimensionales) que toman como referencia la estructura tridimensional de los modelos elaborados</p>
Discusión y análisis	Estudiantes con la intervención del docente como moderador	<p>Fomentar la capacidad de análisis de los estudiantes con la implementación de espacios de discusión donde se haga necesario reconocer las relaciones existentes entre las estructuras representadas a través de los modelos y las propiedades físicas de los compuestos a las que hacen referencia.</p> <p>Resaltar el hecho que hay una relación directa entre la estructura de los compuestos y propiedades físicas como puntos de fusión y ebullición, polaridad y solubilidad de las sustancias</p>

		y dar las orientaciones necesarias para que los estudiantes lleguen a la conclusión de cómo se relacionan dichas características y como ellas varían de un compuesto a otro.
Evaluación	Docente Estudiante	<p>Aunque en las guías diseñadas no están claramente diferenciados se pueden trabajar tres espacios de evaluación.</p> <p><b>Auto-evaluación</b>, asociada con el éxito que perciben los estudiantes frente a la construcción e interpretación de modelos personales y como esta habilidad va progresando a lo largo del tiempo.</p> <p><b>Co-evaluación</b>, donde el docente entabla discusiones con los estudiantes acerca de las fortalezas y debilidades que en conjunto ven del proceso, en búsqueda de mejorar los resultados a medida que pasa el tiempo.</p> <p><b>Hetero-evaluación</b>, donde el docente da una valoración cuantitativa del proceso desarrollado por los estudiantes.</p>

La propuesta está diseñada para ser aplicada a lo largo del año escolar, por esa razón se proponen 9 guías de trabajo que abarcan una parte importante de los contenidos que se trabajan en la clase de química de grado XI, de manera tal que el uso de modelos no sea una actividad aislada, sino una donde se evidencie la necesidad de manejar conceptos previos en la construcción de otros cada vez más complejos.

### 4.3. Tiempo de aplicación

La propuesta diseñada busca ser aplicada en su totalidad durante el 2013, en diferentes momentos del año escolar y atendiendo a los lineamientos dados por la programación temática, diseñada en el espacio que para tal fin se disponga en la institución; por tanto la propuesta dada en esta sección solamente dará fechas aproximadas, donde se tendrá en cuenta los conceptos previos necesarios para abordar el trabajo de cada guía de la cartilla como referente básico para la aplicación de la misma. La propuesta se resume en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 3. Propuesta para el momento de aplicación

TEMA	FECHA APROXIMADA DE APLICACIÓN	CONCEPTOS PREVIOS REQUERIDOS
1. Elementos químicos de interés en química orgánica	Primera semana de marzo	Hibridación
2. Hidrocarburos, una primera forma de ver compuestos orgánicos	Tercera semana de marzo	Clasificación y nomenclatura de hidrocarburos
3. ¿Cuáles son los denominados hidrocarburos insaturados?	Segunda semana de Abril	Nomenclatura de Alquenos y Alquinos
4. Isómeros, sustancias donde el orden es relevante	Tercera semana de abril	Nomenclatura de isómeros <i>cis-trans</i> y <i>E y Z</i>
5. Alcoholes como derivados orgánicos del agua	Tercera semana de mayo	Estructura y propiedades del agua Puentes de hidrógeno Nomenclatura de alcoholes
6. Éteres, otros com-	Cuarta semana de mayo	Características de los alco-

puestos familiares del agua		holes. Nomenclatura de éteres
7. Aldehídos, compuestos altamente difundidos en la naturaleza	Tercera semana de Julio	Características del grupo Carbonilo. Nomenclatura de aldehídos y cetonas Diferencia entre aldehídos y cetonas
8. Ácidos carboxílicos, punto de partida para la construcción de gran variedad de compuestos	Primera semana de Septiembre	Características del grupo carboxilo Nomenclatura de ácidos carboxílicos.
9. Aminas como derivados orgánicos del amoníaco.	Primera semana de Octubre.	Estructura y propiedades del amoníaco. Efecto de los electrones no enlazados sobre las propiedades del amoníaco. Nomenclatura de aminas

De manera adicional la cartilla propone 5 lecturas complementarias que podrían ser desarrolladas con los estudiantes, una vez cerradas temáticas específicas, de tal manera que sean una herramienta que permita evidenciar la aplicación de los compuestos en la vida cotidiana y de esta manera dar un sentido práctico al trabajo realizado, mostrando la importancia que tiene el manejar conceptos básicos de química para enfrentarse a un mundo rodeado por procesos químicos.

Es así como la *Lectura A titulada **Caucho Natural*** se sugiere para ser aplicada una vez finalizado el Tema 3 que maneja conceptos básicos a nivel de estructura de hidrocarburos insaturados; la ***Lectura B. Bioetanol***, el combustible biológico de las plantas para ser aplicado una vez se finalice el Tema 5 que precisamente aborda el tema de los alcoholes; la ***Lectura C Formaldehído y Polímeros sintéticos*** sería revisado tras realizar

las actividades sugeridas en el Tema 7 centrado sobre estructura y propiedades de aldehídos; la **Lectura 4 Vitamina C** sería un complemento adecuado una vez se haya trabajado el Tema 8 ácidos carboxílicos y, finalmente, la **Lectura complementaria 5. Anestésicos locales** se propone trabajar después de haber desarrollado las actividades propuestas en el Tema 9 que muestra características especiales de las aminas.

Aunque en la cartilla no se especifica ningún tipo de actividad alrededor de las lecturas, existen varias estrategias para abordar su estudio y discusión, que van más allá del simple ejercicio mecánico y propician espacios de discusión, son este tipo de estrategias las más adecuadas para continuar con los lineamientos propuestos en cada una de las actividades de la cartilla.

## 4.4. Evaluación

Todo proceso, y más aún uno formativo, requiere un espacio de evaluación donde se verifique la efectividad del mismo, cuáles son los factores que han incidido en ella y cómo podría potenciarse la calidad del proceso. Es por esta razón que en esta propuesta didáctica, más allá de evaluar el material diseñado se sugiere que una vez aplicado se evalúe el impacto que tuvo en los estudiantes no sólo a nivel conceptual (aunque es el objetivo central de este trabajo), sino sobre la percepción que tienen sobre la dificultad de los conceptos científicos y la importancia que tiene manejar algunos de ellos en la vida cotidiana.

Los siguientes son los indicadores propuestos para desarrollar la evaluación, que debe realizarse no sólo al inicio y al final de la aplicación del material sino de manera continua, de modo que permita visualizar el cambio gradual que tienen los estudiantes y a la vez permita el ajuste gradual de la estrategia (si se considera necesario), de manera que se obtengan mejores resultados una vez finalizado el año escolar.

- **Diseño y manejo del material por parte de los estudiantes.** Con este aspecto se busca revisar si los estudiantes se apropian del material construido por ellos mismos, si ven la necesidad constante de evaluar la calidad del mismo y si, a me-

dida que pasa el tiempo, manejan con más propiedad los materiales de que disponen en su caja de modelos moleculares.

- **Calidad de los modelos elaborados.** Se revisaría si los modelos que elaboran se ajustan a la estructura tridimensional de los compuestos que representan; además si a medida que pasa el tiempo elaboran dichas estructuras con una mejor calidad y en menor tiempo.
- **Capacidad para representar los modelos en fórmulas estructurales.** Este indicador empieza a valorar la capacidad de representación de los estudiantes, de manera que va más allá del ejercicio mecánico, por esta razón es de especial importancia. Busca verificar la manera como a medida que pasa el tiempo los estudiantes mejoran o no la elaboración de fórmulas estructurales.
- **Participación en los espacios de discusión.** Esta permite verificar el grado de comprensión de la relación entre estructura y propiedades físicas ya que las preguntas que se encuentran en la sección *espacio de discusión y reflexión* están diseñadas con ese fin. Además la participación en este espacio por parte de los estudiantes, sería también un indicador del grado de aceptación de la estrategia.
- **Resultados en los procesos de evaluación cuantitativa a nivel interno y externo.** No se puede olvidar que el propósito fundamental de aplicar esta propuesta didáctica es reforzar la base conceptual de los estudiantes, de tal manera que los resultados de evaluaciones orales o escritas son un indicador claro y mucho más objetivo si el proceso está siendo efectivo, el objetivo es que haya una comprensión del concepto estructura y la relación que la misma tiene con las propiedades físicas de los compuestos hecho que debe evidenciarse en resultados positivos en esos procesos de Hetero-evaluación.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

- El uso de modelos moleculares, de manera sistemática y estructurada en las clases de química, permitan hacer una aproximación a lo micro y molecular y favorece la consolidación del concepto estructura molecular y la relación que tiene con propiedades físicas.
- Se requiere que el uso de modelos deje de ser una estrategia aislada, debe ser parte de una planeación estructurada donde vincule la construcción de modelos cada vez más complejos con las temáticas abordadas en las clases.
- La construcción de modelos moleculares individuales, donde los estudiantes sean quienes determinen las proporciones a manejar, los materiales a utilizar y las convenciones necesarias, aumenta la apropiación de los mismos, así como el nivel de análisis y la capacidad de representación.
- Convertir estructuras tridimensionales (modelos elaborados) a las representaciones bidimensionales propias de las fórmulas estructurales, es una estrategia que permite entender con mayor claridad la información dada en ellas.
- Comprender lo que es estructura molecular requiere que el estudiante se separe de la definición típica que se da sobre la misma y, a partir de la creación de modelos, la relación de los mismos con datos teóricos y experimentales de las moléculas que re-

presentan, llegue a una definición propia que refleje la aprehensión total de la base teórica que soporta, en este caso, el concepto ***Estructura Molecular***.

- Tras la aplicación de pruebas piloto de la propuesta diseñada en el presente proyecto, los estudiantes de grado XI del colegio Luis Carlos Galán Sarmiento obtuvieron resultados significativamente mejores (50,0 en comparación con 46,8 para el año 2011) que en el año inmediatamente anterior, e incluso llegaron a obtener el mejor promedio en los últimos 11 años. Este hecho es una clara evidencia que el desarrollo de actividades como las que se fomentan en la cartilla didáctica mejora los niveles de comprensión y análisis, lo que al final conduce a la obtención de resultados positivos en procesos de evaluación.

## 5.2. Recomendaciones

- La implementación de la propuesta didáctica sugerida en el presente documento requiere que el docente que orienta el proceso maneje de manera adecuada la construcción de los modelos que aquí se sugieren, por tal razón cobra importancia que sea él quien primero los elabore, para que se dé cuenta de cuáles son las principales dificultades con las que su puede enfrentar el estudiante y las muestre como situaciones fácilmente superables; en ocasiones los estudiantes al enfrentarse a una dificultad en la construcción del modelo desisten del trabajo o por lo menos los desmotiva a tal punto que se convierte en el simple ejercicio mecánico que no llevará a la construcción real de un concepto propio.
- El uso adecuado de esta cartilla en el aula de clase implica que la totalidad de los estudiantes cuente con el material o pueda acceder fácilmente a él, por lo que el colocarlo en un espacio virtual sería una estrategia acertada; el acceso a internet poco a poco se ha venido extendiendo a tal punto que la gran mayoría de instituciones educativas cuenta con él y, en el caso particular de la institución donde se busca aplicar la propuesta didáctica, la mayor parte de los estudiantes cuentan con este servicio en

casa, además los estudiantes sienten especial gusto por el uso de herramientas tecnológicas.

- La totalidad de los modelos que elaboran los estudiantes son valiosos, tanto los que representan de manera adecuada a estructura de la molécula a trabajar como los que no. En el primer caso porque permite iniciar la discusión y el análisis de las propiedades de la molécula, pero el segundo caso quizá sea mucho más enriquecedor porque al visualizar el error dentro de la estructura se puede justificar el por qué el modelo no es una representación adecuada de la molécula a trabajar, hecho que requiere un alto grado de análisis y posiblemente le permita al estudiante no cometer el mismo error dos veces. Además al sentir el estudiante que su trabajo es valioso, se incrementa el grado de afinidad hacia la ciencia, factor que en el caso de la población con la que inicialmente se implementará esta propuesta sería un resultado altamente positivo.
- Se requiere que se muestre que las representaciones elaboradas en el aula de clase son de sustancias que se encuentran en el mundo real y que tienen importancia en la vida cotidiana, para ello el uso de lecturas complementarias, videos, documentales, visitas a industrias, entre otras actividades, dará más sentido al trabajo que se desarrolla en el espacio de clase.
- La aplicación de propuestas pedagógicas similares desde el inicio de la educación básica sería un proceso bastante enriquecedor ya que se fomentaría la consolidación de conceptos básicos de manera adecuada, lo que evitará el paso por choques conceptuales y procesos de desaprendizaje en la educación media, que suelen ser mucho más complejos que los de aprendizaje.

## A. Anexo: Resultados Oficiales de las pruebas ICFES en los períodos 2000/ 2 a 2011/2



Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación  
-ICFES-

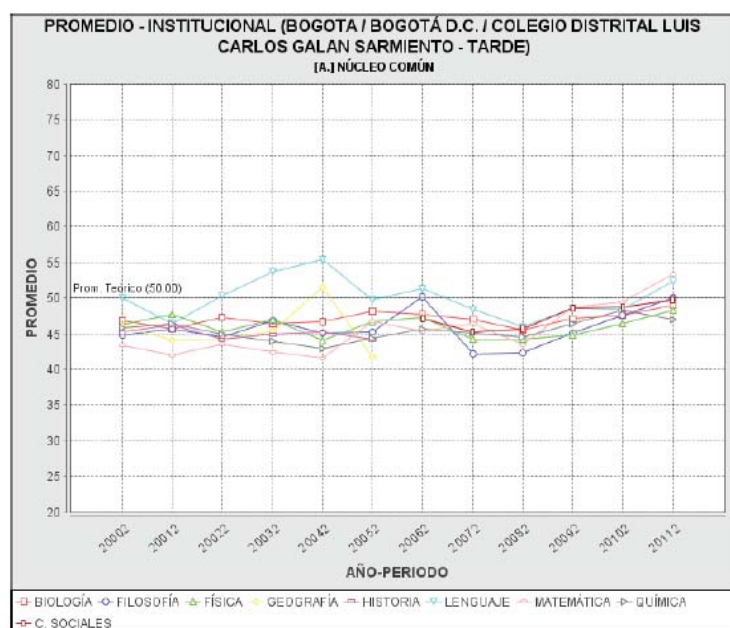
### Generador de Reportes de Datos Históricos

Fecha impresión: 07-11-2012 04:39:04

**Nivel Agrupamiento:** INSTITUCIONAL (BOGOTA / BOGOTÁ D.C. / COLEGIO DISTRITAL LUIS CARLOS GALAN SARMIENTO - TARDE)

**Año(s):** 2000 - 2012 - **Periodo(s):** 2

**Prueba:** [A.] NÚCLEO COMÚN



20002	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	46.88
FILOSOFÍA	44.87
FÍSICA	46.32
GEOGRAFÍA	46.08
HISTORIA	45.17
LENGUAJE	50.09
MATEMÁTICA	43.37
QUÍMICA	45.77

20012	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	45.60
FILOSOFÍA	45.60
FÍSICA	47.70
GEOGRAFÍA	44.14
HISTORIA	46.24
LENGUAJE	46.47
MATEMÁTICA	41.99
QUÍMICA	46.42

20022	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	47.29
FILOSOFÍA	44.54
FÍSICA	45.17
GEOGRAFÍA	44.28
HISTORIA	44.16
LENGUAJE	50.28
MATEMÁTICA	43.50
QUÍMICA	44.99

20032	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	46.41
FILOSOFÍA	46.81
FÍSICA	47.03
GEOGRAFÍA	45.37
HISTORIA	44.89
LENGUAJE	53.68
MATEMÁTICA	42.43
QUÍMICA	43.96

20042	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	46.71
FILOSOFÍA	45.05
FÍSICA	44.13
GEOGRAFÍA	51.55
HISTORIA	45.22
LENGUAJE	55.47
MATEMÁTICA	41.54
QUÍMICA	42.98

20052	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	48.13
FILOSOFÍA	45.23
FÍSICA	46.70
GEOGRAFÍA	41.76
HISTORIA	44.16
LENGUAJE	49.69
MATEMÁTICA	46.73
QUÍMICA	44.40

20062	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	47.73
C. SOCIALES	47.13
FILOSOFÍA	50.19
FÍSICA	47.28
LENGUAJE	51.40
MATEMÁTICA	45.36
QUÍMICA	45.73

20072	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	46.96
C. SOCIALES	45.25
FILOSOFÍA	42.23
FÍSICA	44.25
LENGUAJE	48.42
MATEMÁTICA	46.44
QUÍMICA	45.11

20082	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	45.49
C. SOCIALES	45.69
FILOSOFÍA	42.28
FÍSICA	44.25
LENGUAJE	45.94
MATEMÁTICA	43.46
QUÍMICA	44.52

20092	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	47.18
C. SOCIALES	48.60
FILOSOFÍA	45.08
FÍSICA	44.86
LENGUAJE	48.58
MATEMÁTICA	48.79
QUÍMICA	46.45

20102	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	47.60
C. SOCIALES	48.68
FILOSOFÍA	47.55
FÍSICA	46.39
LENGUAJE	48.42
MATEMÁTICA	49.44
QUÍMICA	48.24

20112	
PRUEBA	PROMEDIO
BIOLOGÍA	48.97
C. SOCIALES	49.81
FILOSOFÍA	50.10
FÍSICA	48.26
LENGUAJE	52.34
MATEMÁTICA	53.31
QUÍMICA	46.98

## B. Anexo: Resultados encuestas de caracterización de los estudiantes grados X y XI

### RESULTADOS ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN ESTUDIANTES GRADO XI COLEGIO LIS CARLOS GALÁN SARMIENTO IED

Fecha de Aplicación: Abril 13 2.012

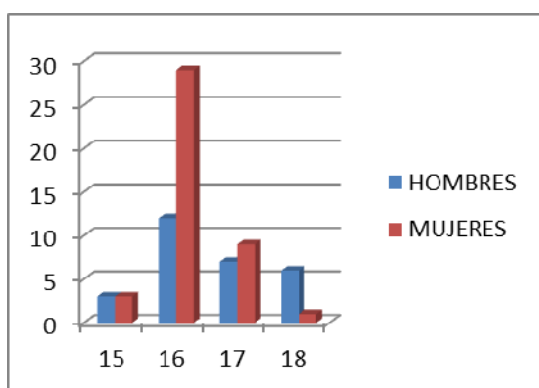


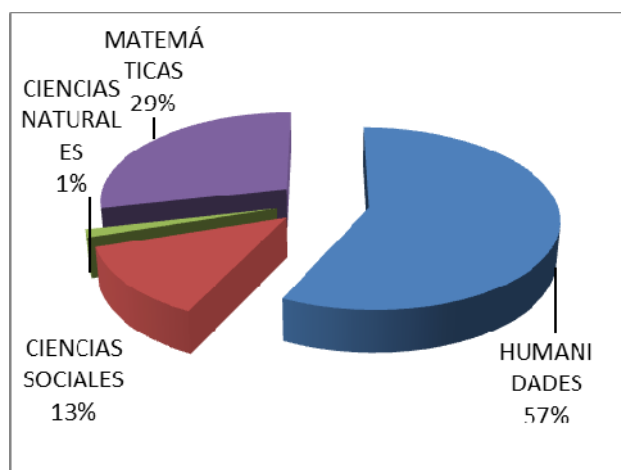
Tabla 1. Distribución por sexo y edad de estudiantes encuestados.

	15	16	17	18	TOTAL
HOMBRES	3	12	7	6	28
MUJERES	3	29	9	1	42
TOTAL	6	41	16	7	70

Se hace la aclaración que el total de estudiantes con quienes se trabaja es de 79, pero no todos diligenciaron la encuesta de caracterización.

Tabla 2 Áreas con mayor aceptación

ÁREA	ESTUDIANTES
HUMANIDADES	40
CIENCIAS SOCIALES	9
CIENCIAS NATURALES	1
MATEMÁTICAS	20



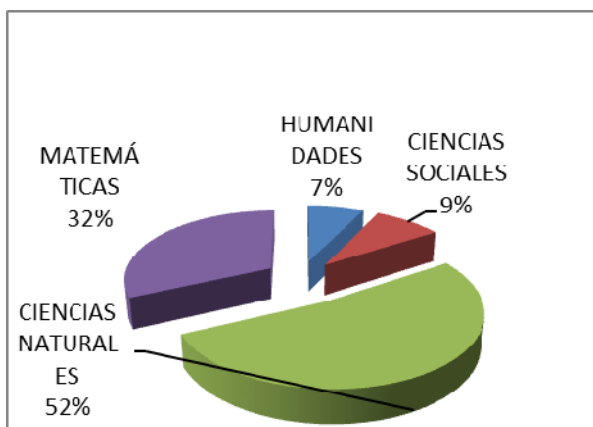


Tabla 3. Áreas con mayores dificultades

ÁREA	ESTUDIANTES
HUMANIDADES	5
CIENCIAS SOCIALES	6
CIENCIAS NATURALES	36
MATEMÁTICAS	22

Tabla 4. Percepción de los estudiantes frente a la importancia de la química

PERCEPCIÓN	ESTUDIANTES
No es importante	25
Es importante	45

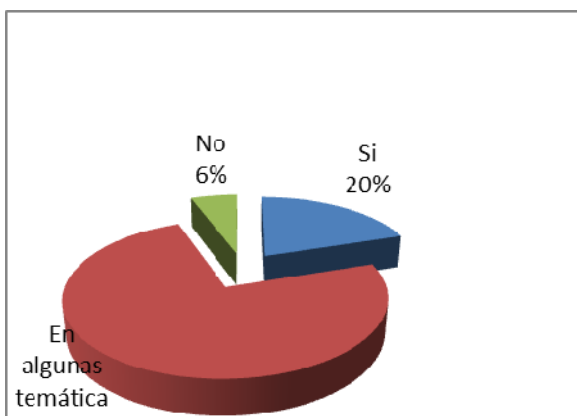
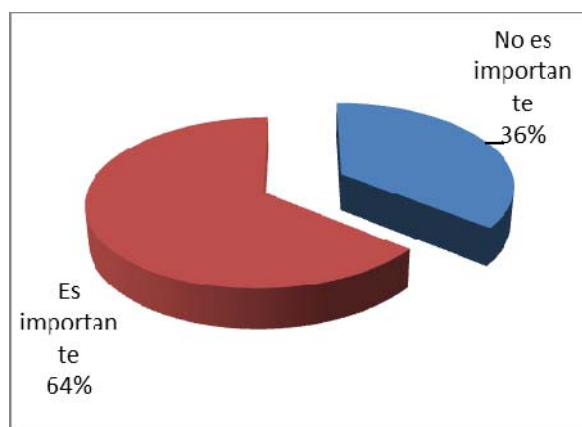


Tabla 6 Percepción de los estudiantes frente a la complejidad de la química

Percepción de complejidad	Estudiantes
Si	14
En algunas temáticas	52
No	4

Tabla 6. Posibilidad de seguir carreras afines a la química

OPCIÓN	ESTUDIANTES
No	63
Si	7

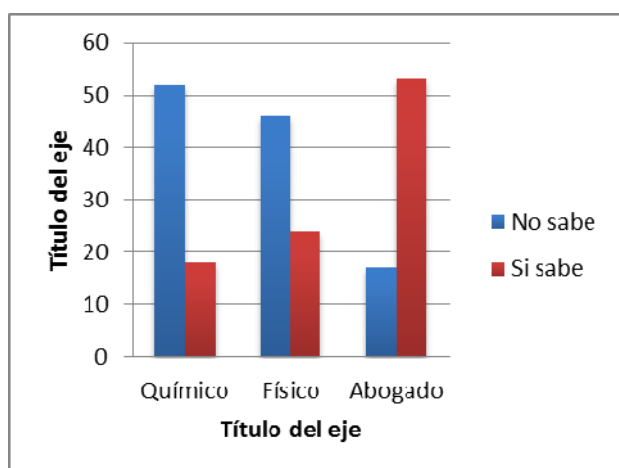
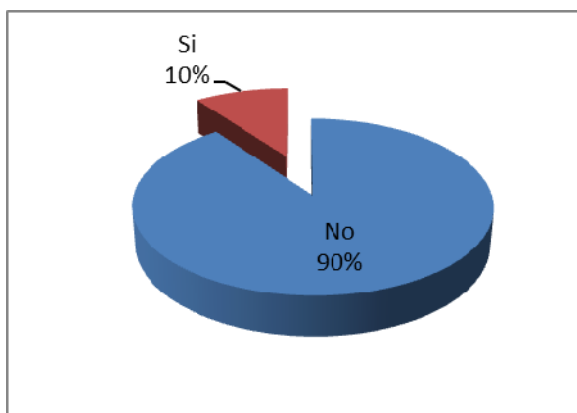


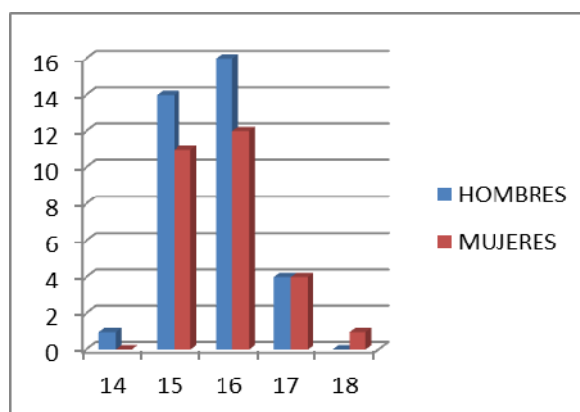
Tabla 7. Conocimiento de los estudiantes frente a la labor desempeñada por diferentes profesionales

	Químico	Físico	Abogado
No sabe	52	46	17
Si sabe	18	24	53

## RESULTADOS ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN ESTUDIANTES GRADO X COLEGIO LIS CARLOS GALÁN SARMIENTO IED

Fecha de Aplicación: Octubre 24 2.012

Tabla 8. Distribución por edad y sexo de los estudiantes encuestados



	14	15	16	17	18	TOTAL
<b>HOMBRES</b>	1	14	16	4	0	35
<b>MUJERES</b>	0	11	12	4	1	28
<b>TOTAL</b>	1	25	28	8	1	63

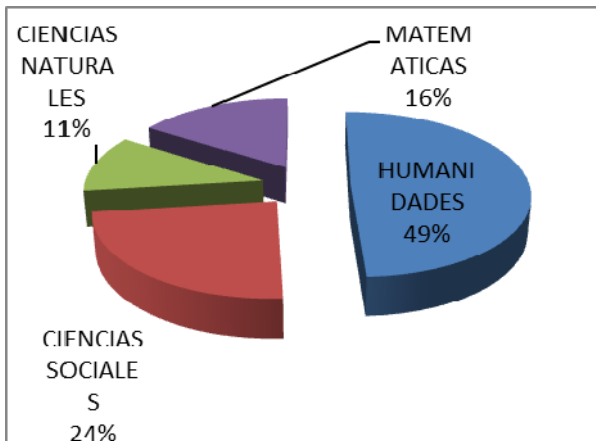
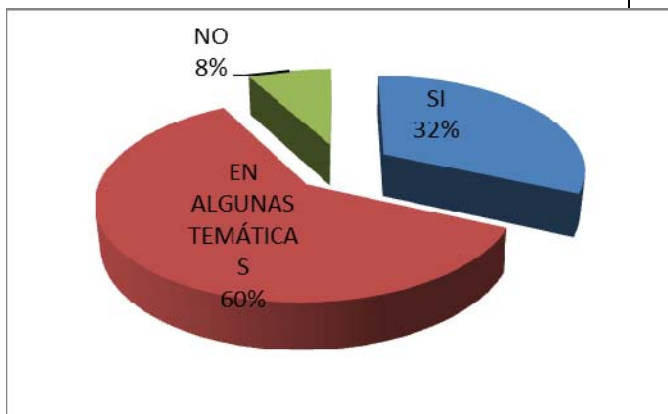
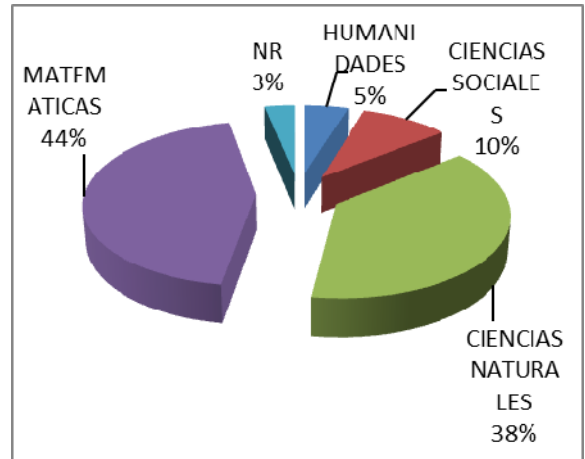


Tabla 9. Áreas frente a las cuales muestran mayor compromiso

AREA	ESTUDIANTES
HUMANIDADES	31
CIENCIAS SOCIALES	15
CIENCIAS NATURALES	7
MATEMATICAS	10

Tabla 10. Áreas con mayores dificultades a nivel conceptual

AREA	ESTUDIANTES
HUMANIDADES	3
CIENCIAS SOCIALES	6
CIENCIAS NATURALES	24
MATEMATICAS	28
NR	2



PERCEPCIÓN	ESTUDIANTES
------------	-------------

Tabla 11. Percepción frente a la dificultad de la química

SI	20
EN ALGUNAS TEMÁTICAS	38
NO	5

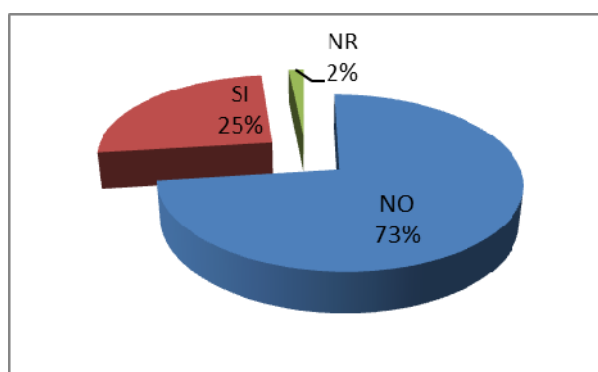
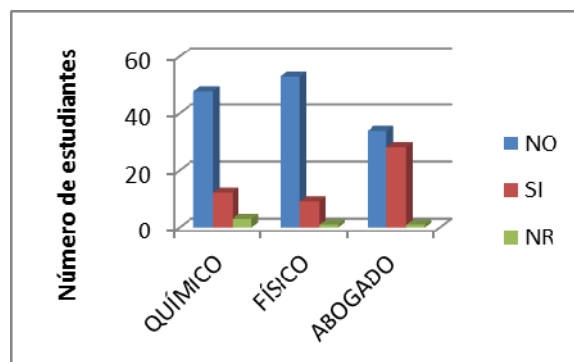


Tabla 12. Deseo de continuar con carreras afines a la química

CARRERAS AFINES	ESTUDIANTES
NO	46
SI	16
NR	1

Tabla 13. Conocimiento de la labor de diferentes profesionales

	QUÍMICO	FÍSICO	ABOGADO
No Sabe	48	53	34
SI Sabe	12	9	28
NR	3	1	1





## C. Anexo: Entrevistas acerca del uso de modelos en las clases de ciencias

### ENTREVISTA ACERCA DEL USO DE MODELOS EN LAS CLASES DE CIENCIAS EN EL COLEGIO LUIS CARLOS GALÁN SARMIENTO IED.

FECHA: Julio 24 de 2.012

ENTREVISTADOR: Sandra Santoyo ENTREVISTADO: Dora Amado

Inicio: 5:35 p.m. Fin: 6:05 p.m.

1. ¿Cuánto tiempo lleva ejerciendo la docencia? ¿Cuál ha sido su carga académica en ese tiempo?

R/ Ejerzo hace 22 años, durante los cuales he orientado procesos en Ciencias Naturales de 5 a 9, también he trabajado con 10 y 11 en química.

2. ¿Cómo considera usted es la disposición que tienen los estudiantes frente al trabajo en ciencias? ¿Es la misma en todos los niveles?, Si no lo es, ¿a qué se debe la diferencia?

R/ En general la disposición hacia las ciencias es buena, pues permite dar explicación a fenómenos naturales, las actividades prácticas les llaman la atención. Sin embargo, al tener en su mayoría bases conceptuales poco claras y un manejo de habilidades comunicativas y de pensamiento básicas, hace que sea complejo el manejo temático, unido a esto, la baja motivación respecto a abordar contenidos teóricos, hace que los resultados académicos no sean los esperados.

3. ¿Ha usado modelos como herramienta didáctica en la clase de ciencias? ¿Qué tipo de modelos?

R/ Si, he utilizado modelos ya elaborados de diferentes estructuras anatómicas, físicas y químicas; también he orientado la construcción de esta clase de modelos.

4. ¿Ha trabajado alguno de los kit de modelos moleculares que se encuentran disponibles en el laboratorio de la institución? ¿Qué ventajas tiene este material? ¿Qué limitaciones tiene? ¿Estaba disponible este material en alguna de las instituciones en las que trabajó con anterioridad?

R/ Si he trabajado con los kit; tienen varias ventajas, uniformidad, durabilidad, resistencia. La limitación del material es que si el estudiante no sigue instrucciones o carece de manejo de instrumentos geométricos como el transportador, simplemente se dedica al ensayo/ error y no obtiene apoyo en sus procesos de conceptualización.

Si, ya había trabajado el material en el <Ofelia Uribe de Acosta, donde recibí la capacitación respectiva por el fabricante el profesor Carlos Castro.

5. ¿Considera que el uso de modelos es una herramienta didáctica eficaz para la comprensión de características de los compuestos? ¿Por qué? ¿Cómo se aumentaría la eficiencia de la herramienta?

R/ los modelos son una herramienta didáctica eficaz para la enseñanza de la química, porque permiten explicar estructuras de las sustancias y así el estudiante puede deducir características de las sustancias trabajadas al comprender más fácilmente conceptos generales de química.

En el colegio se aumentaría la eficiencia del material si:

- Se utiliza en todos los grados, garantizando así su manejo no solo en cursos superiores.
- Integrándolo en proyectos de aula de cada grado, para demostrar la claridad en la conceptualización de los estudiantes, pues podría usarse como herramienta interdisciplinar.

---

**ENTREVISTA ACERCA DEL USO DE MODELOS EN LAS CLASES DE CIENCIAS EN EL COLEGIO LUIS CARLOS GALÁN SARMIENTO IED.**FECHA: **Abril 10 2.012**ENTREVISTADOR: **Sandra Santoyo** ENTREVISTADO: **Ruth Sarmiento**Inicio: **9:15 a.m.** Fin: **9:35 a.m.**

1. ¿Cuánto tiempo lleva ejerciendo la docencia? ¿Cuál ha sido su carga académica en ese tiempo?

Llevo ejerciendo 11 años la docencia, en colegios privados y desde Julio de 2.010 en la secretaría de educación del distrito. En la mayor parte del tiempo he estado a cargo de química en los grados X y XI, dos años estuve a cargo de biología de VIII y IX.

2. ¿Cómo considera usted es la disposición que tienen los estudiantes frente al trabajo en ciencias? ¿Es la misma en todos los niveles?, Si no lo es, ¿a qué se debe la diferencia?

Poco a poco la clase va perdiendo fuerza, en especial a medida que los conceptos se hacen más complejos. Les llaman mucho más la atención las prácticas de laboratorio, pero más por la visión de sucesos mágicos, ya que no es muy frecuente que busquen la base conceptual de los fenómenos. El interés considero que es mucho mayor en primaria y en los primeros años del bachillerato; infortunadamente el sistema educativo ha permitido que los estudiantes se acostumbren a la *ley del menor esfuerzo* de tal manera que al aumentar la complejidad conceptual disminuye el interés hacia la clase de ciencias porque requiere mayor dedicación.

3. ¿Ha usado modelos como herramienta didáctica en la clase de ciencias? ¿Qué tipo de modelos?

Con bastante frecuencia, la mayor parte de las ocasiones he orientado hacia la construcción de modelos en plastilina para hidrocarburos; sin embargo, las actividades de este tipo, a pesar de despertar el interés de los estudiantes, las hago de manera aislada.

---

Además con frecuencia se usan situaciones problema como modelo para la explicación de conceptos.

4. ¿Ha trabajado alguno de los kit de modelos moleculares que se encuentran disponibles en el laboratorio de la institución? ¿Qué ventajas tiene este material? ¿Qué limitaciones tiene? ¿Estaba disponible este material en alguna de las instituciones en las que trabajó con anterioridad?

En el colegio se encuentran dos kit de modelos moleculares que he intentado trabajar en el laboratorio; sin embargo, la calidad de una de ellas es muy deficiente, y en mi criterio, el intento para que la segunda de ellas sea bastante versátil hace que no sea muy precisa para representar moléculas orgánicas ya que las esferas tienen muchos orificios y son del mismo tamaño todas, excepto unas pocas pequeñas, difiriendo únicamente en el color. El uso del material resulta atractivo para los estudiantes, por lo que se ha empleado como punto de partida o como alternativa en el caso que los estudiantes no lleven sus propios modelos.

En ninguna otra institución había visto este material, pero sé que es muy frecuente encontrarlo en instituciones oficiales.

5. ¿Considera que el uso de modelos es una herramienta didáctica eficaz para la comprensión de características de los compuestos? ¿Por qué? ¿Cómo se aumentaría la eficiencia de la herramienta?

Los modelos son una buena herramienta de trabajo en el aula, y que le quita un poco el grado de abstracción a las estructuras moleculares, permite visualizar diferencias entre compuestos e incluso es una actividad donde los estudiantes están directamente vinculados en la construcción de manera que es una actividad atractiva. La herramienta sería más eficiente si no se tratara como una actividad aislada, esporádica y que se limite únicamente a la construcción del modelos siguiendo unas instrucciones específicas, es importante que los estudiantes creen su propio sistema de representación que cumpla los lineamiento dados en la teoría y que sea usado para explicar y entender características asociadas a la estructura molecular.

**ENTREVISTA ACERCA DEL USO DE MODELOS EN LAS CLASES DE CIENCIAS EN EL COLEGIO LUIS CARLOS GALÁN SARMIENTO IED.**

FECHA: Julio 24 2.012

ENTREVISTADOR: Sandra Santoyo ENTREVISTADO: Rocío Becerra

Inicio: 3:15 p.m. Fin: 3:30 p.m.

1. ¿Cuánto tiempo lleva ejerciendo la docencia? ¿Cuál ha sido su carga académica en ese tiempo?

17 años, mi asignación en ciencias naturales, con la asignatura de Biología todo el tiempo.

2. ¿Cómo considera usted es la disposición que tienen los estudiantes frente al trabajo en ciencias? ¿Es la misma en todos los niveles?, Si no lo es, ¿a qué se debe la diferencia?

La disposición es de indiferencia frente al trabajo en clase, como en el trabajo en casa.

3. ¿Ha usado modelos como herramienta didáctica en la clase de ciencias? ¿Qué tipo de modelos?

Si, cuando se realiza laboratorios sobre temáticas de modelos atómicos, utilizando la caja de modelos moleculares

4. ¿Ha trabajado alguno de los kit de modelos moleculares que se encuentran disponibles en el laboratorio de la institución? ¿Qué ventajas tiene este material? ¿Qué limitaciones tiene? ¿Estaba disponible este material en alguna de las instituciones en las que trabajó con anterioridad?

Si, ventajas elaboración más real sobre conceptos teóricos  
Ubicación espacial del estudiante frente al modelo atómico

---

Limitaciones, debe ser un trabajo más personalizado, esto es más complicado realizarlo con grupos de 40 estudiantes por curso

En otras instituciones no existían estos modelos, pero se trabajaba mediante maquetas

5. ¿Considera que el uso de modelos es una herramienta didáctica eficaz para la comprensión de características de los compuestos? ¿Por qué? ¿Cómo se aumentaría la eficiencia de la herramienta?

Si, se obtiene mejores ventajas en el aprendizaje, la limitación es el número de estudiantes por curso

## ENTREVISTA ACERCA DEL USO DE MODELOS EN LAS CLASES DE CIENCIAS EN EL COLEGIO LUIS CARLOS GALÁN SARMIENTO IED.

FECHA: Julio 24 2.012

ENTREVISTADOR: Sandra Santoyo ENTREVISTADO: Edwin Roldán

Inicio: 4:20 p.m. Fin: 4:35 p.m.

1. ¿Cuánto tiempo lleva ejerciendo la docencia? ¿Cuál ha sido su carga académica en ese tiempo?

Ya casi 11 años, en secundaria, he tenido todos los cursos y casi que en el mismo porcentaje, con la carga de matemáticas.

2. ¿Cómo considera usted es la disposición que tienen los estudiantes frente al trabajo en ciencias? ¿Es la misma en todos los niveles?, Si no lo es, ¿a qué se debe la diferencia?

Creo que en general es la misma hacia prácticamente todas las áreas o asignaturas teóricas, donde si hay diferencia es frente a las que son mucho más prácticas o de ejecución (artes, ed. física, informática). Evidentemente en niveles iniciales de educación formal los niños por su carácter exploratorio, su actitud de que querer saber todo son más cercanos al aprendizaje, conforme crecen su interés se centra en diversos aspectos.

3. ¿Ha usado modelos como herramienta didáctica en la clase de ciencias? ¿Qué tipo de modelos?

En matemáticas la construcción de modelos refiere al hecho de construir una expresión (preferiblemente algebraica) que describa la situación, solucione un problema o generalice una teoría, en tal sentido ese es uno de los propósitos de la clase de matemáticas, este planteamiento lo he llevado al aula de diversas formas que atienden justamente a estos tres aspectos, resolver un problema, generalizar una teoría (validar una conjetura), describir un patrón.

**NOTA:** Teniendo en cuenta que se entrevistó a un profesor de área de matemáticas se suprimieron las dos últimas preguntas, el propósito de esta entrevista es revisar el punto de vista de un docente de un parera afín, para determinar si existe alguna generalidad respecto al trabajo con modelos.

## D. Anexo: Cartilla “Construyendo Modelos”

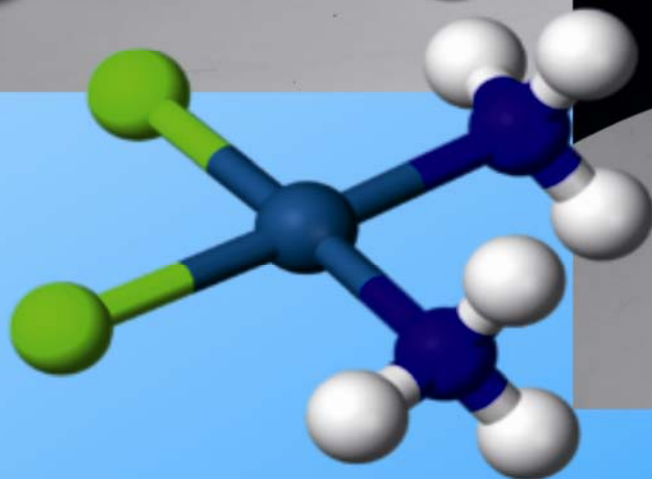
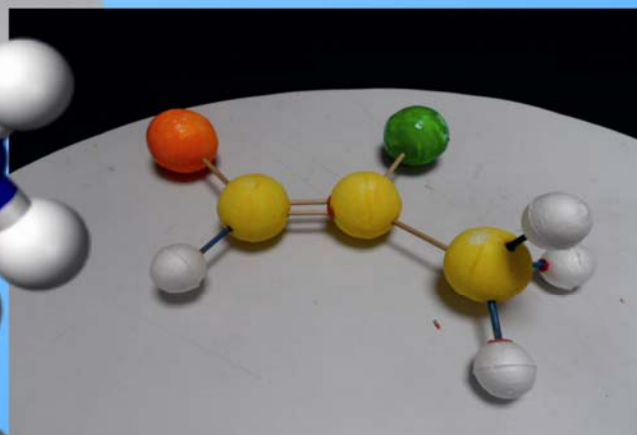
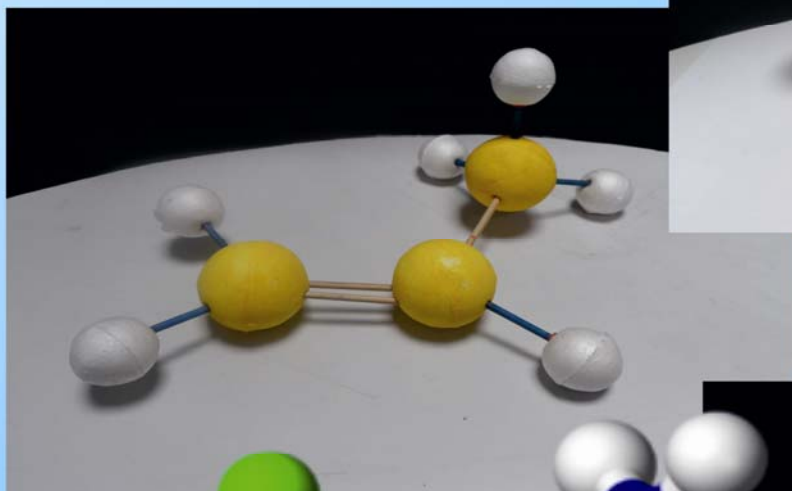
Esta cartilla se presenta como una herramienta de trabajo complementario, donde se busca que el estudiante no sólo elabore modelos tridimensionales de gran variedad de moléculas orgánicas con herramientas que él mismo construye; sino que comprenda la relación existente entre esa estructura y propiedades físicas como el punto de fusión, el punto de ebullición y la polaridad ( en consecuencia la solubilidad). Para cumplir a cabalidad con los objetivos propuestos es necesario que haya un trabajo antes de la implementación de la guía donde se aborden aspectos como las características de los grupos funcionales y la nomenclatura de los compuestos a trabajar. Además, el proceso de elaboración y análisis de modelos requiere el acompañamiento constante del docente quien intervendría como moderador en los procesos de discusión propuestos en cada una de las actividades y como supervisor y orientador en el proceso de construcción de los modelos.

La cartilla está dividida en 9 temas, donde en cada uno de ellos se expone una pequeña introducción teórica que incluye algunas generalidades del grupo funcional, las interacciones que se presentan entre moléculas y algunas propiedades físicas como punto de fusión y punto de ebullición en compuestos modelo para el grupo funcional a trabajar. Tras la revisión de la parte teórica se sugieren actividades donde los estudiantes construyan modelos de compuestos orgánicos de cada grupo funcional, para ello se usan una serie de fotografías que muestran la construcción de un modelo específico y se solicita el desarrollo y construcción de otras moléculas ejercicio. Para esta parte de la guía se requiere que los estudiantes interpreten adecuadamente la información suministrada en las fotografías, pero que además estén en capacidad de realizar las conversiones entre el modelo tridimensional y una fórmula estructural. La parte final del ejercicio en cada tema corresponde al espacio de discusión y de reflexión donde se busca que los estudiantes resuelvan preguntas encaminadas hacia la comprensión de la incidencia que tiene la estructura molecular sobre las propiedades físicas como el punto de fusión, el punto de ebullición y la solubilidad de los compuestos.

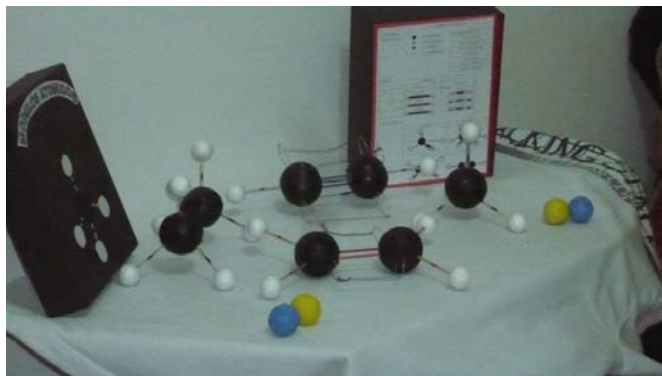
Para finalizar, en la última parte de la cartilla se encuentran lecturas tomadas de diferentes fuentes donde se habla acerca de algunas aplicaciones de los compuestos trabajados. Esta sección se involucra en la cartilla con la intención de mostrar a los estudiantes la relación entre los compuestos de los cuales han desarrollado los modelos y la aplicación en la vida cotidiana, factor que hará más significativo el trabajo que se desarrolla en el aula.

# CONSTRUYENDO Modelos

## CARTILLA de Apoyo



**Sandra Patricia Santoyo.**



# Contenido

Presentación

Tema 1. Elementos químicos de interés en química orgánica.

Tema 2. Hidrocarburos, una primera forma de ver los compuestos orgánicos

Tema 3. ¿Cuáles son los denominados hidrocarburos insaturados?

Tema 4. Isómeros, sustancias donde el orden es relevante.

Tema 5. Alcoholes como derivados orgánicos del agua

Tema 6. Éteres, otros compuestos familiares del agua.

Tema 7. Aldehídos, compuestos ampliamente difundidos en la naturaleza.

Tema 8. Ácidos Carboxílicos, punto de partida para la construcción de gran cantidad de compuestos.

Tema 9. Aminas como derivados orgánicos del amoníaco ( $\text{:NH}_3$ )

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

## Presentación

Hablar de estructura química implica el manejo de varios conceptos claves: hibridación, enlace químico y geometría molecular, por mencionar algunos de los más relevantes; de igual manera, invita a los docentes y a los estudiantes a pensar en los compuestos químicos como entidades tridimensionales cuya organización está asociada directamente a sus propiedades físicas.

Por esta razón, el uso de representaciones que salen del esquema bidimensional del tablero y que se aproximen de manera más efectiva a la realidad de la estructura molecular, puede brindar a los estudiantes herramientas que fomenten la capacidad de análisis, una comprensión más efectiva de los procesos químicos, factores que junto al diseño, elaboración y uso de modelos propios muy seguramente permitirán al estudiante vincularse de manera más afectiva con los procesos que se desarrollan en las clases de química.

Esta cartilla se presenta como herramienta de trabajo complementario, donde se busca que el estudiante no sólo elabore modelos tridimensionales de gran variedad de moléculas orgánicas con herramientas que él mismo construye, sino que comprenda la relación existente entre esa estructura y propiedades físicas como el punto de fusión, el punto de ebullición y la polaridad (en consecuencia la solubilidad). Para cumplir a cabalidad con los objetivos propuestos es necesario que haya un trabajo antes de la implementación de la guía donde se aborden aspectos como las características de los grupos funcionales y la nomenclatura de los compuestos a trabajar. Además, el proceso de elaboración y análisis de modelos requiere el acompañamiento constante del docente quien actúa como moderador en los procesos de discusión propuestos en cada una de las actividades y como supervisor y orientador en el proceso de construcción de los modelos.

La cartilla está dividida en 9 temas, donde en cada uno de ellos se expone una pequeña introducción teórica que incluye algunas generalidades del grupo funcional, las interacciones que se presentan entre moléculas y algunas propiedades físicas como punto de fusión y punto de ebullición en algunos compuestos pertenecientes al grupo funcional a trabajar. Tras la revisión de la parte teórica se sugieren actividades donde los estudiantes construyan modelos de moléculas orgánicas, para ello se usan una serie de fotografías que muestran la construcción de un modelo específico y se solicita el desarrollo y construcción de otras moléculas como ejercicio adicional. Para esta parte de la guía se requiere que los estudiantes interpreten adecuadamente la información suministrada en las fotografías, y que además estén en capacidad de representar los modelos elaborados con fórmulas estructurales. La parte final del ejercicio en cada tema corresponde al espacio de discusión y de reflexión donde se busca que los estudiantes resuelvan preguntas encaminadas hacia la comprensión de la incidencia que tiene la estructura molecular sobre las propiedades físicas como el punto de fusión, el punto de ebullición y la solubilidad de los compuestos.

Para finalizar, en la última parte de la cartilla se encuentran lecturas tomadas de diferentes fuentes donde se habla acerca de algunas aplicaciones de los compuestos trabajados. Esta sección se involucra en la cartilla con la intención de mostrar a los estudiantes la relación entre los compuestos de los cuales han desarrollado los modelos y la aplicación en la vida cotidiana, factor que hará más significativo el trabajo que se desarrolla en el aula.

De esta manera la cartilla busca convertirse en una herramienta útil no sólo para la comprensión del concepto de estructura molecular, sino también para acercar al estudiante a la construcción de modelos propios que le permitan fortalecer sus procesos cognitivos.

<b>1</b> 1,00794 -252,7 -258,2 0,071 <b>H</b> $1s^1$ <b>Hidrógeno</b>	
<b>6</b> 12,01115 4830 3727 2,26 <b>C</b> $1s^2 2s^2 2p^2$ <b>Carbono</b>	
<b>7</b> 14,0067 12,1345 -183 -218,8 0,81 <b>N</b> $1s^2 2s^2 2p^3$ <b>Nitrógeno</b>	
<b>8</b> 15,9994 -183 -218,8 1,14 <b>O</b> $1s^2 2s^2 2p^4$ <b>Oxígeno</b>	

Figura 1. Características de elementos de interés

## TEMA 1. ELEMENTOS QUÍMICOS DE INTERÉS EN QUÍMICA ORGÁNICA

Si nos remontamos a la definición de **Química Orgánica**, nos encontramos con que es la rama de la química que se encarga del estudio de los compuestos del carbono. Esto permite reconocer el átomo de carbono, en todas sus formas, como el más representativo en los compuestos orgánicos; sin embargo elementos como el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno (cuya estructura y características principales se encuentran en la figura 1) son igualmente importantes ya que al formar enlaces con el átomo de carbono dan origen a una gran variedad de compuestos orgánicos.

Reconocer algunas de las propiedades de los elementos que ya hemos mencionado, es el punto de partida para la elaboración de los componentes de la caja de modelos moleculares que se convierte en el insumo de trabajo para el desarrollo de las actividades propuestas en la presente cartilla

### HIBRIDACIÓN: UNA CARACTERÍSTICA ESPECIAL DE LOS ÁTOMOS DE C, N Y O

Hibridación es un concepto utilizado en la teoría de enlace de valencia, en el cual las funciones de onda de los orbitales atómicos pertinentes a un átomo, se combinan matemáticamente para producir las funciones de onda de un conjunto de orbitales híbridos equivalentes (Mortimer, 1983). Dependiendo de los orbitales atómicos que se vean vinculados en dicha combinación se da origen a diferentes tipos de hibridación; en el caso de los compuestos orgánicos las hibridaciones  $sp$ ,  $sp^2$  y  $sp^3$ , donde se combinan un orbital  $s$  con uno, dos o tres orbitales  $p$  respectivamente. Estos tipos de hibridación son de especial importancia en química orgánica y algunas de sus características en cuanto a longitudes de enlace y ángulos de enlace a los que dan origen, se encuentran resumidos en las tablas 1, 2 y 3.

La introducción del concepto de hibridación, permite explicar de manera muy acertada la estructura de diferentes compuestos, tal como ha sido predicha por la teoría VSEPR y ratificada con mediciones experimentales. Sin embargo, pese a lo que suele pensarse, el proceso de hibridación no es exclusivo del átomo de carbono, los átomos de nitrógeno, azufre, oxígeno y fósforo también forman orbitales híbridos.

En el caso de los átomos de carbono y de nitrógeno, se pueden presentar hibridaciones  $sp$ ,  $sp^2$  y  $sp^3$ , la diferencia radica en que en el caso del nitrógeno uno de los orbitales está ocupado por el par de electrones no enlazados. Por esta razón en las aminas puede formar tres enlaces y no cuatro como sucede en el carbono. Por su parte, el oxígeno al tener 2 pares de electrones no enlazados presenta hibridaciones  $sp^3$  y  $sp^2$  de tal manera que solamente forma dos enlaces, por ejemplo con dos hidrógenos como en el agua. En la tabla 3 se resumen las principales características de cada tipo de hibridación.

Tabla 1. Longitudes enlace C-C

Hibridación	Longitud de
$sp$	120 pm
$sp^2$	134 pm
$sp^3$	154 pm

Tabla 2. Longitudes enlace C-H

Hibridación	Longitud de enlace
$sp$	108 pm
$sp^2$	109 pm
$sp^3$	109 pm

Tabla 3. Características de los tipos de hibridación

Tipo	Ángulo de enlace (max)	Geometría	Número de Orbitales restantes	Tipo de enlace(s) formados
$sp$	109,5°	Tetragonal	0	$\sigma$
$sp^2$	120°	Trigonal	1	$\sigma$
$sp^3$	180°	Digonal	2	$\sigma$

## ACTIVIDAD 1.

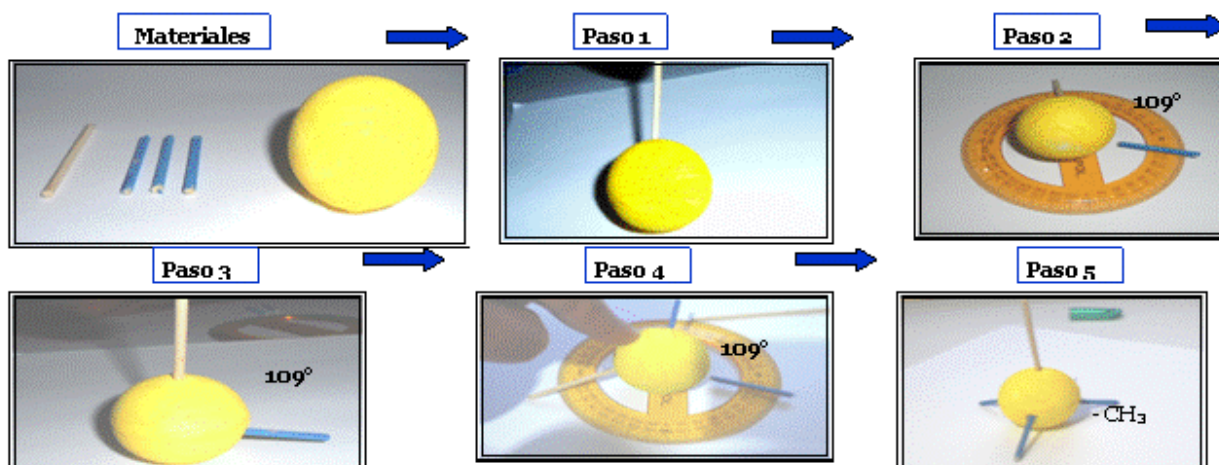
## ¿CÓMO ELABORAR NUESTRA CAJA DE MODELOS MOLECULARES ?

## OBJETIVO DE APRENDIZAJE

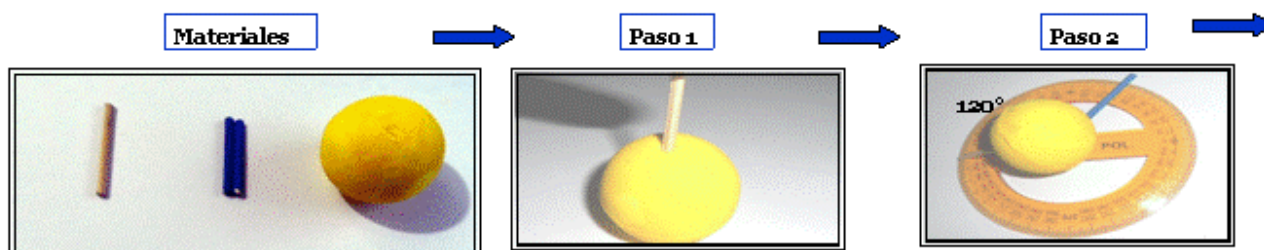
Elaborar modelos de los átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, donde se evidencien los diferentes valores de ángulos y longitudes de enlace según el tipo de hibridación que presente cada uno.

Para armar los átomos tome como referencia las instrucciones dadas en las imágenes que se presentan a continuación. Los valores de las longitudes de palillos dados son sugeridos y corresponden a una escala donde 1 cm equivale a 30 pm, (puede utilizar otra escala si lo prefiere). Para verificar los valores de ángulos y longitudes de enlace tenga en cuenta los datos dados en las tablas de la página anterior y los que se encuentran en el Anexo 1. Como producto final de esta actividad usted contará con una caja de modelos moleculares de características similares a la que se muestra en la fotografía de la hoja de contenido, donde cuente con la cantidad de modelos de átomos y enlaces indicados en las tablas 4 y 5. De manera adicional se sugiere hacer una tabla de convenciones que le permita identificar fácilmente los materiales.

¿Cómo elaborar Carbonos  $sp^3$  (ejemplo de las fotografías: sustituyente metilo:  $-CH_3$ )?



¿Y como hacer Carbonos  $sp^2$  ( $=CH_2$ )?



... Continúa siguiente página

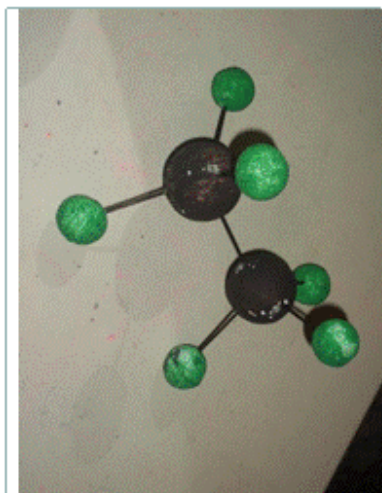


Figura 2 Modelo de Etano

## TEMA 2. HIDROCARBUROS, UNA PRIMERA FORMA DE VER LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS

El Carbono forma una gran variedad de compuestos, siendo los hidrocarburos los más sencillos ya que están constituidos por átomos de carbono e hidrógeno (de allí su nombre), que a su vez se clasifican teniendo en cuenta el tipo de hibridación que tienen los átomos de carbono.

Cuando todos los átomos tienen una hibridación  $sp^3$  se habla de **ALCANOS** (un ejemplo corresponde a la molécula de etano de la gráfica N. 2), en el caso que el compuesto cuente con dos carbonos  $sp^2$  (que da origen a un enlace doble) el compuesto es un **ALQUENO**, Finalmente, si hay por lo menos dos carbonos  $sp$  (asociado con la presencia de enlaces triples) el compuesto se denomina **ALQUINO**.

Cada uno de los hidrocarburos, al igual que cualquier compuesto orgánico, debe sus propiedades físicas y químicas a la estructura molecular, especialmente a la presencia de Carbonos con enlaces saturados o insaturados, así como la longitud y distribución en el espacio de las cadenas y sus sustituyentes.

### UNA VISIÓN GENERAL DE LOS ALCANOS

Los alcanos son **hidrocarburos saturados**, ya que tienen la máxima cantidad posible de hidrógenos enlazados; tienen como fórmula general  $C_nH_{2n+2}$ , donde  $n$  corresponde a un número entero. Ocasionalmente se les conoce como compuestos **alifáticos**, un nombre derivado de la palabra *aleiphas*, que significa graso. (McMurry, 2008).

Como se muestra en la figura 3, los primeros cuatro miembros de la serie se encuentran en estado gaseoso a temperatura ambiente y presión estándar, en el caso de los siguientes 12 miembros de la serie (del n-pentano al n-hexadecano) son líquidos y del n-heptadecano en adelante se encuentran en estado sólido. Las propiedades físicas, densidad, punto de fusión y punto de ebullición aumentan a medida que aumenta el número de carbonos. En el caso de los alcanos ramificados, se encuentran puntos de fusión y ebullición más bajos ya que con estructuras más esféricas y menos lineales, se disminuye la superficie de contacto lo que hace que las fuerzas de dispersión sean menores.

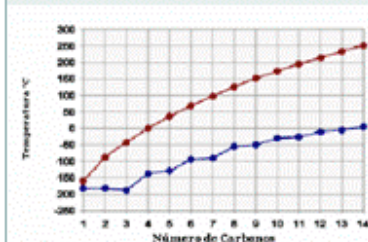
Tomado de [Wikipedia.org](http://Wikipedia.org)

Figura 3. Puntos de fusión (azul) y ebullición (rojo) de los primeros 14 n - alcanos en °C

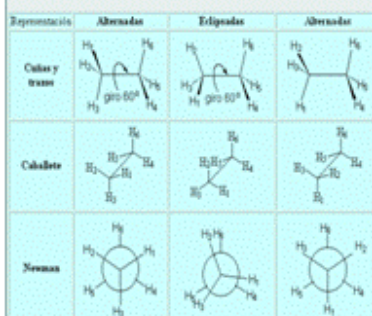
Tomado de [ocw.us.es](http://ocw.us.es)

Figura 4. Diferentes conformaciones del etano

En estos compuestos dado que existen enlaces sencillos carbono-carbono, es habitual que las moléculas presenten rotaciones sobre estos enlaces, lo que trae como consecuencia diferentes conformaciones en donde las posiciones relativas de los átomos de hidrógeno son diferentes y hay un cambio constante y rápido de una conformación a otra lo que para moléculas pequeñas hace imposible aislar los diferentes conformeros. En la figura 4 se muestran algunas de las conformaciones del Etano. La estructura menos favorecida a nivel energético es la eclipsada ya que las nubes electrónicas de los átomos de hidrógeno se encuentran muy cercanas lo que implica que este estado tenga una mayor cantidad de energía (del orden de 12 KJ/ mol) para mantenerlos eclipsados, por lo tanto, este conformero se encuentra tan sólo en aproximadamente 1% de la mezcla; el restante 99% de la mezcla está asociada al conformero escalonado que es aquel que contiene la menor energía de torsión.

## ACTIVIDAD 2. ALCANOS Y SU ESTRUCTURA

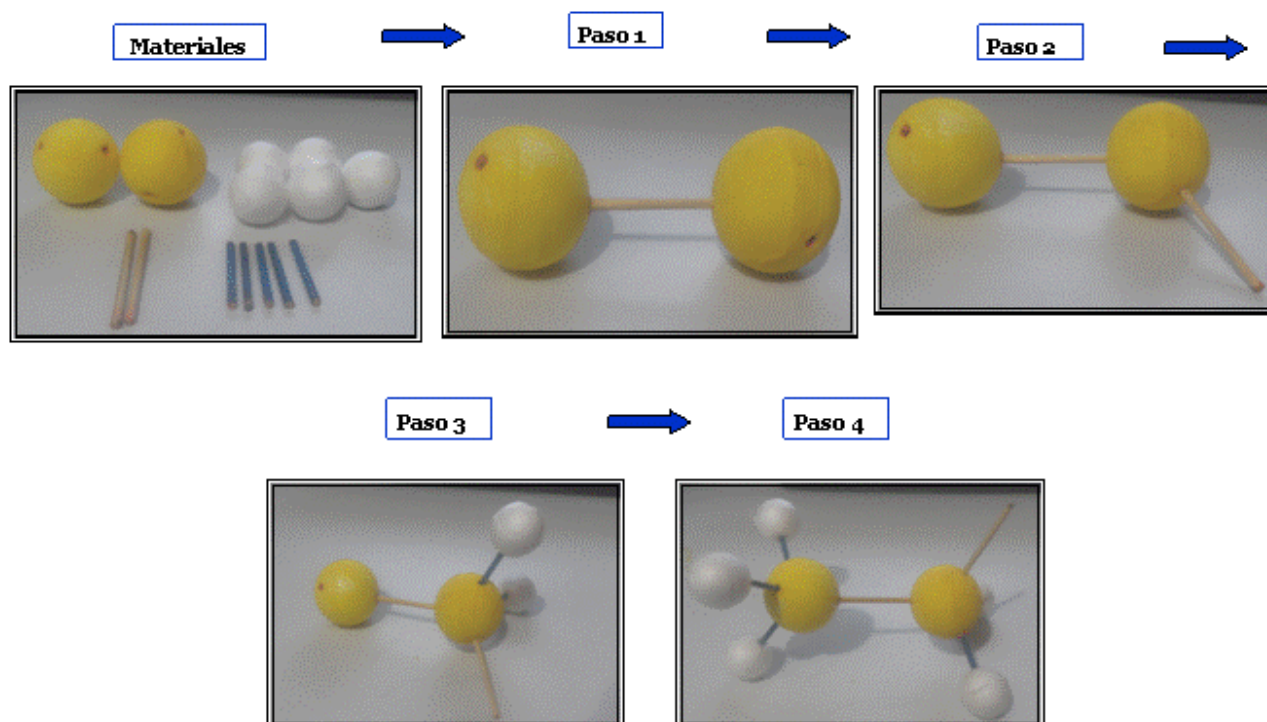
### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

Elaborar modelos de sustituyentes, cadenas lineales cortas y cadenas ramificadas de alcanos, que sirvan como punto de partida para la aclaración del concepto conformero y el análisis de la relación existente entre estructura molecular y punto de ebullición.

Es el momento de empezar a utilizar los materiales de la caja de modelos moleculares, para desarrollar esta actividad es importante que tenga en cuenta la tabla que muestra los diez primeros prefijos de la serie. Además recuerde las reglas de nomenclatura trabajadas en clase.

#### A. CONSTRUCCIÓN DE SUSUTITUYENTES

Como se está trabajando con alcanos es necesario que los modelos de átomos de carbono usados sean carbonos  $sp^3$ , además recuerde que deben estar unidos a átomos de hidrógeno. En la siguiente secuencia de imágenes se mostrará la construcción de un sustituyente etilo ( $-CH_2CH_3$ ). Usted debe elaborar los modelos de los sustituyentes: metilo, propilo e isopropilo. Dibuje cada sustituyente y escriba la fórmula estructural y la proyección de Newman correspondiente. (Vea el anexo 2).

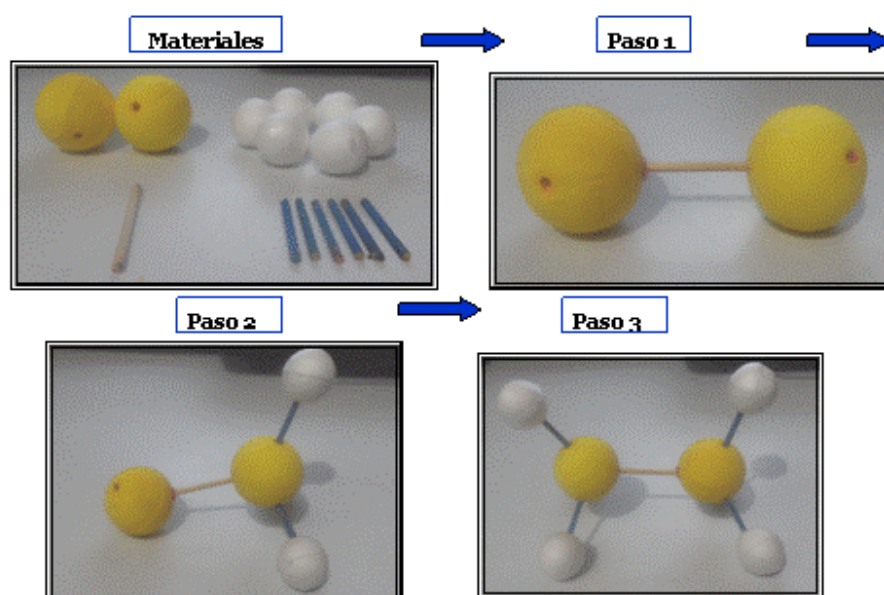


Continuación ACTIVIDAD 2.

**B. ELABORACIÓN DE CADENAS LINEALES**

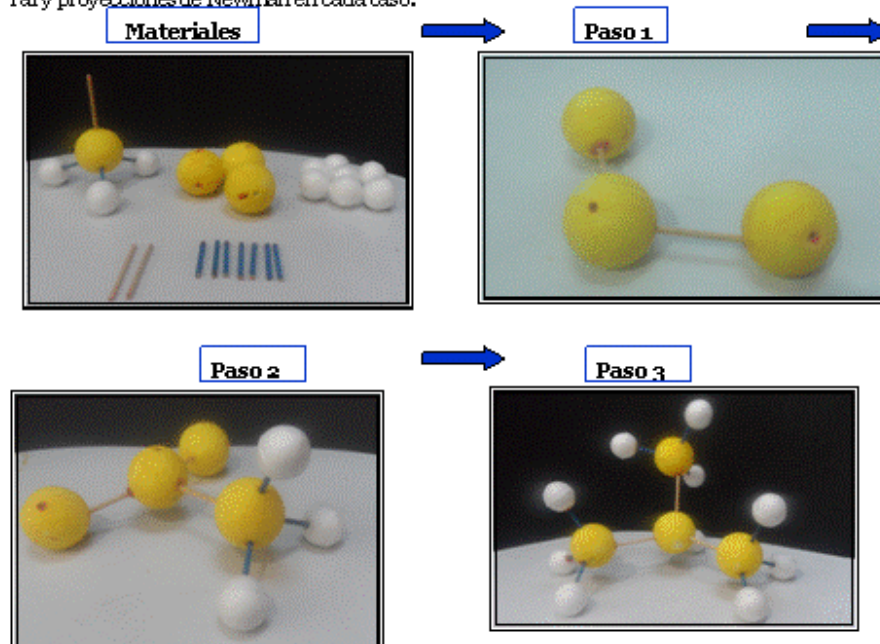
En el conjunto de fotografías que se presentan a continuación están las instrucciones para construir una molécula de etano. Además de esta molécula debe construir una molécula de metano y una de n-butano; en cada una de ellas realice la rotación sobre el eje que une los átomos de carbono y observe cada uno de los conformeros a los que se da origen.

Tome fotografías, dibuje cada una de las moléculas elaboradas y escriba las fórmulas estructural y sus respectivas proyecciones de Newman.

**B. ELABORACIÓN DE CADENAS RAMIFICADAS**

Las siguientes fotografías muestran los pasos a seguir para construir una molécula de 2-metilpropano. Elabore esta molécula y la del 3-isopropilhexano.

Tome fotografías, dibuje cada una de las moléculas elaboradas y escriba las fórmulas estructural y proyecciones de Newman en cada caso.

**Tabla 7. Prefijos para cadenas**

# Carbonos	Prefijo
1	Met-
2	Et-
3	Prop-
4	But-
5	Pent-
6	Hex-
7	Hep-
8	Oct-
9	Non-
10	Dec-

Ej. Hexano para un alcano de 6 Carbonos

**ESPACIO DE DISCUSIÓN Y REFLEXIÓN**

El enlace C - C en los modelos es un enlace sencillo. ¿qué consecuencia trae en la estructura, es estática o presenta movimiento?, ¿por qué? ¿qué interacciones hay entre los grupos?

¿Cuáles estructuras son de baja energía y cuáles de alta energía? ¿que nombre toman dichas estructuras?

Teniendo en cuenta los datos dados en la gráfica N. 3, se evidencia que el punto de ebullición de los alcanos aumenta a medida que aumenta el número de carbonos en la cadena lineal, ¿a qué se debe este fenómeno?

Si compara las estructuras del 2-metilpropano y del n-butano, notará que contienen la misma cantidad de elementos; sin embargo, sus puntos de ebullición son diferentes (-12°C y 0°C respectivamente) ¿La estructura de las moléculas mencionadas está relacionada con la variación de los puntos de ebullición? Si es así, ¿por qué?

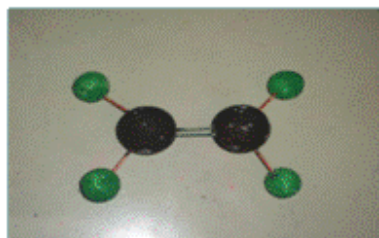


Figura 5. Modelo de Eteno o Etileno

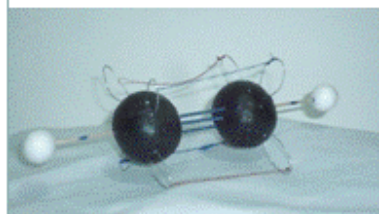


Figura 6. Modelo de Etino o Acetileno

### TEMA 3. ¿ CUÁLES SON LOS DENOMINADOS HIDROCARBUROS INSATURADOS?

En la actividad anterior se trabajó con alcanos que son hidrocarburos saturados ya que en todos los átomos de carbono de la cadena presentan hibridación  $sp^3$  de tal manera que forman enlaces sencillos con átomos de carbono e hidrógeno. Se denominan **hidrocarburos insaturados** a aquellos compuestos que presentan en sus cadenas átomos de carbono con hibridación  $sp^2$  o  $sp$ . Este es el caso de los **alquenos**, que presentan uno o más enlaces dobles, y los **alquinos** con uno o más enlaces triples.

El grado de insaturación de estos compuestos está asociado directamente a la cantidad de enlaces múltiples que se presentan en las cadenas, de tal manera que entre mayor sea el número de enlaces dobles o triples, mayor es la insaturación de los compuestos. Un compuesto insaturado es más reactivo que uno saturado ya que los enlaces  $\pi$  (que son los que se forman al combinarse los orbitales  $p$  sin hibridar) son más débiles que los enlaces  $\sigma$  (que se forman entre los orbitales híbridos).

#### ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE ALQUENOS Y ALQUINOS

Los carbonos en los alquenos (como el que se muestra en la figura 5) presentan hibridación  $sp^2$ , lo que implica tres orbitales híbridos que están en un plano con ángulos de  $120^\circ$  en una configuración trigonal. Los carbonos forman un enlace  $\sigma$  por traslape frontal de los orbitales  $sp^2$  y un enlace  $\pi$  por un traslape paralelo de los orbitales  $p_z$  no hibridados orientados perpendicularmente al plano  $sp^2$ .

Por su parte, los alquinos presentan en sus cadenas por lo menos un enlace triple carbono-carbono que resulta de la interacción de dos átomos con hibridación  $sp$ . Los dos orbitales híbridos  $sp$  del carbono permanecen en un ángulo de  $180^\circ$  uno respecto del otro a lo largo de un eje perpendicular a los dos orbitales sin hibridar  $2p_y$  y  $2p_z$ . Cuando dos carbonos con hibridación  $sp$  se aproximan, forman un enlace  $\sigma$   $sp-sp$  y dos enlaces  $\pi$   $p-p$ . Esta interacción resulta en una estructura lineal como se muestra en la gráfica N. 6

Al igual que en los alcanos, las propiedades físicas de los alquenos y los alquinos están asociadas a la cantidad de carbonos con los que cuenta la molécula, de tal manera que la densidad, el punto de fusión y el de ebullición aumentan al aumentar el número de átomos de carbono presentes en la cadena.

La presencia de enlaces  $\pi$  en los alquenos y alquinos hace que dichos compuestos tengan características diferentes a los alcanos, aunque los tres grupos de compuestos pertenecen al grupo de los hidrocarburos. En primera instancia, los enlaces  $\pi$  le dan rigidez a la molécula lo que impide que haya una rotación libre, como sucede en el caso de los alcanos de modo que NO se da origen a conformeros. En el caso específico de los alquenos se da origen a isómeros geométricos, entre ellos los isómeros *cis* y *trans*, que difieren en las posiciones de sus sustituyentes como se muestra en la figura 7 (el tema de isomerismo se trabajará en el siguiente taller). La rotación alrededor de un enlace doble no es viable ya que se requeriría que se rompa un enlace  $\pi$  y se forme otro nuevo, de manera que el proceso no es espontáneo. Por otro lado, tanto los alquenos como los alquinos presentan una reactividad mayor que los alcanos ya que es posible que lleven a cabo reacciones de adición electrofílica, donde los electrones del enlace  $\pi$  atacan a sustancias con carácter electrófilo (reactivo químico atraído hacia zonas ricas en electrones) dando origen a intermediarios denominados carbocationes que posteriormente se estabilizan al formarse un nuevo enlace  $\sigma$ . (este aspecto se tratará con mayor profundidad en temas posteriores).

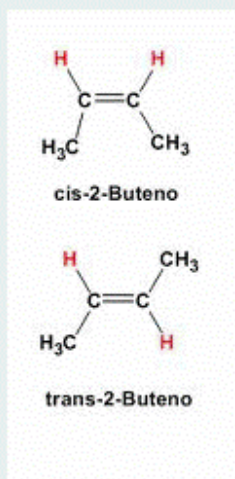


Figura 7. Isómeros del buteno.

### ACTIVIDAD N. 3. ALQUENOS Y ALQUINOS

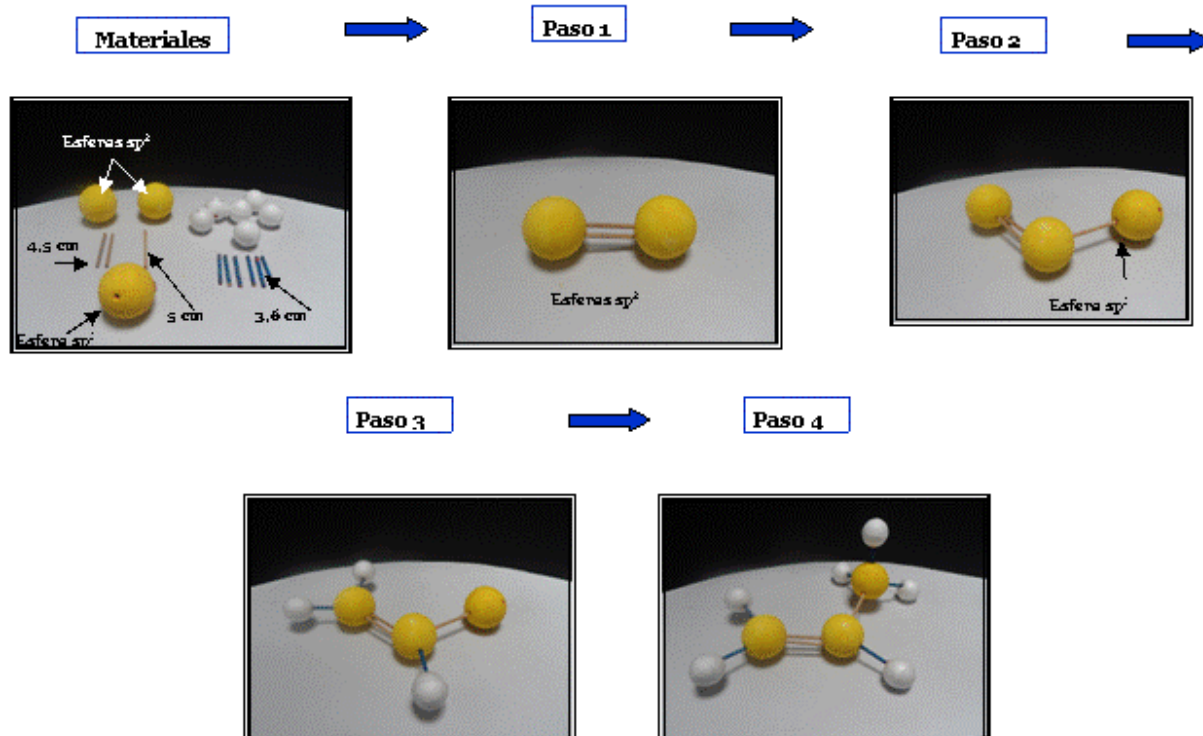
#### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

Construir modelos de alquenos y alquinos donde se evidencien las diferencias que a nivel estructural tienen con los alcanos y estudiar la incidencia que tienen en las propiedades físicas como el punto de fusión y el punto de ebullición de los compuestos.

**NOTA:** Al elaborar modelos de alquenos y alquinos es necesario el usar esferas que representen carbonos con hibridaciones  $sp^2$  y  $sp$  además de las que hasta el momento se han usado en la construcción de alcanos, así que se le sugiere remitirse a la Actividad N. 1 para recordar la manera como se construyen dichos modelos.

#### A. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE ALQUENOS

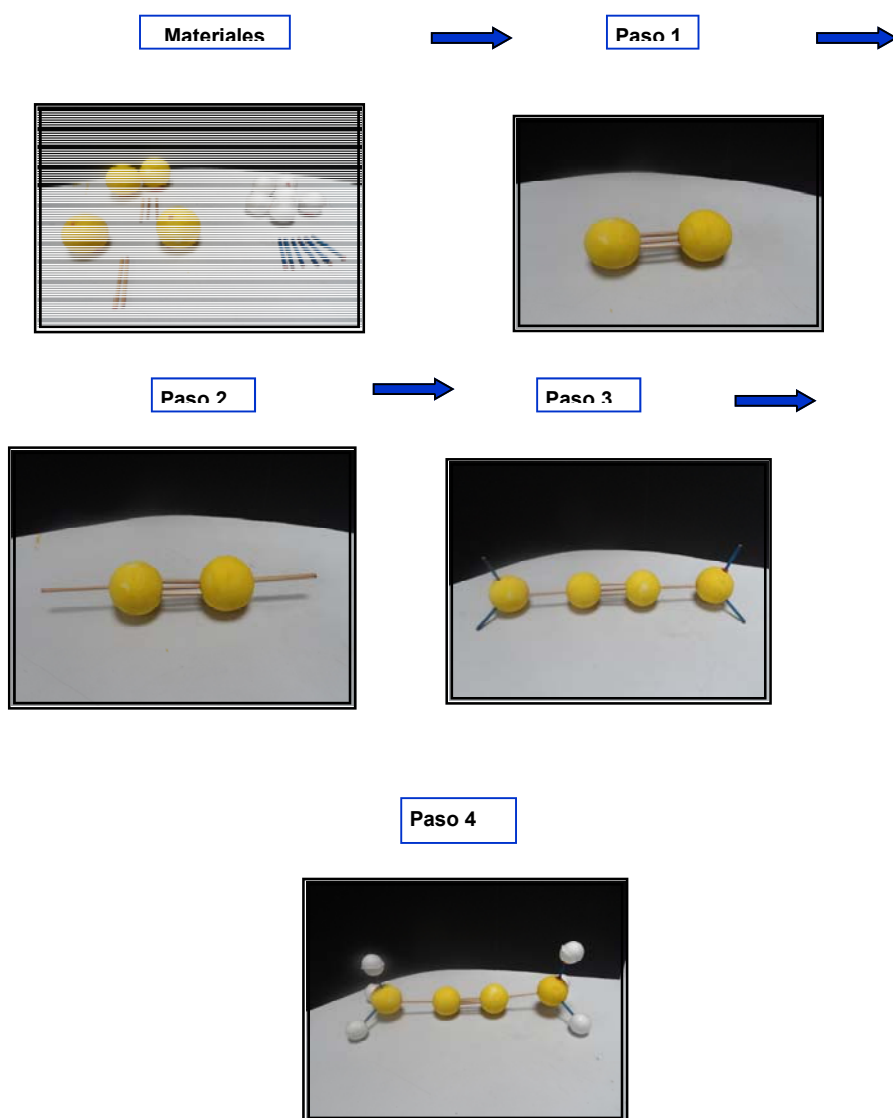
La serie de fotografías que se presentan a continuación dan orientaciones generales sobre la construcción de un modelo para el propeno, siga dichas orientaciones para construir su modelo y además construya un modelo para el Eteno, más conocido como Etileno lo mismo que para el 1- Buteno y el 2- Buteno (aplique las reglas de nomenclatura de alquenos trabajadas en clase). Tome las fotografías a sus modelos finales y elabore las fórmulas estructurales de los mismos.



Continuación ACTIVIDAD N. 3

## B. ELABORACIÓN DE MODELOS DE ALQUINOS

En el conjunto de fotografías que se presentan a continuación están las instrucciones para construir un modelo para la molécula de 2-butino. Además de esta molécula, debe construir modelos para las moléculas de Etino (más conocido como Acetileno) y de 3-metil-Hexino. Tome fotografías de cada modelo elaborado y en ellas resalte los enlaces  $\sigma$  y los enlaces  $\pi$ ; además clasifique los carbonos de cada molécula teniendo en cuenta su hibridación, finalmente escriba las fórmulas estructurales de cada compuesto.

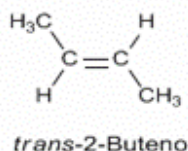
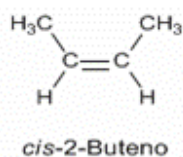


### ESPACIO DE DISCUSIÓN Y REFLEXIÓN

El enlace C - C en los modelos elaborados es un enlace múltiple (doble en el caso de los alquenos y triple en el caso de los alquinos) ¿qué diferencia encuentra entre estos enlaces y los que se forman en un alcano?, ¿por qué razón no es posible formar confórmelos?

En el caso del 2-buteno es posible organizar dos estructuras, ¿cuáles son dichas estructuras? ¿cuál de esas estructuras presenta mayor estabilidad y por qué?

¿Cuáles estructuras son de baja energía y cuáles de alta energía?



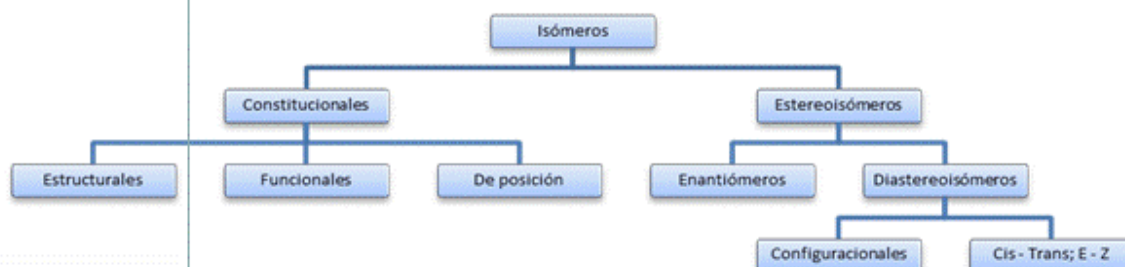
Gráfica N. 8. Isómeros *cis*- (arriba) y *trans*- (abajo) 2-buteno

## TEMA 4. ISÓMEROS, SUSTANCIAS EN LAS QUE EL ORDEN ES RELEVANTE

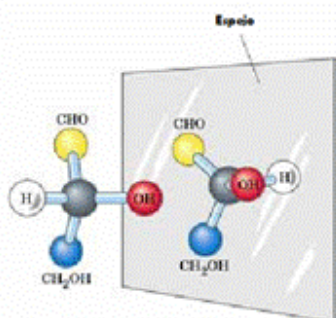
Los isómeros son grupos de compuestos químicos que tienen la misma fórmula molecular, pero difieren en su estructura, lo que trae consigo un cambio en sus propiedades tanto físicas como químicas.

Se puede dar origen a isómeros solamente cuando hay rompimiento y reorganización de los enlaces, de tal manera que es imposible que un isómero determinado se transforme en otro de manera espontánea.

### TIPOS DE ISÓMEROS

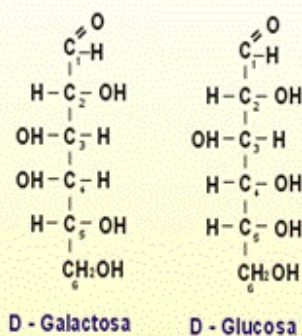


Gráfica N. 9 . Clasificación de los isómeros



Gráfica N. 9 . Estereoisómeros del gliceraldehído

Los isómeros se clasifican en dos grandes grupos: los isómeros constitucionales, que se originan cuando los átomos se conectan de manera diferente dando origen a isómeros estructurales, donde los átomos de carbono se ubican en posiciones diferentes (por ejemplo el n-butano y el iso-butano); los isómeros funcionales, que corresponden a compuestos que poseen diferentes grupos funcionales, (por ejemplo el 2-propanol y el metil-etil-éter) e isómeros de posición, donde lo que varía es la ubicación del grupo funcional (el n-propanol y el 2-propanol por ejemplo).



Gráfica N. 10. Isómeros de la glucosa

Por su parte, los estereoisómeros son isómeros cuyos átomos se conectan en el mismo orden pero con geometría diferente, por esta razón también son llamados isómeros geométricos. Entre los estereoisómeros se encuentran los enantiómeros, que son isómeros no superponibles con su imagen especular, (como el gliceraldehído que se muestra en la figura 9) y los Diastereoisómeros, que son isómeros no superponibles y sin imagen especular (como los isómeros de la glucosa mostrados en la gráfica N. 10) . En el primer caso, se observa que los isómeros (enantiómeros) se relacionan entre sí como la mano izquierda y la mano derecha y resultan cuando se une un carbono tetraédrico a 4 sustituyentes diferentes, con este tipo de compuestos se pueden obtener las configuraciones *R* y *S*, que indican el orden en el que se encuentran los sustituyentes que rodean al carbono quiral (el carbono tetraédrico que se encuentra enlazado con 4 sustituyentes diferentes). Para los diastereoisómeros galactosa y Glucosa (Gráfica N. 10) se nota que la disposición espacial de los grupos ( OH) es diferente sin llegar a ser una molécula imagen especular de la otra.

## ACTIVIDAD N. 4. ISÓMEROS

### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

Construir modelos de diferentes tipos de isómeros, reconociendo semejanzas y diferencias entre ellos, así como comparando las propiedades físicas y químicas que presentan.

#### A. CONSTRUCCIÓN DE ISÓMEROS CONSTITUCIONALES

Elabore un modelo para la molécula de n-pentano, además elabore con las mismas esferas de la mayor cantidad posible de isómeros constitucionales.

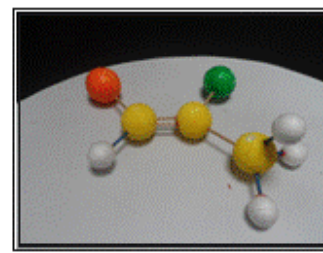
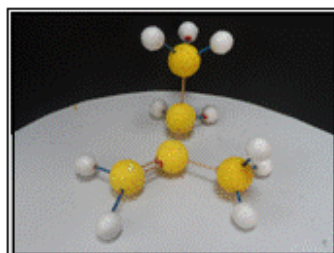
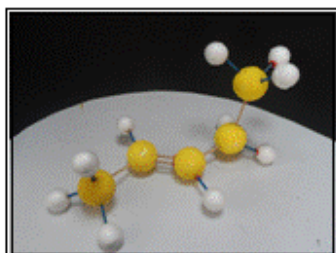
Consulte los valores de puntos de fusión y de ebullición de las moléculas que se representan con los modelos construidos y complete la siguiente tabla.

**Tabla N. 7 . Propiedades físicas de los isómeros del n- pentano**

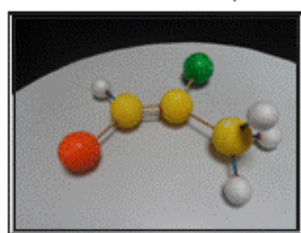
Compuesto	Peso molecular	Punto de ebullición	Punto de fusión	Densidad
n- pentano	72 g/mol	36° C	- 130°C	0,63 g/cm <sup>3</sup>

#### B. CLASIFICACIÓN DE ESTEREOISÓMEROS

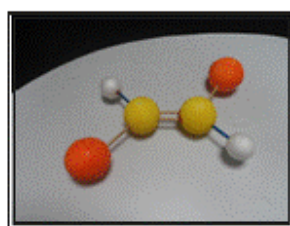
Nombre los compuestos que se encuentra en las siguientes fotografías, organícelos por grupos de isómeros y establezca que tipos de isómeros son. (Use para ello la información dada en la sección anterior y consulte a su profesor cada vez que considere necesario).



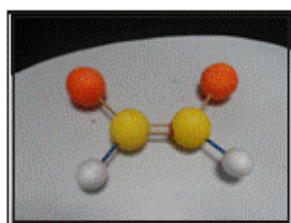
Continuación ACTIVIDAD N. 4



(4)



(5)



(6)

### C. CONSTRUCCIÓN DE ISÓMEROS E Y Z

La gráfica N. 10 muestra la organización de los sustituyentes en los isómero E y Z (cuya nomenclatura se utiliza cuando los sustituyentes que rodean al enlace doble son todos distintos). Tenga en cuenta las orientaciones y las reglas *Cahn-Ingold-Prelog* (sobre prioridad de los sustituyentes) que se encuentran en el anexo 2, para construir los modelos de los isómeros E y Z del 1-Bromo-2-cloro propeno y del 3-metil-1,3-pentadieno. (Recuerde tomar fotografías de sus modelos y elaborar la fórmula estructural para cada uno.

La secuencia de fotografías que encuentra a continuación muestra cómo construir los modelos de los compuestos cuyas fórmulas encuentra en la gráfica N. 11.



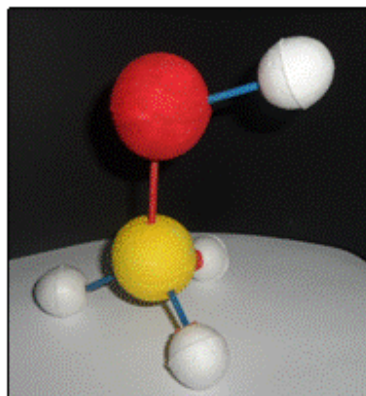
Gráfica N. 11. Isómeros E (arriba) y Z (abajo) del 1-Bromo-1-Fluor-propeno



### ESPACIO DE DISCUSIÓN Y REFLEXIÓN

#### REFLEXIÓN

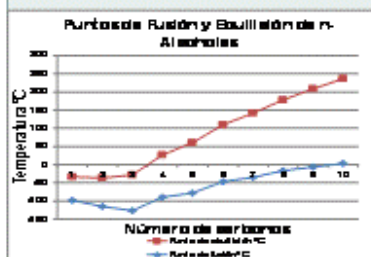
- Los isómeros cis y trans se diferencian por la posición de los sustituyentes, para el 2-buteno cuál de los isómeros (cis o trans) es la que implica la menor cantidad de energía.
- Qué puede decir respecto a las interacciones entre sustituyentes alrededor de un carbono quiral o de un doble enlace, o a medida que los sustituyentes aumentan de tamaño?
- Las evidentes diferencias entre los isómeros cis y trans y los isómeros E y Z (la cantidad de sustituyentes) inciden sobre las propiedades de los compuestos; ¿qué datos requeriría para confirmar esta afirmación?



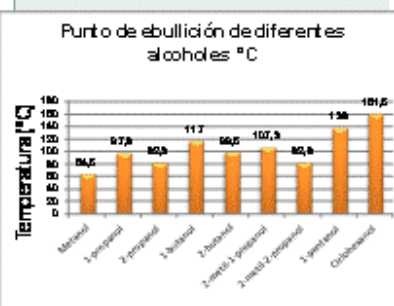
Gráfica N. 10. Modelo del metanol

## TEMA 5. ALCOHOLES COMO DERIVADOS ORGÁNICOS DEL AGUA

Los alcoholes pueden considerarse como derivados orgánicos de la molécula de agua; por esta razón presentan características similares. Un ejemplo bastante claro es la geometría de una molécula de alcohol alrededor del átomo de oxígeno, donde el enlace R–O–H presenta un ángulo casi tetraédrico. Además, al igual que el agua las moléculas presentan interacciones conocidas como puentes de hidrógeno, donde estos átomos son atraídos por los electrones no apareados de los átomos de oxígeno de moléculas vecinas. Este factor incide en los puntos de fusión y ebullición de los compuestos que son considerablemente mayores a los de alcanos o cicloalcanos de pesos moleculares similares. Los puntos de fusión y ebullición de los primeros 10 alcoholes lineales se encuentran relacionados en la gráfica N. 10. Una similitud más con la molécula de agua es que pueden comportarse como ácidos y bases débiles, formando el ión oxonio ( $\text{ROH}_2^+$ ) cuando se comporta como base débil y el ion alcóxido ( $\text{RO}^-$ ) cuando lo hace como un ácido débil. Gracias a todas estas propiedades, los alcoholes tienen una amplia aplicación a nivel industrial, en especial al ser empleados como disolventes en una gran variedad de procesos. Además, el etanol y el metanol se usan como combustibles ya el proceso es más eficiente y la emisión de contaminantes es notoriamente menor que al emplear hidrocarburos.



Gráfica N. 11. Puntos de Fusión (azul) y ebullición (rojo) de los 10 primeros alcoholes lineales.



Gráfica N. 12. Puntos de ebullición de alcoholes representativos.

## OTRAS PROPIEDADES DE LOS ALCOHOLES

Los alcoholes se clasifican teniendo en cuenta el carbono al cual se encuentra unido el grupo funcional hidroxilo (-OH); en este caso se habla de alcoholes primarios, secundarios y terciarios si el carbono al que se encuentra unido el grupo OH es primario, secundario o terciario, respectivamente. A medida que aumenta el grado de sustitución del Carbono al cual se encuentra enlazado el grupo OH, disminuye la superficie de contacto de la molécula lo que hace que las fuerzas de atracción intermolecular sean menores que en el caso de compuestos con una similar cantidad de carbonos pero con estructura lineal. Esta disminución incide directamente en el punto de fusión y ebullición de las sustancias, tal como puede evidenciarse en la gráfica N. 12, donde puede observarse varios grupos de alcoholes isómeros con diferentes puntos de ebullición y aquellos que se encuentran más sustituidos son los que cuentan con puntos de ebullición más bajos.

En cuanto a su solubilidad, cabe destacar que en la estructura de los alcoholes se encuentra un extremo hidrofílico (el grupo hidroxilo -OH), y uno hidrofóbico (el grupo alquilo) lo que hace que los alcoholes con un grupo alquilo pequeño (de 1 a 4 átomos de carbono) sean solubles en agua, disminuyendo la solubilidad a medida que aumenta el tamaño del grupo alquilo ya que la fracción apolar va tomando más fuerza, de tal manera que a partir del hexanol son prácticamente insolubles en agua. De la misma manera, al aumentar el grupo alquilo disminuye la polaridad, los alcoholes con grupos alquilo de gran tamaño son solubles en una gran variedad de solventes no polares.

Además de los alcoholes lineales y ramificados, también se encuentran alcoholes polihidroxilados (que contienen dos o más grupos hidroxilo -OH), donde uno de los más conocidos es el glicerol o glicerina ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ); en estos compuestos a medida que aumenta la presencia de grupos hidroxilo -OH, aumenta la polaridad del compuesto y, por lo tanto, su solubilidad en agua.

## ACTIVIDAD N. 5. ALCOHOLES

### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

Reconocer diferencias a nivel estructural de alcoholes primarios, secundarios y terciarios a partir de la construcción de modelos de los mismos, para estar en capacidad de inferir acerca de la relación que tiene dicha estructura con propiedades como polaridad, puntos de fusión y ebullición y alta reactividad química.

#### A. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE ALCOHOLES PRIMARIOS, SECUNDAARIOS Y TERCARIOS

Recuerde que los alcoholes cuentan en su estructura con un átomo de oxígeno que, como ya se menciona en el tema N. 1, puede presentar hibridaciones  $sp^2$  y  $sp^3$ , en este caso la hibridación es  $sp^3$  donde el ángulo de enlace es de aproximadamente  $109^\circ$  y además cuenta con dos pares de electrones sin aparear. Estas características del átomo de oxígeno son relevantes al momento de hablar de las propiedades de los alcoholes, por tal razón es muy importante que los modelos que se construyan las evidencien.

La secuencia de fotografías que se muestran a continuación dan orientaciones generales acerca de cómo construir un alcohol primario (etanol), uno secundario (2- propanol) y uno terciario (2-metil-2-propanol). Elabore estos modelos con los materiales de su caja de modelos moleculares y los modelos de 6 alcoholes más (2 de cada clase). No olvide tomar fotografías de sus modelos y escribir su fórmula estructural.

Paso 1

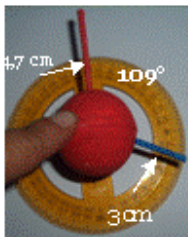
➔


Paso 2

*Construcción grupo hidroxilo -OH*

➔





*Construcción Alcohol Primario*

Materiales

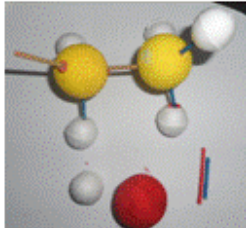
➔

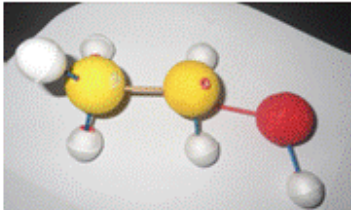
Paso 1

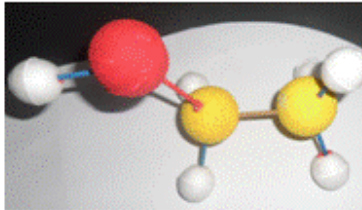
➔

Paso 2

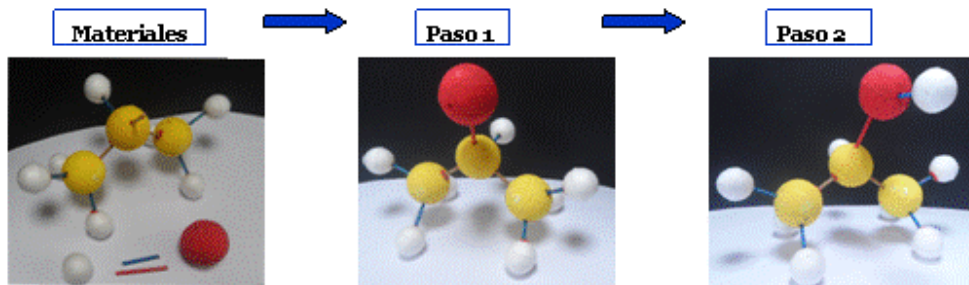




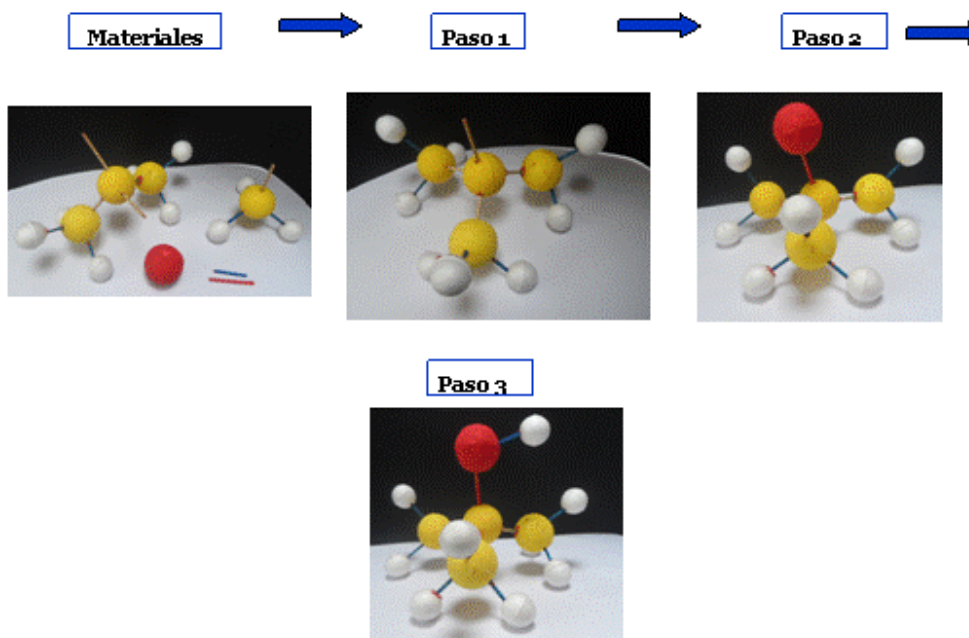


Continuación ACTIVIDAD N. 5

**Construcción Alcohol Secundario**



**Construcción Alcohol Terciario**



Tipo	Estructura	Ejemplos
alcohol primario	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OH} \text{ (etanol)} \\   \\ \text{H} \end{array}$
alcohol secundario	$\begin{array}{c} \text{R}' \\   \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OH} \text{ (2-butanol)} \\   \\ \text{H} \end{array}$
alcohol terciario	$\begin{array}{c} \text{R}' \\   \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{R}'' \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OH} \text{ (2-metil-2-propanol)} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

**Tabla N. 8 Tipos de Alcoholes**



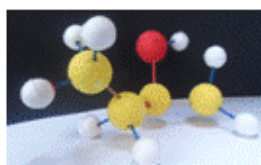
**ESPACIO DE DISCUSIÓN Y REFLEXIÓN**

Al aumentar el tamaño de la cadena carbonada de un alcohol, la solubilidad en agua de este compuesto va disminuyendo; pero al aumentar el número de grupos hidroxilo -OH, la solubilidad en agua del compuesto se incrementa; ¿cuál es la relación que hay entre este fenómeno y la estructura de las moléculas?

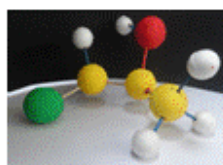
Si revisa cuidadosamente los datos proporcionados en las gráficas N. 11 y 12, encontrará que como en todos los compuestos orgánicos, el peso molecular tienen una incidencia directa sobre los puntos de fusión y ebullición de los alcoholes; sin embargo estos son notoriamente mayores que en los alcanos de pesos moleculares similares, ¿por qué razón sucede esto?, ¿Por qué estas temperaturas no son iguales para todos los isómeros?

**B. CLASIFICACIÓN DE MODELOS DE ALCOHOLES**

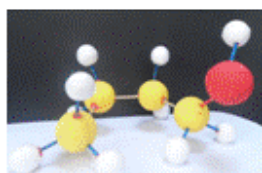
Establezca el nombre, escriba la fórmula estructural y clasifique como primario, secundario o terciario para cada uno de los modelos que encuentra en las siguientes fotografías.



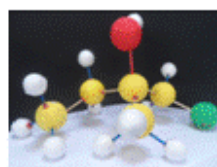
(1)



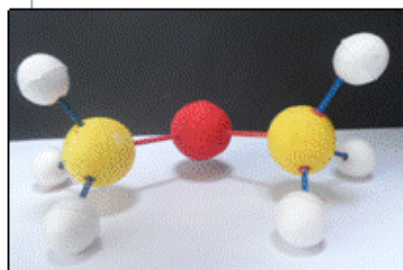
(2)



(3)



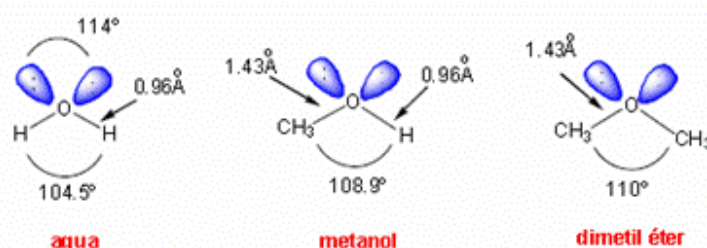
(4)



Gráfica N. 10. Modelo del dimetil éter

## TEMA 6. ÉTERES, OTROS COMPUESTOS FAMILIARES DEL AGUA

Al igual que los alcoholes, los éteres pueden considerarse derivados orgánicos del agua, sólo que en este caso, los dos átomos de hidrógeno son sustituidos por grupos orgánicos, este hecho hace que los dos tipos de compuestos tengan algunas características similares; en el caso de los éteres el ángulo de enlace R–O–R es aproximadamente de  $110^\circ$  (como se muestra en la gráfica N. 11), donde el oxígeno presenta hibridación  $sp^3$ , de tal manera que la geometría de éteres, alcoholes y agua es similar. A pesar de no contener el grupo hidroxilo –OH, los éteres son compuestos polares ya que cada uno de los enlaces C–O está polarizado de tal manera que la carga negativa está direccionada hacia el átomo de Oxígeno (por tener un mayor electronegatividad), de manera que el de carbono queda con una carga parcialmente positiva, o que facilita que haya interacciones dipolo–dipolo; sin embargo, estas interacciones son mucho más débiles que los puentes de hidrógeno que se forman en las moléculas de alcoholes y de agua de tal manera que los puntos de fusión y ebullición



Gráfica N. 11. Semejanzas de las estructuras del agua, el metanol y el dimetil éter. Tomado de [www.sinorg.uji.es](http://www.sinorg.uji.es)

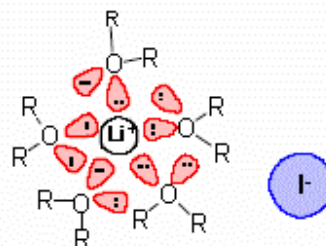
Compuesto	Peso molecular	Punto de ebullición
Agua	18 g/mol	100 °C
Etanol	46 g/mol	78 °C
Dimetil éter	46 g/mol	-25 °C
Propano	44 g/mol	-42 °C
n-butanol	74 g/mol	118 °C
Dietiléter	74 g/mol	35 °C
Pentano	72 g/mol	36 °C

Tabla N. 9. Puntos de ebullición de alcanos, alcoholes y éteres con pesos moleculares similares.

## ÉTERES COMO DISOLVENTES

Los éteres son ampliamente usados como disolventes en reacciones orgánicas debido a que no reaccionan fácilmente y a que no tienen un carácter tan ácido como los alcoholes (también usados como solventes). Su acción como disolvente de sustancias iónicas está asociada a la manera en que las moléculas de éteres solvatan a los cationes de las sales, ya que los electrones no enlazados del Oxígeno rodean los cationes (iones con carga positiva), mientras que las cadenas carbonadas del compuesto no interactúan con los aniones, dejándolos libres. Esta situación es ventajosa si los aniones se van a emplear como nucleófilos en reacciones orgánicas, que sigan por ejemplo procesos  $S_N2$ . ([www.sinorg.uji.es](http://www.sinorg.uji.es)).

La siguiente gráfica ilustra cómo sucede el proceso.



Gráfica N. 12. Efecto de solvatación en la disolución de LiI en un éter. Tomado de [www.sinorg.uji.es](http://www.sinorg.uji.es)

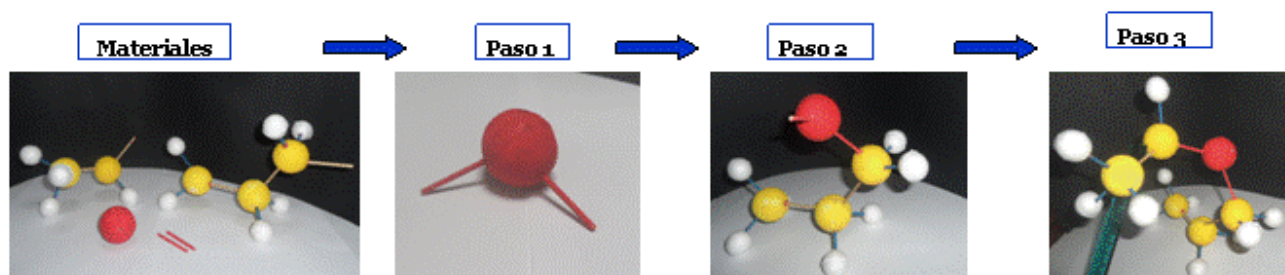
## ACTIVIDAD N. 6. ÉTERES

### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

Elaborar modelos de éteres para identificar semejanzas y diferencias con las moléculas de alcoholes y las de agua, de manera que pueda identificar las razones para que los puntos de fusión y ebullición de los éteres sean menores a los de alcoholes con pesos moleculares similares.

#### A. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE ÉTERES CON GRUPOS ALQUILO LINEALES

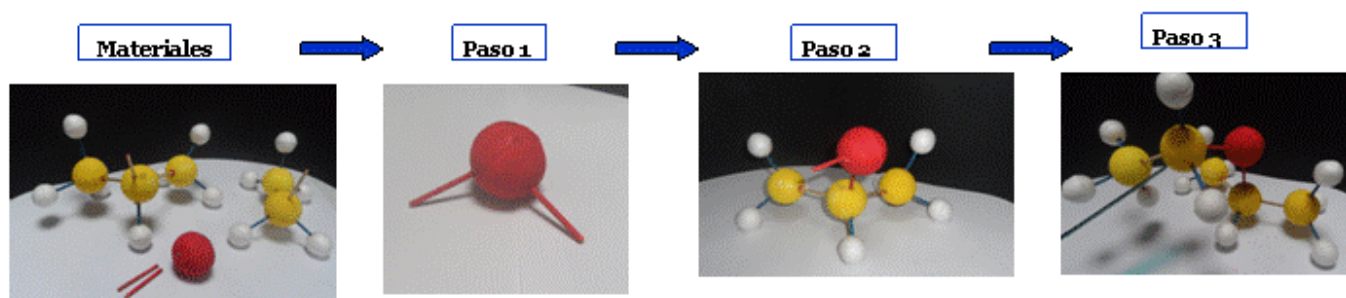
Los éteres se clasifican como simétricos o asimétricos, en el primer caso los dos grupos unidos al oxígeno son iguales, mientras en el segundo caso los grupos enlazados son distintos. En la siguiente serie de fotografías se muestran los pasos para construir un éter asimétrico, el etil-propiléter, construya este modelo y los modelos correspondientes al dibutiléter, metil-etiléter y del propil-butiléter. Para cada modelo tome la fotografía correspondiente, escriba la fórmula molecular del compuesto y clasifíquelo como simétrico o asimétrico.



*Nota:* debido a que el modelo es espacialmente más complejo que los anteriores, se hace necesario buscar estrategias para sostener la estructura

#### B. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE ÉTERES CON GRUPOS ALQUILO RAMIFICADOS

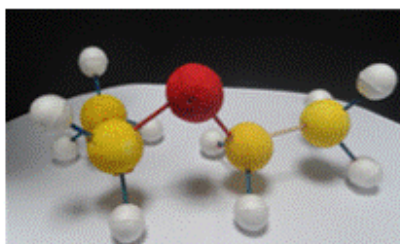
En la siguiente serie de fotografías encuentra las instrucciones para construir el modelo que corresponde a un éter con grupos ramificados, construya el modelo, nómbralo, tome la fotografía a su modelo y escriba la fórmula estructural correspondiente.



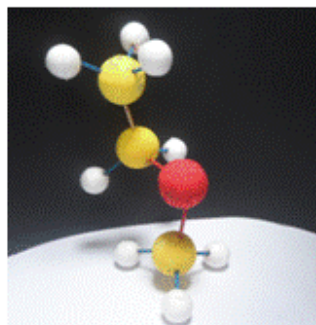
Continuación ACTIVIDAD N. 6

**C. INTERPRETACIÓN DE MODELOS**

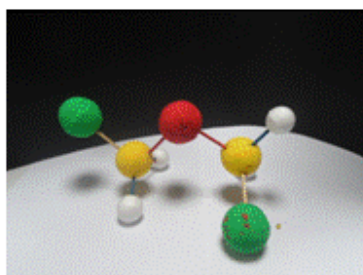
Las fotografías que encuentra a continuación son de modelos de éteres, para cada caso nombre el compuesto que representa cada modelo, escriba su fórmula estructural y consulte algunas características de mismo como las que se le sugieren en l Tabla N. 10.



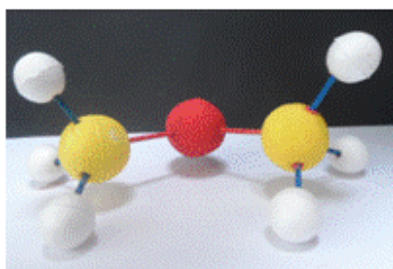
1



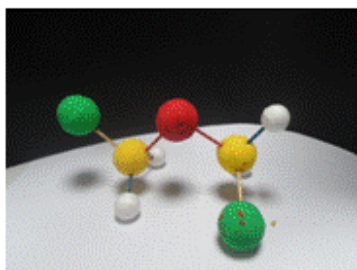
2



3



4



5

Compuesto	Peso molecular	Punto de fusión	Punto de ebullición	Densidad

Tabla N. 10. Algunas propiedades físicas de los compuestos trabajados en la actividad C

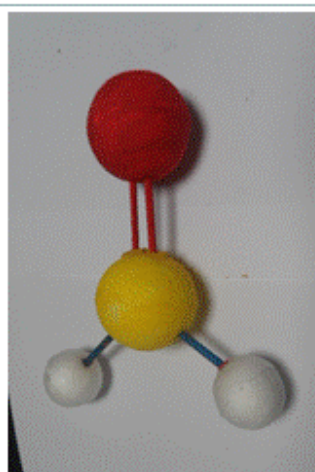


**ESPACIO DE DISCUSIÓN Y REFLEXIÓN**

Si revisa los valores de punto de fusión y ebullición de los alcoholes notará que son notoriamente mayores a los de los éteres de peso molecular similar, ¿a qué se debe esta diferencia?, ¿por qué a pesar de que alcoholes y éteres tienen estructuras similares, estos últimos no pueden formar puentes de hidrógeno?

¿Qué característica de los éteres es la se aprovecha para usarlos como disolventes en una gran variedad de reacciones orgánicas?

¿A qué se debe la polaridad de los éteres? ¿Cuáles son las características de la estructura de estas moléculas que están asociadas con dicha propiedad?

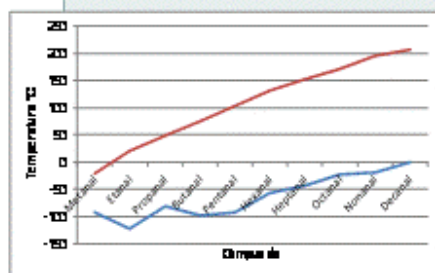


Gráfica N. 13. Modelo del formal-

## TEMA 7. ALDEHÍDOS, COMPUESTOS AMPLIAMENTE DIFUNDIDOS EN LA NATURALEZA

Un aldehído es un compuesto orgánico donde el carbono del grupo carbonilo ( $C=O$ ) está unido por lo menos a un hidrógeno y el enlace restante lo hace con una cadena carbonada o con otro átomo de hidrógeno. Es el grupo carbonilo ( $C=O$ ) es el responsable de características como la alta polaridad de los aldehídos, que a su vez es la que permite que los aldehídos estén en capacidad de disolver sustancias polares y que tengan una alta reactividad; por otro lado las interacciones dipolo-dipolo que se originan alrededor de los grupos carbonilo hacen que los puntos de fusión y ebullición de los aldehídos sean mayores que los de los alcanos, sin embargo, el que no estén en capacidad de formar puentes de hidrógeno hace que dichas características sean menores que los alcoholes (Gráfica N. 14), es así como, a temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ , los aldehídos con uno o dos carbonos son gaseosos, de 3 a 11 carbonos son líquidos y los demás son sólidos.

Por otra parte, estos compuestos presentan también olores penetrantes y generalmente desagradables. Con el aumento de la masa molecular esos olores van volviéndose menos fuertes hasta volverse agradables en los términos que contienen de 8 a 14 carbonos. Algunos de ellos encuentran inclusive su uso en perfumería (especialmente los aromáticos).



Gráfica N. 14. Puntos de Fusión (azul) y ebullición (rojo) de los primeros 10 aldehídos lineales.

Las Cetonas y los Aldehídos son los compuestos que se encuentran con mayor frecuencia en la naturaleza donde se presentan como fragancias y sabores; además, el grupo carbonilo ( $C=O$ ), característico de los aldehídos, está presente en la mayor parte de las moléculas biológicas, al igual que la mayor parte de los agentes farmacéuticos y muchas de las sustancias químicas con las que tratamos todos los días (McMurry, 2002). A nivel industrial los aldehídos son producidos a gran escala debido a su amplia aplicación como solventes y como precursores de algunos procesos

### OTRAS CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS AL GRUPO CARBONILO

Al igual que los alquenos, los compuestos carbonílicos son planos respecto al enlace doble y tienen ángulos de enlace de aproximadamente de  $120^{\circ}$ , tal como se muestra en la tabla N. ; además, el enlace doble Carbono-Oxígeno es más corto ( $122\text{ pm}$  frente a  $143\text{ pm}$ ) y más fuerte que el enlace sencillo Carbono-Oxígeno; por otra parte, el enlace está fuertemente polarizado debido a la diferencia de electronegatividad entre el átomo de Carbono y el de Oxígeno, de tal forma que la carga negativa se dirige hacia este último y, al ser compuestos polares, están en capacidad de disolver sustancias polares.

Enlace	Ángulo enlace	Enlace	Longitud enlace
H - C - C	$118^{\circ}$	C = O	$122\text{ pm}$
C - C = O	$121^{\circ}$	C - C	$150\text{ pm}$
H - C = O	$121^{\circ}$	OC - H	$109\text{ pm}$

Tabla N. 11. Algunas características del grupo Carbonilo

El grupo carbonilo ( $C=O$ ) es altamente reactivo, debido a que el Carbono del grupo, al poseer una carga positiva parcial se convierte en un sitio electrofílico donde actúan fácilmente los nucleófilos; mientras el Oxígeno, al poseer la densidad de carga negativa, se convierte en un sitio nucleofílico, de manera que reacciona con electrófilos. De aquí que se de origen a reacciones tanto nucleofílicas como electrofílicas, hecho que incide de manera directa en la gran variedad de reacciones que sufren los aldehídos.

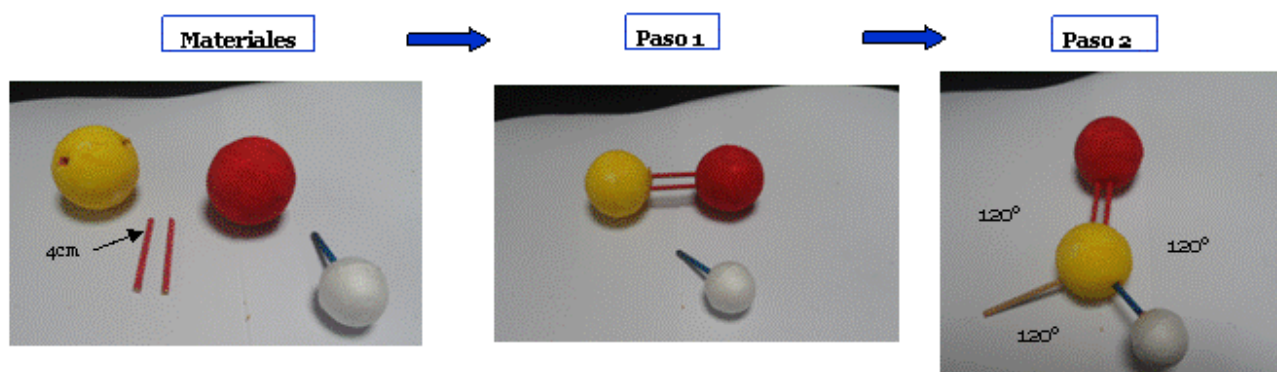
## ACTIVIDAD N. 7 ALDEHÍDOS

### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

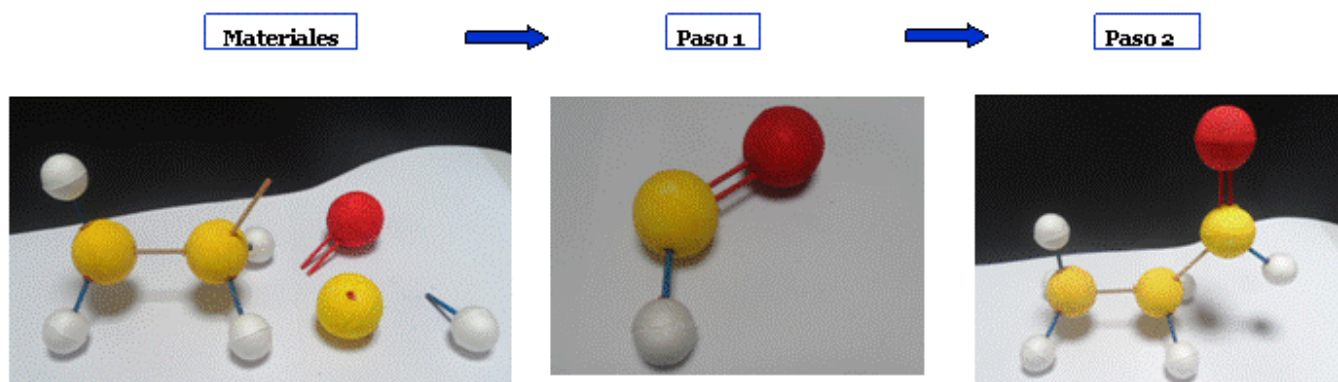
Reconocer diferencias a nivel estructural entre aldehídos los compuestos orgánicos hasta el momento trabajados, resaltando la incidencia que tiene la presencia del grupo carbonilo en características como la polaridad, estado físico y reactividad de estos compuestos

### A.CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE ALDEHÍDOS LINEALES

Recuerde que los aldehídos son compuestos carbonílicos, donde ese grupo carbonilo ( $C=O$ ) le confiere propiedades específicas a este tipo de compuestos. Por esta razón es importante iniciar el trabajo con la construcción de un modelo de dicho grupo, para lo cual se sugiere sigan las instrucciones que se muestra en la siguiente secuencia fotográfica, donde se tienen en cuenta los valores mencionados en la tabla N. 11.



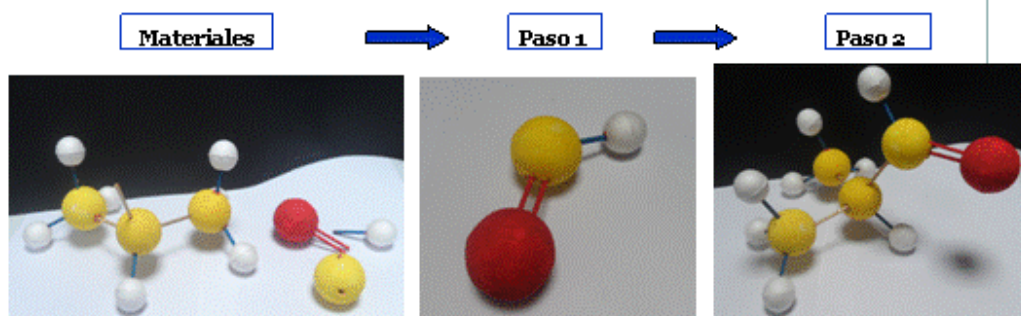
En la siguiente serie de fotografías encuentra las instrucciones para construir el modelo que corresponde al aldehído lineal de tres carbonos. Para este caso, elabore el modelo, escriba la fórmula estructural correspondiente así como el nombre. Además repita el proceso con 3 aldehídos más de los que se encuentran en la gráfica N. 14.



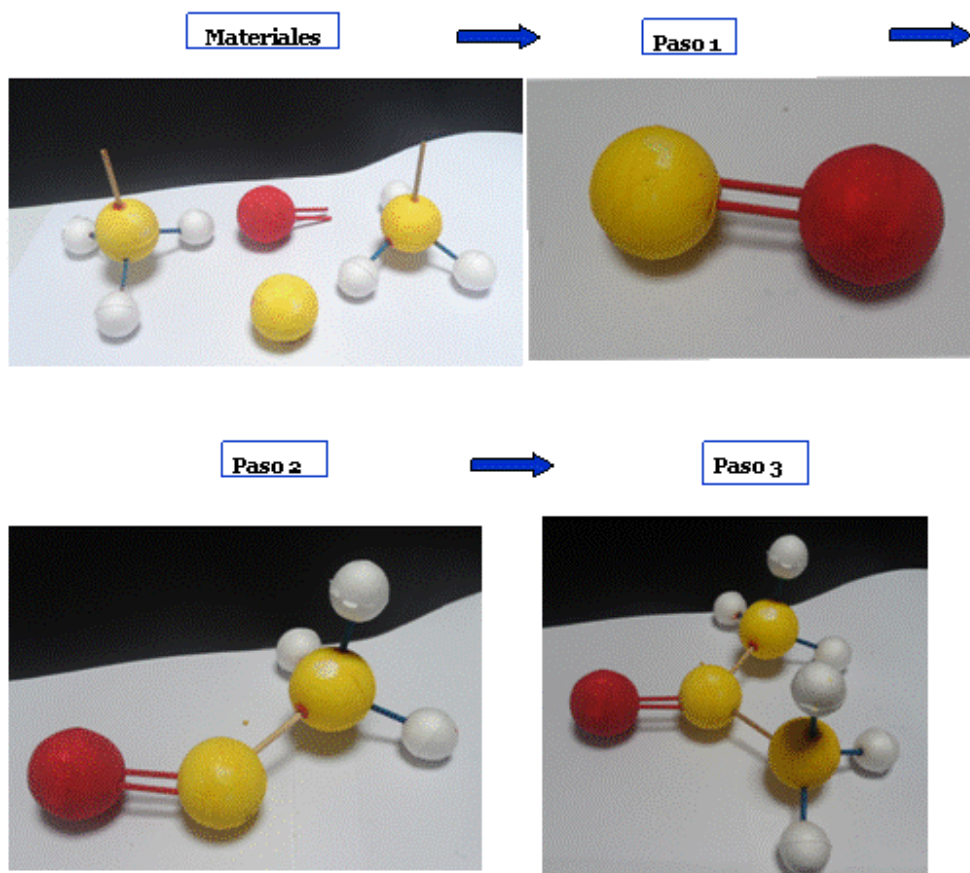
Continuación ACTIVIDAD N. 7

**B. ELABORACIÓN DE MODELOS DE ALDEHÍDOS SUSTITUIDOS**

La siguiente serie de fotografías muestra la construcción del 2-metilpropanal. Use sus esferas para construir el modelo, escriba la fórmula estructural del compuesto y el nombre alternativo. Además elabore los modelos del neopentaldehído y de el 2,3-dimetil hexanaldehído. No olvide para cada modelo tomar la fotografía correspondiente, así como escribir su fórmula estructural.

**B. ELABORACIÓN DE MODELOS DE CETONAS**

Las cetonas podrían considerarse como derivados de los aldehídos, donde el hidrógeno terminal unido al grupo carbonilo es sustituido por una cadena carbonada. En la siguiente serie de fotografías se realiza la construcción de la 2-propanona o acetona, elabore este modelo y el de la 2-butanona y la 3-heptanona. Como en todos los modelos elaborados, tome fotografías, haga las fórmulas estructurales y escriba los nombres correspondientes.

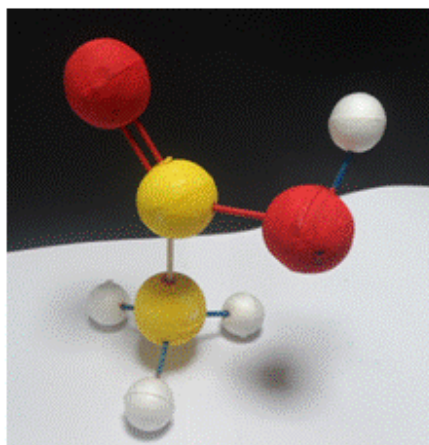
**ESPACIO DE DISCUSIÓN Y REFLEXIÓN**

Los aldehídos hasta con 4 átomos de carbono son completamente solubles en agua, debido a su alta polaridad. ¿Cómo puede explicarse dicha polaridad tomando como referencia la estructura de la molécula?

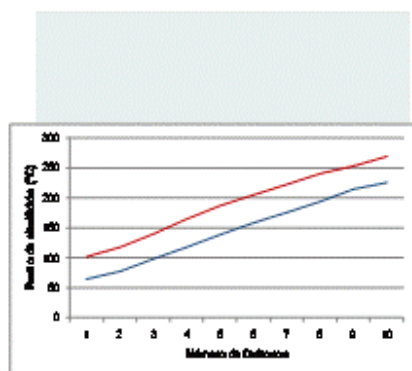
¿Es posible que los aldehídos formen puentes de hidrógeno? ¿por qué?

**Paso 2**

Consulte los puntos de fusión y ebullición de algunas cetonas y compárelos con los de aldehídos con similar cantidad de carbonos. ¿A qué se deben las diferencias?



Gráfica N. 15. Modelo del ácido acético



Gráfica N. 16. Comparación de los Puntos de Fusión de alcoholes (azul) y ácidos carboxílicos (rojo)

Enlace	Ángulo enlace	Enlace	Longitud enlace
C - C = O	119°	C = O	125 pm
C - C - OH	119°	C - C	152 pm
O = C - OH	122°	C - OH	131 pm

Tabla N. 11. Algunas características del grupo Carboxilo

## TEMA 8. ÁCIDOS CARBOXÍLICOS, PUNTO DE PARTIDA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA GRAN VARIEDAD DE COMPUESTOS

Los ácidos carboxílicos son compuestos cuyo grupo funcional resulta de la unión de un grupo carbonilo ( C = O), con un grupo hidroxilo ( - OH), por tanto exhiben propiedades que pueden asimilarse en algunas ocasiones a las de aldehídos y cetonas (por ejemplo en cuanto a la estructura del grupo) y en otras a las de los alcoholes( la posibilidad de formar puentes de hidrógeno, como un ejemplo de ello).

Al igual que cualquier compuesto químico, las propiedades de los ácidos carboxílicos están estrechamente ligadas a la estructura de su grupo funcional (el grupo carboxilo - COOH), que en este caso cuenta con un átomo de carbono con hibridación  $sp^2$ , enlazado a un átomo de Oxígeno con hibridación  $sp^2$  y a otro con hibridación  $sp^3$  formando un ángulo de enlace de aproximadamente  $120^\circ$ , los valores de ángulos y longitudes de enlace se encuentran en la tabla N. , este grupo funcional es altamente reactivo y posee un carácter típicamente ácido, razón por la cual da origen a una gran variedad de compuestos entre los que se puede destacar a los ésteres, los cloruros de acilo, las amidas, los ésteres, los tioésteres y los aminoácidos, estos últimos los trabajaremos posteriormente.

La posibilidad de formar puentes de hidrógeno, hace que la mayor parte de los ácidos carboxílicos se encuentren como dímeros cíclicos unidos entre pi por dos puentes de hidrógeno, hecho que tienen incidencia directa sobre sus puntos de fusión y ebullición, siendo estos más elevados que los de los alcoholes con similar cantidad de carbonos.

Además el grupo carboxilo es polar, de tal manera que los ácidos carboxílicos pequeños (hasta con 4 átomos de carbono) son solubles en solventes polares como el agua y a medida que aumenta su tamaño, disminuye su solubilidad en la misma, pero aumenta la solubilidad en solventes orgánicos y no polares.

### ÁCIDOS CARBOXÍLICOS MÁS COMUNES

Aunque el ácido carboxílico más conocido es el acético (presente en el vinagre) hay una gran variedad de sustancias ampliamente conocidas que son ácidos carboxílicos; por ejemplo, el ácido fórmico (el más sencillo de todos los ácidos carboxílicos) es un líquido peligrosamente cáustico con un olor irritante y es un componente de la picadura de ciertas hormigas, este compuesto se usa como conservador en las industrias cervecera y vinícola; por otra parte, el ácido butírico ( $C_4H_8O_2$ ) contribuye al fuerte olor de la mantequilla rancia y otras grasas.; el ácido láctico ( $C_3H_6O_3$ ) se forma cuando la leche se agria y el tejido muscular se cansa, también es un producto de la degradación bacteriana de la sacarosa por microorganismos en la placa dental. ( Bailey Jr y Bailey 1995)

Otros ejemplos son el ácido cólico ( $C_{26}H_{46}O_6$ ), que es un componente principal de la bilis humana y los ácidos alifáticos de cadena larga, como el palmítico( $C_{16}H_{32}O_2$ ), que son precursores biológicos de grasas y aceites vegetales. Es de esta manera que los ácidos carboxílicos no son solamente importantes como precursores de moléculas más complejas, sino que también están presentes en muchas sustancias con gran aplicación a nivel biológico o industrial.

## ACTIVIDAD N. 8

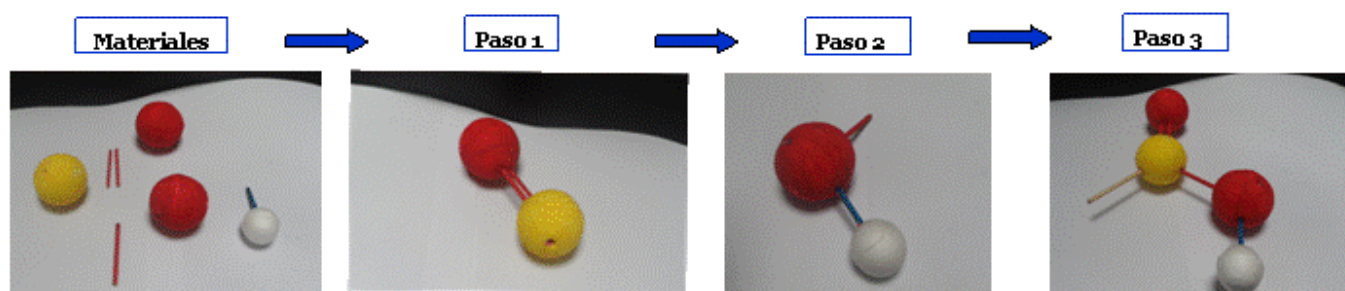
### ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

#### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

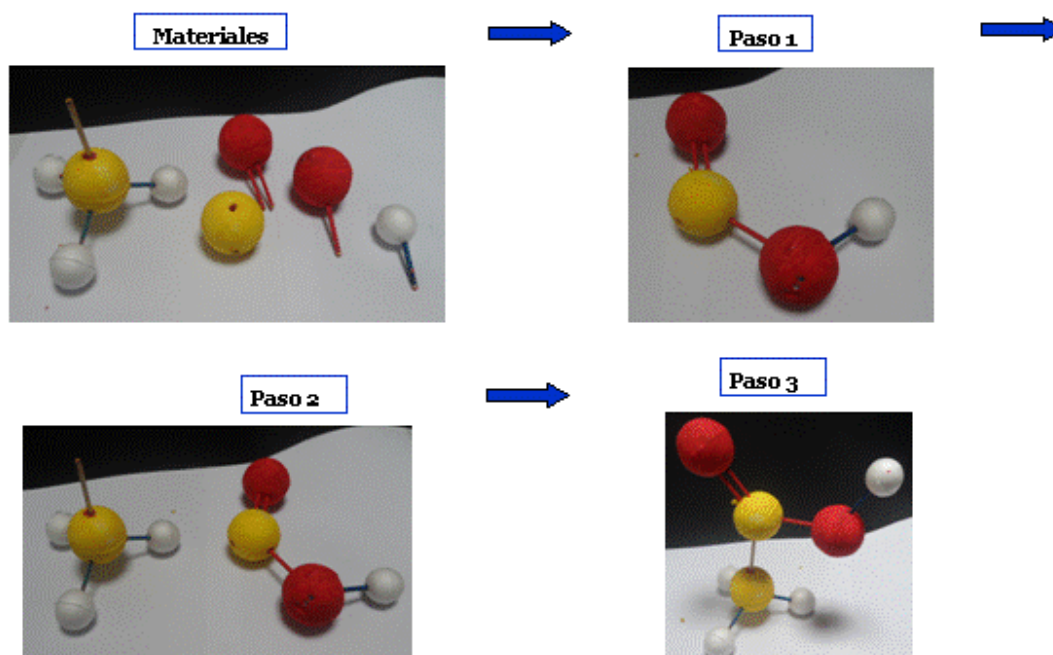
Identificar las propiedades del grupo carboxilo y la incidencia del mismo en las características de los ácidos carboxílicos, entablando para ello relaciones entre los modelos elaborados y el soporte teórico que se alrededor de los mismos se encuentra disponible en diversas fuentes.

#### A.CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

Los ácidos carboxílicos son compuestos que deben sus propiedades a la presencia del grupo carboxilo, por tal razón es importante tener clara la estructura del mismo. En la siguiente secuencia de fotografías encuentra los pasos a seguir para construir un modelo de dicho grupo, elabore con los materiales de su caja su propio modelo.



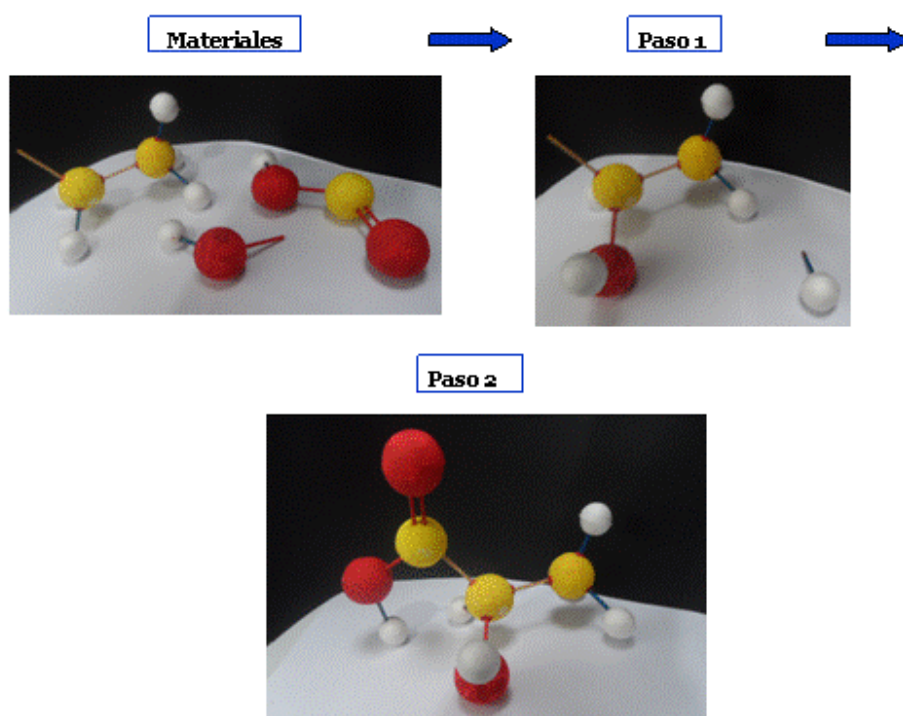
En la siguiente serie de fotografías encuentra las instrucciones para construir el modelo que corresponde al ácido acético. Para este caso, elabore el modelo, tome fotografías del mismo, escriba la fórmula estructural correspondiente así como el nombre. Además repita el proceso para los ácidos butírico y fórmico mencionados en la lectura de apoyo.



Continuación ACTIVIDAD N. 8

**B. ELABORACIÓN DE MODELOS DE ÁCIDOS CARBOXÍLICOS CON OTROS GRUPOS FUNCIONALES**

La siguiente secuencia de fotografías muestra la elaboración del modelo del ácido láctico; revise las instrucciones, escriba la fórmula estructural señalando los grupos funcionales presentes en el mismo, elabore su modelo usando los materiales de su caja y tome fotografías del proceso. Consulte la fórmula estructural de los ácidos acrílico y oxálico y elabore los modelos correspondientes.

**ESPACIO DE DISCUSIÓN Y****REFLEXIÓN**

Comparado los valores de punto de fusión y ebullición de ácidos carboxílicos con alcoholes y aldehídos de igual número de carbonos, se evidencia que los valores para los primeros son mayores, ¿a qué se debe este fenómeno?

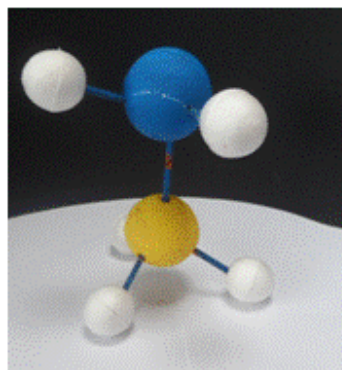
¿Cuántos puentes de hidrógeno pueden formarse por cada molécula de ácido carboxílico?, ¿de qué manera se forman?, ¿Qué incidencia tiene esto en la polaridad de los compuestos?

Tomando como referencia los valores dados en la tabla N. Determine la incidencia que tiene la presencia de un doble enlace, un grupo hidroxilo o un grupo carboxilo en el punto de fusión, punto de ebullición y solubilidad de ácidos carboxílicos lineales no sustituidos con similar cantidad de carbonos.

Consulte el punto de fusión, de ebullición y la solubilidad en agua de los compuestos anteriores y ácidos carboxílicos lineales, no sustituidos con la misma cantidad de carbonos; una vez tenga los datos complete la siguiente tabla.

**Tabla N.12. Propiedades físicas de modelos elaborados**

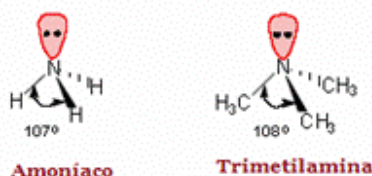
Compuesto	Punto de fusión	Punto de ebullición	Solubilidad en agua
Ácido láctico			
Ácido acrílico			
Ácido propanoico			
Ácido oxálico			
Ácido acético			



Gráfica N. 17 Modelo de la metilamina

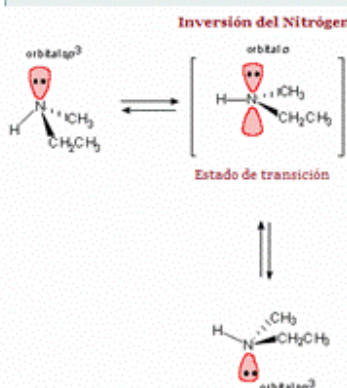
Número de Carbonos	Amina Primaria	Amina Secundaria	Amina Terciaria
3	48°C	37°C	3°C
4	78°C	56°C	37°C
6	130°C	110°C	89°C

Tabla N. 13. puntos de ebullición de aminas primarias (n-), secundarias y terciarias



Gráfica N. 18. Estructuras del amoníaco y la trimetilamina

Tomado de [www.sinorg.uji.es](http://www.sinorg.uji.es)



Gráfica N. 19. Inversión del Nitrógeno

Tomado de [www.sinorg.uji.es](http://www.sinorg.uji.es)

## TEMA 9. LAS AMINAS COMO DERIVADOS ORGÁNICOS DEL AMONIACO ( :NH<sub>3</sub> )

Entre las aminas, los alcoholes, el agua y el amoníaco hay varias similitudes, entre las que se destacan que sus átomos centrales (O y N) tienen una hibridación  $sp^3$  y que cuentan con electrones sin enlazar presentes en la molécula, estas características están estrechamente relacionadas con la polaridad, la formación de puentes de hidrógeno y la reactividad misma de las moléculas, razón por la cual estos compuestos son de especial interés en la química orgánica.

En el caso específico de las aminas, estos compuestos pueden considerarse como derivados orgánicos de la molécula de amoníaco que se forman tras la sustitución de uno, dos o tres de sus átomos de hidrógeno por cadenas carbonadas. Como ya se mencionó, las aminas son compuestos muy polares y tienen la capacidad de formar puentes de hidrógeno (a excepción de las aminas terciarias ya que no cuentan con hidrógenos libres), aunque estos son un poco más débiles que los que pueden formar los alcoholes.

Al ser compuestos polares las aminas de bajo peso molecular son solubles en agua; y por formar puentes de hidrógeno más débiles que los de los alcoholes, las aminas poseen puntos de fusión de ebullición más bajos que los de ellos, pero mayores que los de los éteres que tienen pesos moleculares similares. Sin embargo, las aminas terciarias poseen puntos de fusión y ebullición notoriamente menores a las primarias y secundarias, ya que ellas no forman puentes de hidrógeno, esta afirmación se puede contrastar con los datos proporcionados en la tabla N. 12.

### INVERSIÓN DEL NITRÓGENO: UNA CARACTERÍSTICA PARTICULAR DE LAS AMINAS

Ya se mencionó que las aminas presentan una estructura similar a la del amoníaco ( $:NH_3$ ), presentándose una pequeña variación en cuanto al ángulo de enlace,  $108^\circ$  para las primeras y  $107^\circ$  para el segundo, debido a que los sustituyentes alquílicos son más voluminosos que los átomos de hidrógeno; sin embargo, las demás características son similares, incluida la geometría molecular tetraédrica donde el par de electrones no enlazado se dirige hacia uno de los vértices, como se muestra en la gráfica N. 18.

La consecuencia más importante que cabría extraer de la hibridación  $sp^3$  del nitrógeno en las aminas es que, en el caso de tener tres sustituyentes diferentes, el átomo es quiral y por tal razón sería ópticamente activo, es decir formaría enantiómeros (ver tema 4); sin embargo, se ha comprobado que una amina como la que se menciona en este caso no es ópticamente activa, hecho que se explica gracias a la interconversión de los enantiómeros, es decir que de manera espontánea (y muy rápida) una amina terciaria cambia su orientación en el espacio, gracias a la intervención de un estado de transición donde el nitrógeno presenta hibridación  $sp^2$ , tal y como se muestra en la gráfica N. 19.

## ACTIVIDAD N. 9

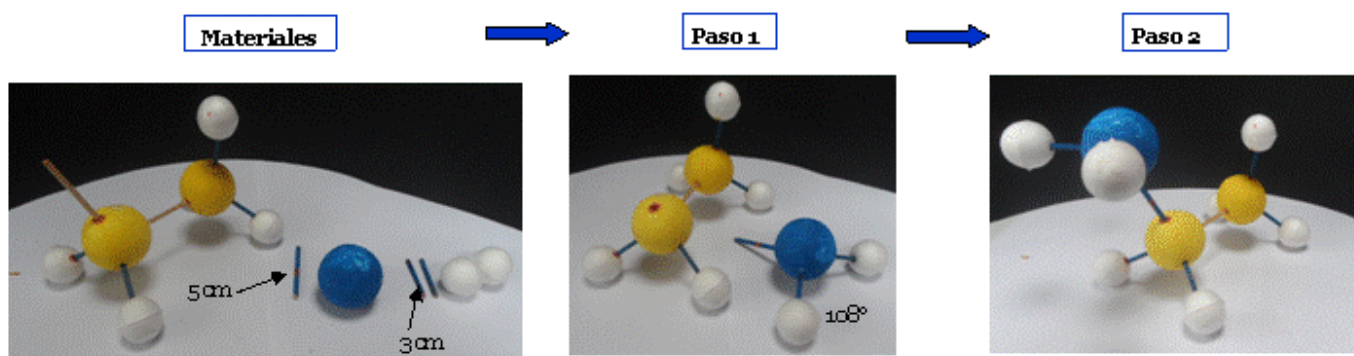
### AMINAS

#### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

Establecer diferencias a nivel estructural entre aminas primarias, secundarias y terciarias y la incidencia que ellas tienen sobre los puntos de fusión, puntos de ebullición y la polaridad de las mismas.

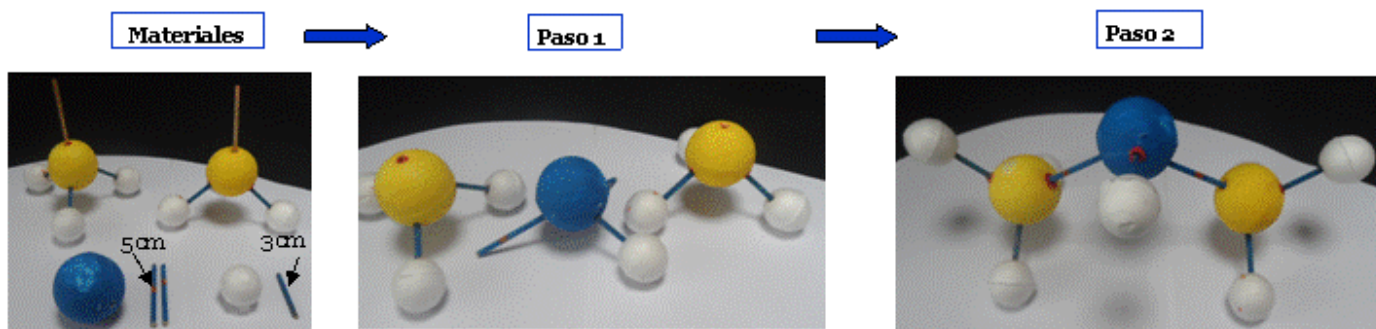
#### A. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE AMINAS PRIMARIAS

La siguiente serie de fotografías muestra la manera de construir el modelo de la etilamina. Elabore su modelo con los materiales de su caja, tome fotografías del mismo y escriba su fórmula estructural. Repita el mismo proceso para las moléculas de isopropilamina, hexilamina y terbutilamina.



#### B. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE AMINAS SECUNDARIAS

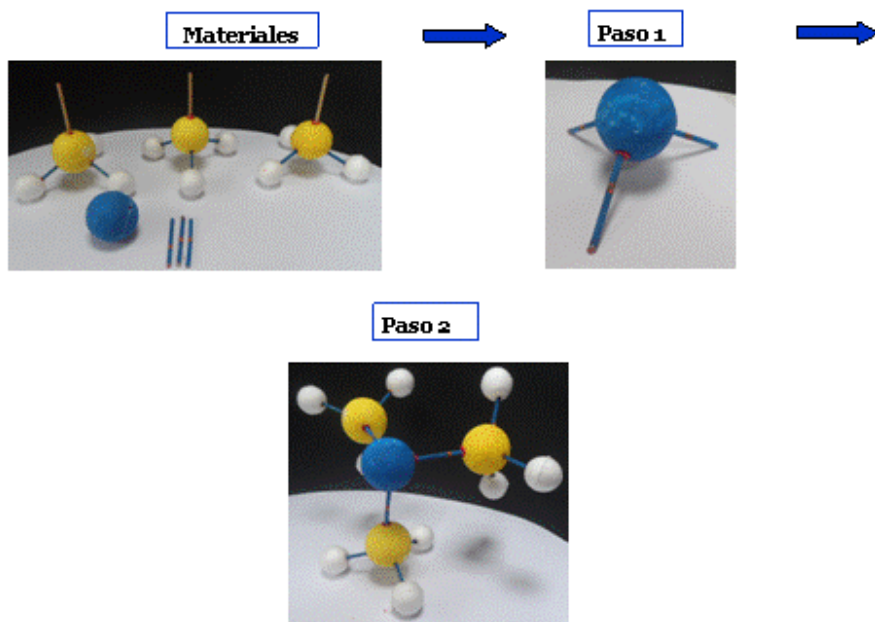
La dimetilamina es un compuesto ampliamente usado a nivel industrial, en la siguiente secuencia de fotografías encuentra las orientaciones para elaborar el modelo de dicha molécula, elabore su propio modelo, escriba la fórmula estructural y tome fotografías del mismo. Repita el mismo proceso para la etilmetilamina, la dipropilamina y la isopropilmetilamina.



Continuación ACTIVIDAD N. 9

**B. ELABORACIÓN DE MODELOS DE AMINASTERCIARIAS**

En la secuencia de fotografías se muestra la manera de construir un modelo para la trimetilamina, elabore su modelo, escriba la fórmula estructural y tome fotografías del mismo. Repita el proceso para la metil-dietilamina y la trisopropilamina.



Consulte el punto de fusión, de ebullición y la solubilidad en agua de los compuestos anteriores trabajados en la presente actividad y complete la tabla que se presenta a continuación.

Tabla N. 14. Propiedades físicas de los compuestos trabajados en la actividad 9.

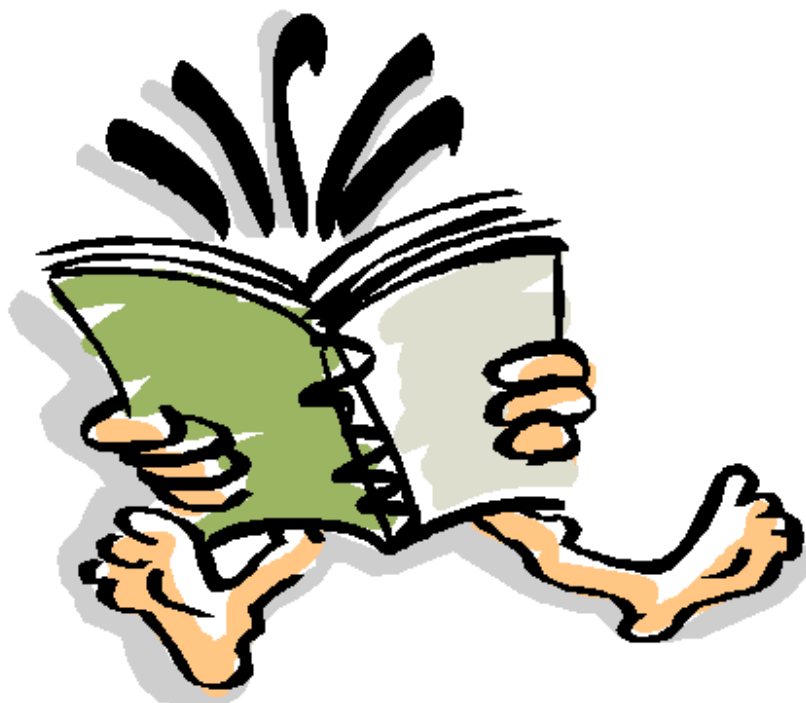
Compuesto	Punto de fusión	Punto de ebullición	Solubilidad en agua



**ESPACIO DE DISCUSIÓN Y REFLEXIÓN**

Comparando las estructuras de las aminas primarias, secundarias y terciarias que construyó, ¿que sucede con el átomo de nitrógeno en cada una de ellas?, ¿en qué moléculas se ve más rodeado?, ¿Tiene alguna relación este hecho con las diferencias entre los puntos de fusión y ebullición de los diferentes tipos de aminas?

Si revisa los puntos de fusión y ebullición de las aminas de las cuales usted elaboró un modelo en la presente actividad notará que a las aminas terciarias tienen un punto de ebullición notoriamente menor al de las secundarias y las primarias, ¿a qué se debe este hecho?



# ***Lecturas Complementarias***



## *Lectura Complementaria N. 1.*

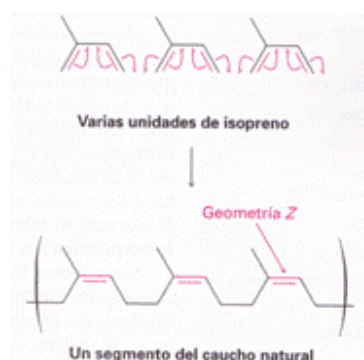
### *Caucho Natural*

*Tomado de McMurry , 2002*

El caucho, nombre inusual para una sustancia inusual, es un polímero de alqueno de origen natural producido por más de 400 plantas diferentes. La mayor fuente es el así llamado árbol de caucho, *Hevea brasiliensis*, al partir del cual el material crudo se obtiene practicando un corte en el tronco que atraviesa la corteza y permite su goteo. El nombre *caucho* fue acuñado por *Joseph Priestley*, el descubridor del oxígeno y uno de los primeros investigadores de la química del caucho, por la sencilla razón de que uno de los primeros usos del caucho fue borrar las marcas de lápiz sobre papel.



A diferencia del polietileno y otros polímeros de alquenos sencillos, el caucho natural es un polímero de un *dieno*, el isopreno (2-metil-1,3-butadieno). La polimerización ocurre por adición de unidades de monómeros de isopreno a la cadena en crecimiento, llevando a la formación de un polímero que sigue conteniendo enlaces dobles espaciados de manera regular en intervalos de cada cuatro carbonos. Como muestra la siguiente estructura, estos enlaces dobles tienen estereoquímica *Z*:



El caucho crudo, llamado *látex*, se colecta del árbol como una dispersión acuosa que se lava, seca y coagula al calentarse en el aire. El polímero resultante tiene varias cadenas que promedian alrededor de 5000 unidades de monómeros de longitud y tienen masas moleculares de 200 000 a 500 000 uma. Este caucho crudo coagulado es muy suave y pegajoso como para utilizarse, sino hasta que se le endurece al calentarlo con azufre natural, un proceso llamado *vulcanización*. Por mecanismos que aún no se comprenden por completo, la vulcanización interseca los enlaces que mantienen unidas entre sí las cadenas de caucho al formar enlaces carbono-azufre entre ellas, de esta manera endurece y hace rígido al polímero. Puede variarse el grado exacto de endurecimiento, produciendo un material suficientemente suave para hacer neumáticos de automóviles o lo suficientemente duro para fabricar bolas de boliche (*ebonita*).

La habilidad notable del caucho para estirarse y contraerse a su forma original se debe a las formas irregulares de las cadenas de polímeros causadas por los enlaces dobles. Estos enlaces introducen dobleces y deformaciones en las cadenas del polímero, por tanto evitan que las cadenas vecinas se aniden entre sí. Cuando se estira, las cadenas enredadas en forma aleatoria se enderezan y orientan en la dirección del jalón pero se mantienen sin deslizarse una sobre otra por las intersecciones en los enlaces, y cuando se elimina la tensión, el polímero regresa a su estado aleatorio original.

## *Lectura Complementaria N. 2.*

# *Bioetanol, el combustible biológico de las plantas*

• Por ALEX FERNÁNDEZ MUERZA, 26 de junio de 2006

Tomado de [www.consumer.es](http://www.consumer.es),

El bioetanol es un alcohol producido a partir de productos agrícolas como el maíz, sorgo, patatas, trigo, caña de azúcar, e incluso biomasa. Utilizado como combustible, es una fuente de energía ecológica que va ganando adeptos cada año en todo el mundo, sobre todo ante el fin cada vez más cercano del petróleo o el gas natural.

Según sus defensores, las ventajas medioambientales y económicas de este combustible renovable son evidentes, puesto que reduce la dependencia de los combustibles fósiles; mejora la combustión del motor, pudiéndose utilizarse teóricamente en todos los vehículos; es fácil de producir y almacenar; y disminuye la contaminación ambiental.

Sin embargo, algunos estudios cuestionan estas ventajas, al apuntar que no es viable por contar con unos gastos de producción más elevados que en el caso de los carburantes convencionales y por ofrecer un balance energético negativo: la energía necesaria para producirlo, además de provenir de combustibles fósiles, es mayor que la energía producida al quemarse. Asimismo, la ausencia de una red amplia de distribución y estaciones de servicio, provocado en gran medida por muchas de las compañías petroleras que lo ven como un competidor, frenan también su desarrollo.

A pesar de ello, su uso sigue incrementándose. Brasil es el mayor productor y consumidor mundial de bioetanol como combustible. Desde los años 80, ha desarrollado una extensa industria doméstica, produciendo anualmente unos 15 millones de m<sup>3</sup>. Por su parte, Estados Unidos también es otro gran consumidor, hasta el punto de que algunas fuentes apuntan a que se convertirá en 2006 en el primer productor mundial. El bioetanol de EEUU se fabrica principalmente con maíz, mientras que el de Brasil se hace con caña de azúcar.



Japón quiere que el 40% de sus vehículos funcionen con bioetanol en 2010

Por su parte, otros países también quieren aumentar la utilización de este combustible ecológico. Japón quiere que el 40% de sus vehículos funcionen con bioetanol en 2010, hasta conseguir que en 2030 todos los nuevos vehículos puedan utilizarlo. China ha anunciado la construcción de fábricas de bioetanol a base de mandioca (yuca). En Suecia circulan 30.000 coches llamados flexibles, que mezclan un 85% de bioetanol y un 15% de gasolina.

**El bioetanol también puede convertirse en una nueva fuente de ingresos para los agricultores**, como sustituto de cultivos improductivos o como alternativa frente a las restricciones ejercidas por la política agraria comunitaria. Sin embargo, algunos expertos subrayan el lado negativo de estas plantaciones. Por ejemplo, el crecimiento de la producción de maíz en Estados Unidos ha supuesto el derrumbamiento de los precios, lo que perjudica a los pequeños agricultores que se ven obligados a alquilar su tierra a las grandes compañías del sector.

Asimismo, las críticas ecologistas por la utilización masiva de pesticidas y fertilizantes nocivos incluyen también a estas plantaciones. No obstante, sus defensores apuntan al aprovechamiento de los tallos, así como de elementos reciclados de la paja, de las mazorcas y de productos sobrantes de las granjas. De hecho, EEUU podría conseguir todo el etanol que necesita usando una mezcla de la planta y los tallos del maíz, sin necesidad de roturar más tierras.

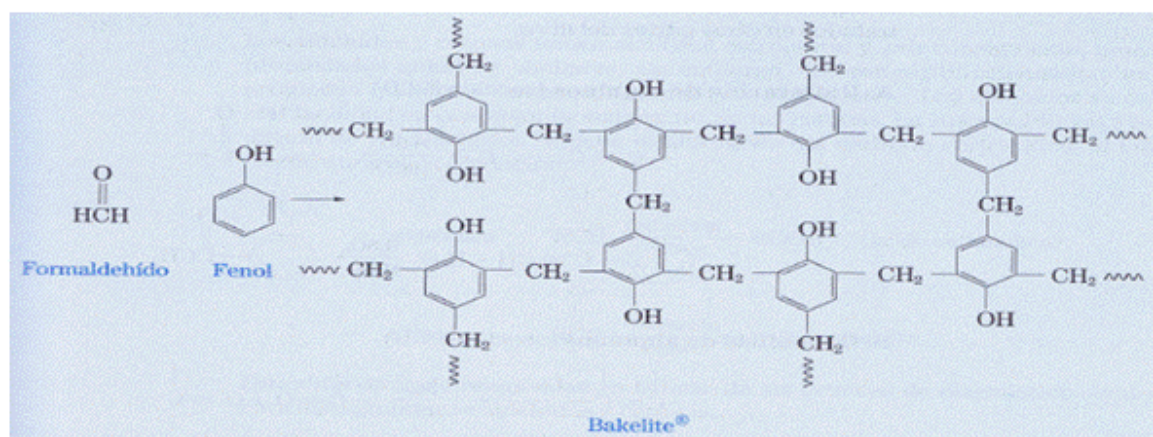
## *Lectura Complementaria N. 3.*

### *Formaldehído y Polímeros Sintéticos*

*Tomado de Bailey Jr y Bailey, 2000*

El formaldehído, el aldehído más sencillo, es un material de partida para diversos polímeros. Debido a que su grupo carbonilo está altamente polarizado y carece de impedimento estérico, el formaldehído es muy reactivo; de hecho se puede autopolimerizar si se guarda sin diluir.

El primer polímero de importancia comercial que se fabricó fue desarrollado por Leo Baekeland en 1907, Baekeland era ya un químico de éxito y que gozaba de reconocimiento (cuando andaba por los treinta años había inventado el Velox®, el primer papel fotográfico que se podía exponer con la luz artificial) cuando se embarcó en la investigación que condujo a la baquelita, el primer polímero sintético. En la búsqueda de una laca artificial para sustituir a la que procesaba a partir del insecto indio hembra de la laca, Baekeland se topó con un artículo en 1871, escrito por Adolph von Baeyer, donde se describía un material insoluble de aspecto córneo que se obtenía por calentamiento de una mezcla de fenol y formaldehído. Von Baeyer tuvo problemas para aislar el material, pero Baekeland, que reconoció su valor potencial, consiguió controlar la reacción. El resultado fue un plástico termofijo al que llamó Bakelite®.



En los últimos cien años, la baquelita y otras resinas fenólicas relacionadas se han utilizado ampliamente en productos moldados como asas de utensilios eléctricos y de cocinas, placas e interruptores eléctricos, y ciertos aparatos y máquinas mercantiles. La resistencia de la baquelita al calor, electricidad y disolventes orgánicos, le proporciona gran versatilidad.

El formaldehído forma polímeros consigo mismo (Delrin® y Celcon®,  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ ), que son bastante resistentes como para usarse como engranes, cojinetes, partes para bombas y armazones estructurales de instrumentos. Cuando se polimeriza con melanina, el formaldehído da origen al conocido material que se usa para platos de plástico, Melmac®. Los polímeros de urea, formaldehído, se emplean como adhesivos en maderas terciadas y se usan para hacer aislamientos de espuma, alfombras, textiles, productos de papel y muebles.

El formaldehído, producido a partir de la oxidación con aire en fase de vapor del metanol, es un gas incoloro e inflamable con un olor sofocante, intensamente irritante para las membranas mucosas. La Environmental Protection Agency de Estados Unidos lo clasifica como carcinógeno porque causa cáncer en animales de laboratorio, en especial tumores nasales en ratas.

Uno de los usos individuales más grandes del formaldehído es un adhesivo aglutinante para maderas terciadas y aglomerados de madera. Este compuesto se ha convertido en un contaminante significativo del aire en interiores, pues se desprende lentamente de los aglomerados, maderas terciadas, espuma aislante, alfombras y muebles. Aunque las concentraciones más altas que se presentan en casas y edificios está muy por debajo de los niveles que causan un número significativo de casos de cáncer en animales de laboratorio, la cuestión sanitaria se mantiene como una preocupación vital.

## Lectura Complementaria N. 4.

### Vitamina C

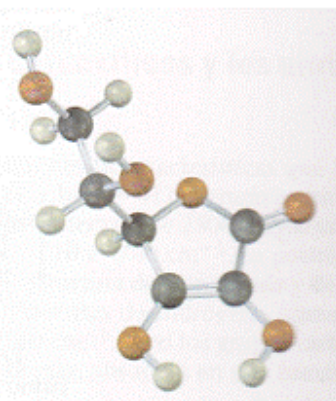
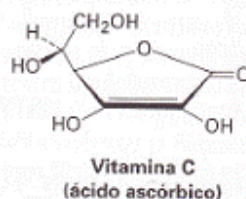
Tomado de McMurry , 2002



La vitamina C, o ácido ascórbico, es sin duda la más conocida de todas las vitaminas; fue la primera vitamina en descubrirse (1928), en caracterizarse estructuralmente (1933), y la primera que se sintetizó en el laboratorio (1933). Ahora se sintetizan más de 200 millones de vitamina C al año en todo el mundo, más que la cantidad total de las otras vitaminas combinadas. Además de utilizarse como suplemento vitamínico, la vitamina C se emplea como conservador alimenticio, para “mejorar la harina” en las panaderías y como aditivo para alimentos de animales.

La vitamina C quizá se conozca más por sus propiedades antiescorbúticas, lo que significa que previene la aparición del escorbuto, una enfermedad que se manifiesta con hemorragias y que afecta a quienes llevan una dieta deficiente en vegetales frescos y frutas cítricas. Los marinos de la era de las exploraciones fueron particularmente susceptibles al escorbuto, por lo que el número de víctimas fue alto. El explorador portugués Vasco da Gama perdió más de la mitad de su tripulación debido al escorbuto durante su viaje de dos años alrededor del cabo de Buena Esperanza de 1497 a 1499.

En tiempos más recientes, se ha afirmado que grandes dosis de vitamina C previenen el resfriado común, curan la infertilidad, retardan el umbral de los síntomas del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) e inhibe el desarrollo del cáncer gástrico y cervical. Sin embargo, ninguna de estas afirmaciones ha sido respaldada por evidencia médica. El estudio más extenso realizado hasta ahora del efecto de la vitamina C en el resfriado común, un meta-análisis de más de 100 pruebas separadas que cubren a 40 000 personas, no halló diferencia en la incidencia de resfriados entre quienes tomaron regularmente la vitamina C de manera suplementaria y los que no lo hicieron. Sin embargo, cuando se toma durante un resfriado, la vitamina C parece reducir en 8% la duración del mismo.



La preparación industrial de la vitamina C comprende una combinación inusual de química biológica y orgánica de laboratorio. La compañía Hoffman-La Roche sintetiza el ácido ascórbico a partir de glucosa a través de una ruta de 5 pasos. La glucosa, un pentahidroxialdehído, se reduce primero a sorbitol, el cual se oxida por el microorganismo *Acetobacter suboxydans*. No se conoce ningún reactivo que sea lo suficientemente selectivo como para oxidar sólo uno de los 6 grupos alcohol en el sorbitol, así que se utiliza una reacción enzimática. El tratamiento con acetona y un catalizador ácido protege cuatro de los grupos hidroxilo restantes en el enlace acetal, y el grupo hidroxilo desprotegido se oxida químicamente al ácido carboxílico por la reacción con NaOCl (blanqueador doméstico). La hidrólisis con ácido elimina los dos grupos acetal y ocasiona la formación de un éster interno, reacción en la que se forma el ácido ascórbico. Cada uno de los pasos sucede con un rendimiento superior al 90%

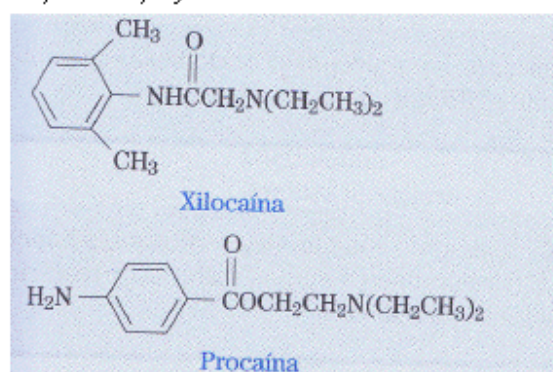
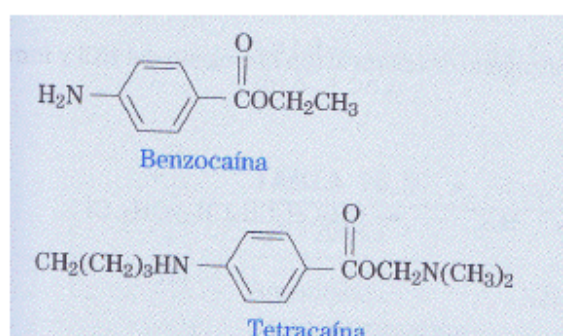
## Lectura Complementaria N. 5.

### Anestésicos locales y cocaína

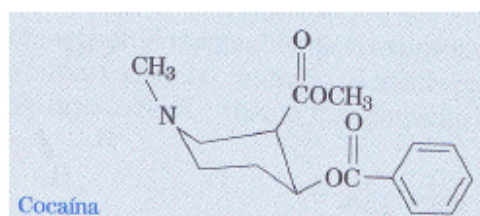
Tomado de Bailey Jry Bailey, 2000

Todos apreciamos el aerosol que alivia el dolor de una fuerte quemadura de sol o la inyección que adormece la boca para un trabajo dental. Estos son anestésicos locales, una clase de compuestos que pueden causar pérdida de sensación en el área en la cual se aplican. Las fórmulas más comunes que se venden sin receta incluyen benzocaína (Anbesol®, Lanacane®, Solarcaine®), xilocaína (Lidocaine®) y tetracaína (Cetacaine®). Las pastillas y aerosoles para la garganta, así como el caramelo dietético Ayds® también contienen benzocaína. El anestésico Novocain® es de hecho procaína. Los medicamentos que se toman para la tos también pueden contener anestésicos locales. Todos estos compuestos son aminas.

Es probable que el anestésico local de más mala fama en la actualidad sea la cocaína. Empleado como auxiliar en cirugía nasal, también se abusa de este compuesto por sus efectos sobre el sistema nervioso central: euforia, seguridad en uno mismo, actitud alerta y estimulación general. Se puede fumar, inhalar, inyectar o frotar en las encías.

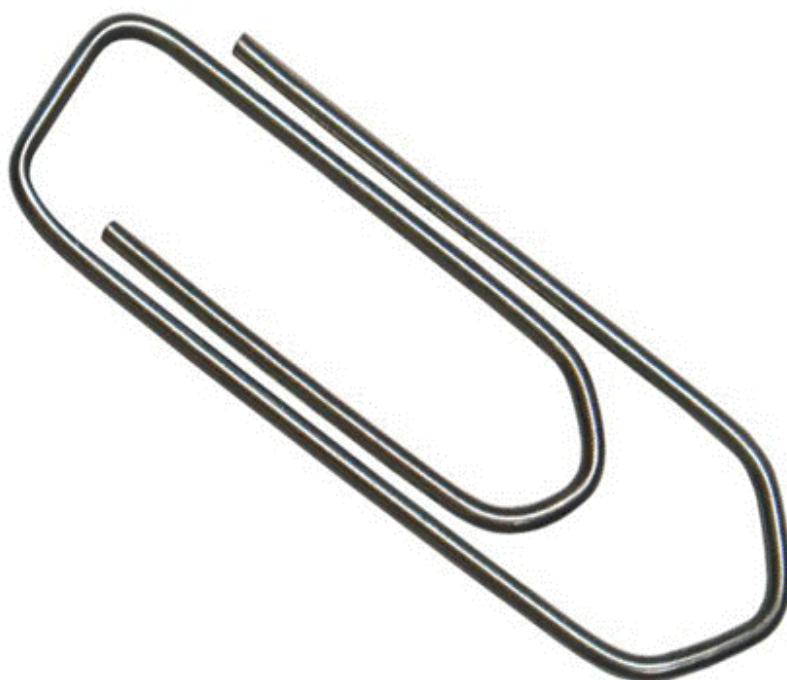


La cocaína se aísla de las hojas de *Erythroxylon coca*, que crece a gran altitud en las montañas de los andes de Bolivia, Colombia y Perú. Las hojas de la planta, de forma ovalada, se puede cosechar de cuatro a cinco veces en el año. Los nativos de Sudamérica mezclan las hojas con ceniza e introducen la mezcla entre la mejilla y las encías. Este procedimiento causa una absorción muy lenta del compuesto activo y es estimulante, aunque ordinariamente no produce euforia. Su propósito es ayudar en la adaptación a las grandes altitudes y el trabajo duro y servil.



El aislamiento de la cocaína pura se puede llevar a cabo en condiciones ácidas, las cuales producen una forma de sal. La extracción con un disolvente no polar, como el éter dietílico, permite volatilizar fácilmente la sustancia ( a esto se llama "liberación de base"). La liberación de la base por adición de bicarbonato conduce a una forma blanca con aspecto de roca, la cual cuando se quema, produce un sonido de estallido debido a la liberación de CO<sub>2</sub> del bicarbonato. Ésta es la cocaína "crack". Estas formas purificadas pueden causar rápidamente adicción. El uso excesivo produce hipertensión, delirio, elevación de la temperatura corporal, ataques e insuficiencia respiratoria. También existe el riesgo de estimulación cardíaca excesiva, la cual puede conducir a muerte repentina incluso al usarse una sola vez.

- 110 USO DE LOS MODELOS MOLECULARES COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA COMPRENSIÓN DE LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS.
- 



***Anexos***

## ANEXO 1. DATOS DE RELEVANCIA PARA CONSTRUIR MODELOS ORGÁNICOS

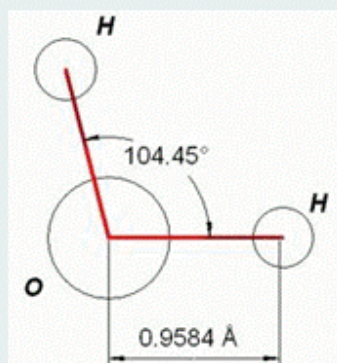
En este anexo encontrará datos sobre longitudes de enlace y ángulos de enlace de especial interés en la construcción de modelos de moléculas orgánicas.

### Longitudes de enlace en compuestos orgánicos comunes

C-H	longitud (pm)	C-C	longitud (pm)
sp <sup>3</sup> -H	110	sp <sup>3</sup> -sp <sup>3</sup>	154
sp <sup>2</sup> -H	109	sp <sup>3</sup> -sp <sup>2</sup>	150
sp-H	108	sp <sup>2</sup> -sp <sup>2</sup>	135
		sp <sup>3</sup> -sp	146
		sp <sup>2</sup> -sp	143
		sp-sp	120

Tomado de: Fox, MA and JK Whitesell. *Organische Chemie*. 1994. Spektrum

**Longitud de Enlace**, es la distancia que existe entre los núcleos de los átomos que están enlazados de manera covalente, compartiendo uno o más pares electrónicos. La longitud de enlace está muy relacionada con la energía de enlace, debido a que dos átomos se unirán covalentemente sólo si estando unidos su estado de energía es menor que estando separados.



Tomado de [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

**Ángulo de Enlace**, es el ángulo que forman las rectas que pasan por los núcleos atómicos o direcciones de enlace.

Enlace	longitud (pm)
C - O	143
C = O	122
C - N	147,9
C = N	115,8
N - H	100,8
O - H	94

Tomado de: Fox, MA and JK Whitesell. *Organische Chemie*. 1994. Spektrum

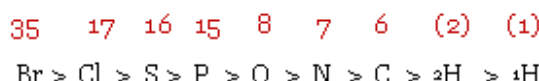
Enlace	Ángulo de enlace
- NH <sub>2</sub>	107°
C - O - H	108,9°
Grupo carbonilo	120°
Grupo carboxilo	120°
H - O - H	104,45°

Tomado de: Fox, MA and JK Whitesell. *Organische Chemie*. 1994. Spektrum

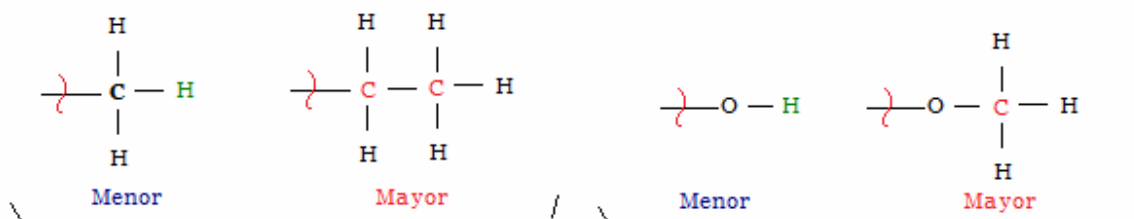
## ANEXO 2. REGLAS CAHN - INGOLD- PRELOG SOBRE PRIORIDADES DE LOS SUSTITUYENTES

Tomado de Mc Murry 2008

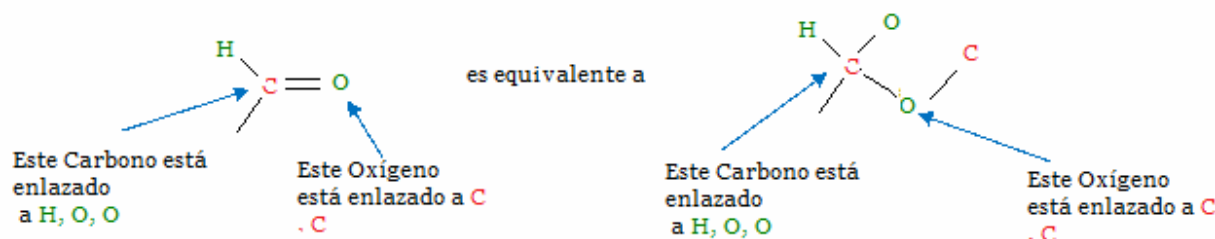
**Regla 1.** Considere por separado los carbonos del enlace doble, identifique los dos átomos directamente unidos y clasifíquelos de acuerdo con el número atómico. Un átomo con un número atómico más alto recibe una mayor prioridad que un átomo con un número atómico más bajo; por tanto, los átomos comúnmente unidos directamente a un enlace doble están asignados en el siguiente orden. Nótese que cuando se comparan isótopos del mismo elemento, como el deuterio ( $^2\text{H}$ ) y el protio ( $^1\text{H}$ ), el isótopo más pesado recibe prioridad sobre el más ligero.



**Regla 2.** Si no se puede alcanzar una decisión al clasificar los primeros átomos en el sustituyente busque en los segundos o terceros o cuartos átomos alejados del carbono del doble enlace hasta que encuentre la primera diferencia. Un sustituyente  $-\text{CH}_2\text{CH}_3$  y un sustituyente  $-\text{CH}_3$  son equivalentes por la regla 1, debido a que ambos tienen al carbono como primer átomo; sin embargo, por la regla 2 el etilo recibe mayor prioridad que el metilo debido a que el etilo tiene un carbono como su segundo átomo más alto, mientras que el metilo tiene un hidrógeno como su segundo átomo. Obsérvese los siguientes ejemplos para ver cómo funcionan las reglas:



**Regla 3.** Los elementos con enlace múltiple son equivalentes al mismo número de átomos con enlace sencillo; por ejemplo un sustituyente aldehído ( $-\text{CH}=\text{O}$ ), el cual tiene un átomo de carbono doblemente enlazado a un oxígeno es equivalente a un átomo de carbono sencillamente enlazado a dos oxígenos, así como se muestra a continuación



## Bibliografía

**Asimov, I.** (1975). Breve Historia de la Química. pp 101- 145 Madrid: Alianza Editorial,

**Bailey J, y Bailey. C.** (1995) Química Orgánica, conceptos y aplicaciones. pp 13-16, 192-218. México: Editorial Pearson/Prentice Hall, primera edición en español.

**Chamizo, José Antonio y García Franco, Alejandra.**(2010) Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias. pp 13 – 19. México: Ediciones modelos y modelaje en ciencias, primer edición.

Energía de los orbitales moleculares enlazantes y antienlazantes en función de la distancia interatómica. En: <http://quimicaubbalexs.blogspot.com>. Consultado en: Junio 2 de 2012.

Estereoselectividad en: <http://www.sinorg.uji.es/Docencia/SO/tema5SO.pdf>. Consultado 20 Octubre 2.012.

**Fleming, I.** (2010). Molecular Orbitals and Organic Chemistry. p 205-215. Great Britain: John Wiley and Sons Publications.

**García S., M y Valdez G, R.** Los modelos en la enseñanza de la química: algunas dificultades asociadas a su enseñanza y aprendizaje. (2004). En: revista Educación Química Volumen15 (3), pp 243-254. [Versión electrónica]. En: [www.modelosmodelajecientifico.com](http://www.modelosmodelajecientifico.com). Consultado 15 Mayo 2012.

**Geissman, T.A.** (1974). Principios de Química Orgánica. pp. 10. Barcelona: Editorial Reverté, segunda edición.

**Guevara S, M y Valdez G. R.** (2004). Los modelos en la enseñanza de la química: algunas dificultades asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje pp 254-273 [versión electrónica] En: [www.modelosymodelajecientifico.com](http://www.modelosymodelajecientifico.com). Consultado Mayo 24 2.012

**Gutsche, C.D y Pasto, D.J.** (1979) Fundamentos de Química Orgánica. España: Editorial Reverté, pp 9-16 [versión electrónica] En: <http://www.books.google.com>. Consultado: Octubre 14 2012.

**Hanson, R.** (1995). Molecular Origami: precision scale models from paper. pp 8-15. Sausalito California: University science books.

**Izquierdo, A. M.** (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. En: The Journal of the argentine chemical society. Vol92 N. 4/6, pp. 115-136.

**Justi, R. (2006)** La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. En: Revista enseñanza de las ciencias. Vol. 24 N. 2 pp 173-184.

**Kotz, J.C., Treichel, P.M. y Weaver, G.C.** (2005) .Química y reactividad química. pp. 358-364. México: McGraw Hill,.

Las propiedades de las sustancias dependen también de su estructura. En: <http://www.fq.uh.cu/hq/s19/s19qa.html>. Consultado en: Septiembre 12 de 2012.

---

**Luis Lafuente, S** (1997) y otros. Introducción a la química orgánica. p 132-142 Salamanca: Publicacions de la *Universitat Jaume I*,

**Mazzitelli, C.** (2007) Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Estrategias para la identificación de procesos cognitivos y estructuras conceptuales que interfieren en el aprendizaje. pp. 25-43. San Juan: Universidad Nacional de San Juan. Primera edición.

**McMurry, J.** (2008). Química Orgánica. pp 10, 19-26, 289 – 322. México: Editorial Cengage learning, 7ª edición,

**Morrison, R. T. y Boyd, R. N.** (1990). Química Orgánica. p. 23-24. México: Editorial Pearson Addison Wesley.

**Morrison, M y Morgan, M.S.** (1999). Models and mediating instruments. En: Morgan M.S y Morrison (eds) Models in mediation. pp 10-37. Cambridge: Cambridge University Press

**Mortimer, C.** (1983). Química. pp142-147, 159 -166 México: Grupo Editorial Iberoamericana,

**Román Polo, P.** (2011). El sesquicentenario del primer congreso internacional de químicos. En: Revista Iberoamericana de Polímeros. Volumen 12 (1), pp 231-239

**Tobares, L.** (2003) Evolución histórica de la estructura molecular del benceno. En: Problemas del conocimiento en ingeniería y Geología Vol. 1. pp 130/147. Córdoba: Editorial Universitas.

**Treagust, D. F, Gail D, C y Topelo L., M.** (2004). Students understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry. En: Research in science education. Volume 34, Issue 1, pp 1-20.

**Valenzuela Calahorro, C.** (1994). Química General, Introducción a la química teórica. pp 169-174. Madrid: Ediciones universidad Salamanca.

Visión histórica de la química orgánica.  
En:[http://www.5uva.es/guía\\_docente/uploads/2012/45944/1/Documento.pdf](http://www.5uva.es/guía_docente/uploads/2012/45944/1/Documento.pdf). Consultado en: Septiembre 23 de 2012.

VSEPR shapes. En:  
<http://www.molecularmodelscompany.com/Products/VSEPR/VSEPRtheory.chart.aspx>. Consultado Agosto 20 de 2012.

**Whitten, K., Davis Raymond, E., Peck, M, L., Stanley, G.G.** (2008). Química. pp. 11. México: Cengage Learning, octava edición,