



# Química IV

**U1. El petróleo, recurso natural y fuente de carbono para la industria química**

**U2. El estudio de los polímeros y su impacto en la actualidad**

Profesoras:

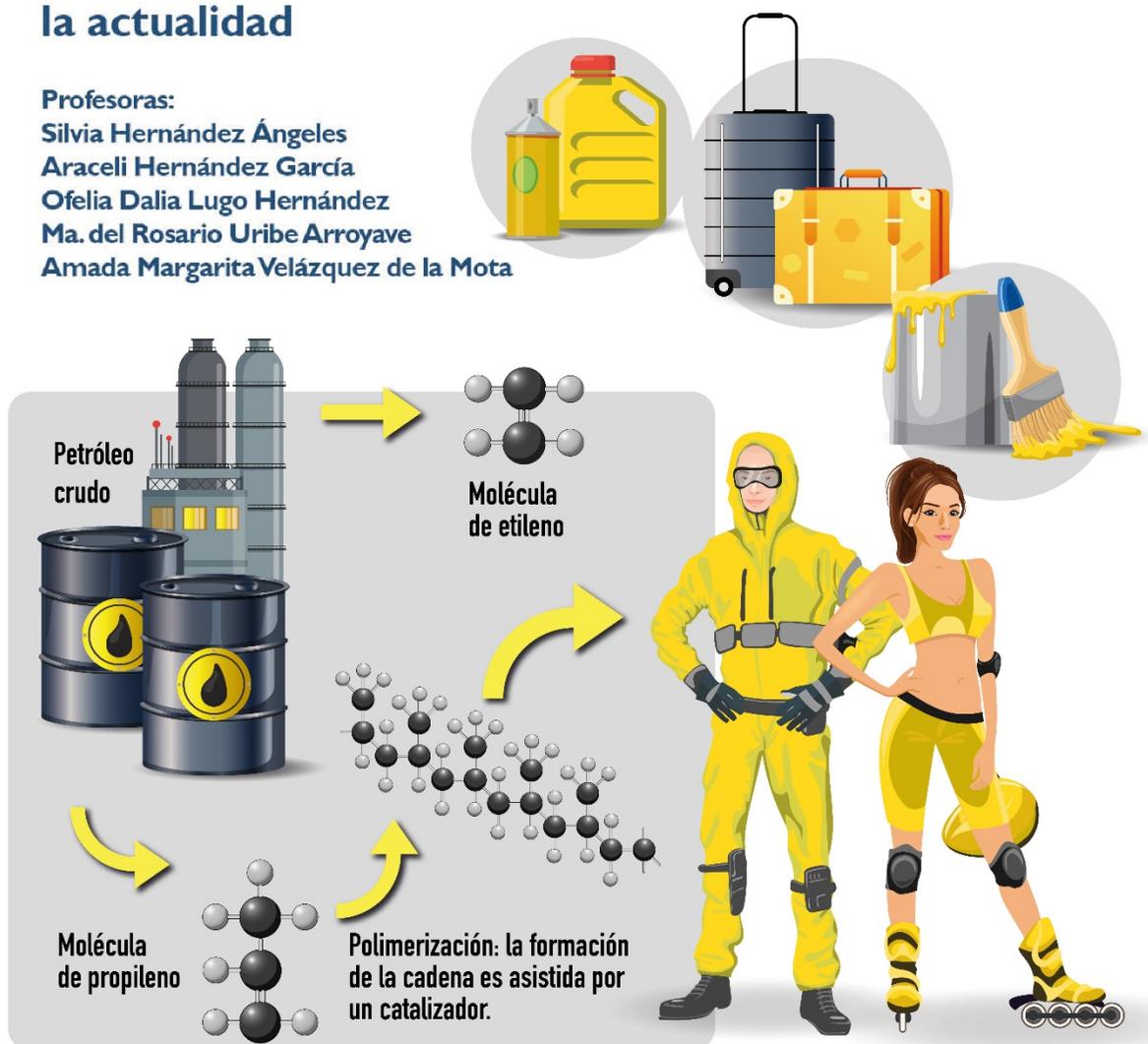
Silvia Hernández Ángeles

Araceli Hernández García

Ofelia Dalia Lugo Hernández

Ma. del Rosario Uribe Arroyave

Amada Margarita Velázquez de la Mota



<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>Unidad 1. El petróleo, recurso natural y fuente de compuestos de carbono para la industria química.</b>	<b>3</b>
<b>Propósito general de la Unidad I</b>	<b>3</b>
<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>Conexión con aprendizajes previos. Los compuestos orgánicos</b>	<b>3</b>
<b>TEMA 1. ¿Por qué es importante el petróleo?</b>	<b>5</b>
<b>TEMA 2. ¿Qué es el petróleo y cuáles son sus componentes?</b>	<b>7</b>
<b>Los componentes del petróleo</b>	<b>8</b>
<b>Separación de los componentes del petróleo</b>	<b>10</b>
<b>TEMA 3. ¿Cómo se clasifican y representan los petroquímicos básicos?</b>	<b>16</b>
<b>Procesos primarios del petróleo</b>	<b>17</b>
<b>Aproximación al lenguaje de los compuestos orgánicos. Los petroquímicos básicos.</b>	<b>19</b>
<b>Etileno ejemplo de un petroquímico básico.</b>	<b>21</b>
<b>TEMA 4. ¿Por qué existe una gran cantidad de compuestos del carbono?</b>	<b>34</b>
<b>Isómeros de los hidrocarburos</b>	<b>36</b>
<b>Capacidad de combinación de los átomos de los elementos que forman los compuestos orgánicos. Explicación.</b>	<b>41</b>
<b>Geometría molecular</b>	<b>44</b>
<b>Modelo molecular en la formación de enlaces covalentes. El orbital molecular.</b>	<b>47</b>
<b>La diversidad y estabilidad de los compuestos de carbono</b>	<b>49</b>
<b>TEMA 5. ¿Por qué son diferentes las propiedades físicas de los hidrocarburos?</b>	<b>51</b>
<b>Enlaces intermoleculares. Modelo para explicar las propiedades físicas de los compuestos orgánicos. Visión nanoscópica de la materia</b>	<b>53</b>
<b>Los enlaces intermoleculares dipolo instantáneo-dipolo instantáneo explican los puntos de ebullición y la insolubilidad de los hidrocarburos.</b>	<b>55</b>
<b>TEMA 6. ¿Qué hace la química para obtener un hidrocarburo a partir de otro?</b>	<b>59</b>
<b>Reacciones de adición, de eliminación, reacciones de sustitución</b>	<b>59</b>
<b>Las reacciones de adición y de eliminación en la obtención de hidrocarburos.</b>	<b>60</b>
<b>TEMA 7. ¿Cómo cambian las propiedades de los hidrocarburos por la presencia de un átomo diferente al hidrógeno, como oxígeno?</b>	<b>62</b>
<b>TEMA 8. ¿Cómo se llevan a cabo los procesos de oxidación de los hidrocarburos?</b>	<b>66</b>
<b>Las combustiones de los compuestos orgánicos.</b>	<b>73</b>
<b>Oxidación de hidrocarburos al ganar halógenos. Reacciones de sustitución.</b>	<b>74</b>
<b>Reacciones de adición en la obtención de alcoholes y halogenuros a partir de un hidrocarburo insaturado.</b>	<b>76</b>
<b>TEMA 9 ¿Por qué son importantes las reacciones de condensación?</b>	<b>79</b>
<b>Reacciones de condensación. Formación de ésteres.</b>	<b>81</b>
<b>La condensación orgánica. formación de amidas</b>	<b>83</b>
<b>TEMA 10. ¿Existen regularidades en la relación estructura y propiedades de los alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos que permitan hacer predicciones?</b>	<b>84</b>
<b>Propiedades de alcoholes. aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos</b>	<b>84</b>
<b>Dipolos permanentes y las propiedades de compuestos covalentes polares</b>	<b>85</b>
<b>Tema 11. ¿Cómo impacta al ambiente la producción de petróleo y petroquímicos en México?</b>	<b>90</b>

Contenido	Página
Unidad 2. El estudio de los polímeros y su impacto en la actualidad	93
Tema 1 ¿Qué tipo de materiales son los polímeros y cuál es su importancia?	94
Características de los polímeros y su importancia	95
Clasificación de los polímeros	98
Propiedades de los polímeros en contraste con las que tienen los compuestos no poliméricos	101
Resistencia Mecánica, densidad, conductividad. Explicación. Representación nanoscópica	102
Tema 2. ¿Cómo se sintetizan los polímeros?	104
Reacción de polimerización por adición	105
Polimerización por adición. Mecanismo de la reacción	105
Etapas paso a paso en la polimerización por adición	108
El radical libre. Iniciador	108
Polímeros por adición de monómeros derivados del etileno	113
Tabla. Monómeros, polímeros y usos de polímeros de adición basados en la estructura etilénica (vinílica), de fórmula simbólica:	117
Copolímeros de adición más comunes	118
Poliámidas	122
Organizados sobre clasificación de polímeros	123
Tema 3 ¿Cómo se logra mayor resistencia en los polímeros?	124
Relación estructura propiedades de los polímeros con base en las interacciones de las cadenas	124
Enlaces covalentes e interatómicos, entre las cadenas	125
Los enlaces entre las cadenas poliméricas y el incremento de resistencia	126
Vulcanizado del caucho natural. Formación de enlaces covalentes entre las cadenas	128
Enlaces puente de hidrógeno entre cadenas poliméricas	129
Los carbohidratos y los enlaces intermoleculares	130
Los enlaces entre los monómeros, glucosas, son covalentes.	131
Las Proteínas y los enlaces intermoleculares	132
Formación de enlaces intermoleculares en poliámidas y aramidas	134
Enlaces dipolo instantáneo-dipolo instantáneo	135
Tema 4 ¿Cómo impacta a la sociedad el desarrollo de nuevos materiales?	137
Código de reciclaje para los 6 principales desechos de polímeros	138
Reciclar, remoldear, reformular.	139
Nuevos materiales poliméricos	140
REFERENCIAS	140

## Química IV

### Unidad 1. El petróleo, recurso natural y fuente de compuestos de carbono para la industria química.

#### Propósito general de la Unidad I

Al final de la unidad el alumno explica el comportamiento de algunos compuestos orgánicos, mediante el análisis de su estructura, para valorar el impacto económico, social y ambiental de la industria del petróleo y la petroquímica y plantear soluciones.

#### Introducción

Hemos estudiado en cursos anteriores de química, a los compuestos orgánicos, como las biomoléculas y los medicamentos, que tienen su origen en las plantas y animales. Otro origen de los compuestos orgánicos es el petróleo, este recurso natural está formado de hidrocarburos.

En Química II, se analizaron las estructuras de las biomoléculas y de los medicamentos además de su importancia en la nutrición y la salud de las personas. En Química IV, se estudiará la separación de los componentes del petróleo, los hidrocarburos y su procesamiento para formar compuestos útiles.

Se analizarán los procesos químicos industriales que permiten la obtención de sustancias intermedias y productos finales, con la finalidad de asociar estos procesos con un valor económico agregado que tiene efecto en la economía del país. El procesamiento de los hidrocarburos para obtener innumerables compuestos incluidos los polímeros, constituye la petroquímica.

De acuerdo al propósito de esta unidad, el alumno debe valorar el impacto económico social y ambiental de la industria petrolera y petroquímica, para lo cual necesita comprender los procesos químicos a los que se somete el petróleo crudo para la elaboración de productos importantes en la vida actual.

---

#### Conexión con aprendizajes previos

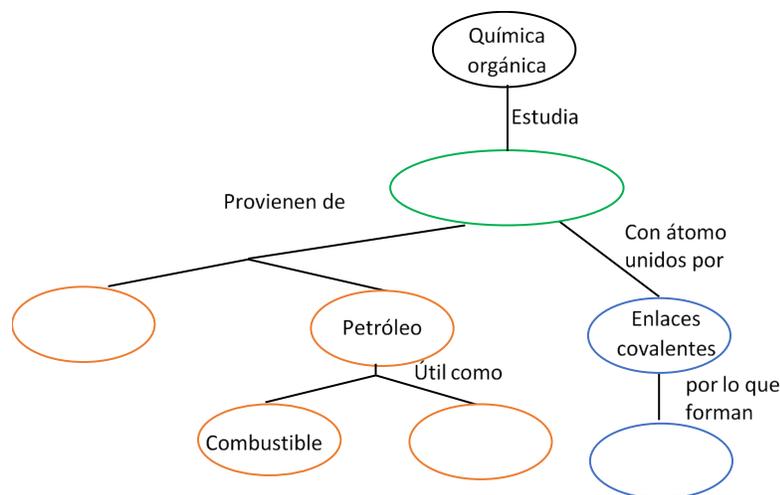
##### Los compuestos orgánicos

Indispensable, para asociar el estudio de los compuestos orgánicos es recordar los conocimientos básicos, estudiado en cursos anteriores. Como básico se considera la diferencia entre los compuestos inorgánicos y los compuestos orgánicos que se abordarán.

La Química orgánica estudia los compuestos del carbono; estos compuestos son covalentes, por lo que forman moléculas. Los seres vivos están constituidos de estas

sustancias y debido a ello, son los seres vivos la fuente principal de compuestos del carbono y la razón por la cual se les llama “orgánicos”. Otra fuente natural de compuestos orgánicos es el petróleo.

El petróleo es una mezcla líquida muy valiosa para la industria. Es a través de dos rutas de tratamiento que se aprovecha el petróleo crudo; un tratamiento es su separación en la producción de *combustibles*, el otro tratamiento es su procesamiento químico en la producción de infinidad de compuestos, llamados *petroquímicos*.



No todos los compuestos que contienen carbono son orgánicos, por ejemplo, los óxidos de carbono,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , así como los carbonatos contienen carbono, pero no son compuestos orgánicos debido a que tienen un origen inorgánico. En general, los compuestos orgánicos están formados principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno y en menor proporción de nitrógeno, fósforo, y de azufre, (conocidos como CHONPS). Todos estos elementos son no- metales, sus átomos tienen electronegatividades cercanas, por lo cual, los enlaces entre ellos son covalentes y las partículas resultantes son moléculas.

### Ejercicio.

La química orgánica estudia los compuestos que contienen \_\_\_\_\_, con excepción de; bióxido de carbono, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_. Los compuestos orgánicos, en general, son combinaciones químicas de los bioelementos; \_\_\_\_\_, los que se clasifican como, \_\_\_\_\_. Los átomos de estos elementos, al combinarse forman enlaces \_\_\_\_\_, porque comparten electrones y las partículas de los compuestos resultantes son \_\_\_\_\_, no son iones.

## TEMA 1. ¿Por qué es importante el petróleo?

### Contenidos

#### Importancia del petróleo

Productos derivados del petróleo

### Aprendizajes

**A1. (C, H, V) Reconoce la importancia del petróleo y sus derivados como fuente de productos e intermediarios al indagar información, expresar y argumentar sus ideas relacionadas con el aprovechamiento de este recurso (N1).**

#### Actividad grupal.

Enumera los materiales que forman 10 objetos a tu alrededor y clasifícalos en derivados del petróleo o no procedentes del petróleo.

Objeto	Material que forma al objeto	Derivado del petróleo	NO derivado del petróleo
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

**Conclusión** \_\_\_\_\_

Muchas de nuestras actividades en la vida cotidiana dependen del petróleo; usamos los combustibles para mover los autos o para las estufas o calentadores. Los materiales de origen mineral o vegetal, con los que se fabricaban fibras o muebles, se sustituyen con compuestos provenientes del petróleo.

A las sustancias obtenidas del petróleo se les llama petroquímicos y para su obtención se usan dos grandes procesos, el primero es la separación de los componentes del crudo mediante destilación fraccionada, a esta parte de la industria del petróleo se le conoce como *refinación*.

El segundo proceso es el tratamiento químico de los componentes del crudo para sintetizar diversos compuestos, conocidos como intermediarios, que se utilizarán en la síntesis de productos finales. Los procesos son de síntesis química y esta parte de la industria se conoce como *petroquímica*.

Los químicos encontraron procedimientos para sintetizar moléculas pequeñas para producir compuestos útiles para elaborar; perfumes, saborizantes, explosivos, drogas. Asimismo, se encontraron procedimientos para sintetizar moléculas gigantes para producir polímeros, fibras, gomas, plásticos.

Ambos procesos han hecho de este recurso la base de muchas economías y es por esta razón que al petróleo se le conoce como oro "negro". Como sabemos, el primer destino del crudo, la producción de combustibles, ha incrementado la contaminación al ambiente, por lo cual la tendencia se dirige al aprovechamiento de este recurso para la producción de innumerables sustancias.

### **Ejercicio.**

Observa esta zona de una casa y enumera los objetos que contengas, al menos en alguna parte, polímeros provenientes del petróleo.

Figura que muestra los objetos que se pueden observar en una zona de la casa y por la ventana.



## TEMA 2. ¿Qué es el petróleo y cuáles son sus componentes?

### Contenidos

#### Composición y separación del petróleo:

Mezcla.

Compuesto.

Petróleo, mezcla compleja de hidrocarburos (N3).

#### Mezclas.

#### Compuestos:

Separación de los componentes del petróleo (N3).

Destilación fraccionada (N3).

Relación entre punto de ebullición y masa molecular de los hidrocarburos (N2)

### Aprendizajes

**A2. (C, H) Reconoce al petróleo como una mezcla compleja de hidrocarburos cuya composición determina sus propiedades y valor económico. (N3)**

**A3. (C, H) Relaciona las variables involucradas en la destilación fraccionada, como la masa, número de carbonos y puntos de ebullición, para identificar regularidades entre ellas y efectuar predicciones. (N3)**

### Origen del petróleo

El petróleo es una mezcla de hidrocarburos, gases o líquidos, sustancias que se forman especialmente en rocas porosas donde se encuentran infinidad de materia orgánica proveniente de animales o plantas. El proceso de formación de hidrocarburos se facilita si hay agua del mar o lagos. Los hidrocarburos formados migran hacia la superficie, a menos que encuentren otro tipo de rocas impermeables en las que se almacenan. Estos almacenes son los yacimientos.

Mediante tubos de perforación y extracción, apoyados en una torre y equipo sofisticado, se extrae el petróleo crudo (tal como sale del pozo).

### Ejercicio.

1. Infiere y responde ¿a qué se debe que el petróleo se considere un recurso natural?

\_\_\_\_\_

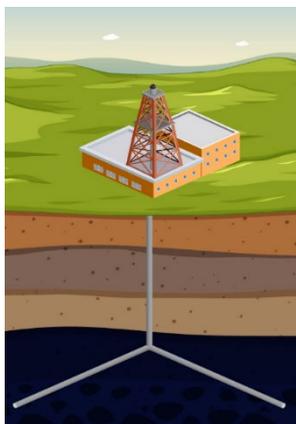
2. De acuerdo a la información, ¿cómo se forma el petróleo? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. ¿Cómo debe ser una roca donde se forma el petróleo? \_\_\_\_\_

4. ¿Cómo debe ser una roca para que pueda almacenar el petróleo \_\_\_\_\_

5. Señala en la figura el yacimiento, el tubo de extracción y la torre que lo soporta.



## Los componentes del petróleo

### Actividad:

Indaga en fuentes documentales académicas, cuales son los componentes del petróleo crudo y cuál es su proporción aproximada

El petróleo crudo es una mezcla que contiene principalmente compuestos llamados hidrocarburos, formados por carbono e hidrógeno. Además de hidrocarburos, los crudos contienen otros compuestos con átomos de nitrógeno, azufre y oxígeno en sus moléculas. Los crudos pueden contener también concentraciones pequeñas de metales como, calcio, estroncio, cobre, plata, oro, aluminio, plomo, vanadio, cromo, manganeso, fierro, cobalto, níquel.

### Ejercicio

1. ¿Cuáles son los principales compuestos en el petróleo crudo? \_\_\_\_\_
2. ¿Cuáles otros compuestos se encuentran en el crudo? \_\_\_\_\_
3. ¿Cuáles de los metales presentes en el petróleo son metales de transición?  
\_\_\_\_\_
4. ¿Cuáles metales en el crudo son representativos?  
\_\_\_\_\_
5. ¿Por qué se clasifica al crudo como una mezcla?  
\_\_\_\_\_
6. ¿Cuáles metales en el crudo son representativos?  
\_\_\_\_\_

## Conexión. Pensamiento científico. Naturaleza de la ciencia

¿Por qué creer la información localizada en documentos científicos?

**La naturaleza de la ciencia es la respuesta.** Los conocimientos aprobados por la comunidad científica pueden considerarse confiables, porque se han sometido a prueba ininidad de veces. La comunidad valida los conocimientos nuevos publicados por los científicos, cualquier científico puede comprobar tal conocimiento y publicar a su vez los resultados. Cuando estos conocimientos son reconocidos, pueden ya incluirse en manuales, tratados, libros de consulta o de texto. En estas obras se puede consultar y tomar como cierto, por ejemplo, la densidad del alcohol etílico.

**Ejercicios:**

1. **Indica las fuentes bibliográficas consultadas** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. **Con base en las fuentes que consultaste, indica que tan confiable es la información que obtuviste** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Conexión. Pensamiento científico. Práctica de la ciencia

### Actividad experimental

Observar una gota de al menos dos crudos diferentes y con base en los hallazgos documentales plantea hipótesis. Elabora reporte con objetivo, hipótesis, procedimiento, observaciones, conclusiones.

### Petróleo ligero y petróleo pesado. Clasificación del crudo

En la actualidad se está dando mayor uso a la clasificación del petróleo en *ligero* o *pesado*, menos o más pesado, la que se relaciona con el porcentaje de hidrocarburos de menor o mayor número de átomos de carbono que contengan. A esta caracterización se agrega la clasificación del petróleo en *dulce* o *amargo*, de acuerdo a su contenido de azufre; dulce con poco azufre, amargo con alto contenido de azufre.

Si la mezcla contiene un porcentaje elevado de compuestos de alto peso molecular, el crudo tendrá puntos de ebullición altos, densidades altas, será muy viscoso, en cambio un crudo con un contenido alto de moléculas pequeñas fluye más fácilmente y será más aromático debido a la mayor volatilidad de sus compuestos. Entre mayor es el tamaño de los compuestos que contiene un crudo será más difícil de procesar y su valor económico será bajo.

En México son más abundantes los petróleos pesados como el "MAYA" y son menos abundantes los ligeros como el "ISTMO" y menos abundantes aún son los petróleos

superligeros como el “OLMECA”. El más apreciado es el crudo ligero, ya que permite obtener una mayor cantidad de gasolina y productos petroquímicos.

Tipo de crudo	Densidad
Extra pesado	Más de 1
Pesado	Entre 0.92 – 1
Mediano	Entre 0.87- 0.92
Ligero	Entre 0.83 – 0.87
Super ligero	Menos de 0.83

### Ejercicio.

De acuerdo con la clasificación mencionada antes, anota en la línea si se trata de un petróleo **ligero o pesado**, de acuerdo a la descripción de los siguientes 6 petróleos crudos:

1. Es muy viscoso \_\_\_\_\_
2. Tiene punto de ebullición alto \_\_\_\_\_
3. Contiene abundantes compuestos volátiles \_\_\_\_\_
4. Su densidad es muy baja \_\_\_\_\_
5. Tiene baja viscosidad \_\_\_\_\_
6. Tiene un porcentaje elevado de moléculas grandes \_\_\_\_\_

### Separación de los componentes del petróleo

El primer tratamiento que recibe el crudo, al salir del pozo, es la separación de dos componentes; uno gaseoso y el otro líquido. Después de separar la corriente gaseosa de la corriente líquida, los gases se tratan en instalaciones cercanas a los pozos, mientras que el componente líquido se separa en agua y petróleo, este se manda a las refinerías, las que pueden estar en lugares muy lejanos. Los gases se someten a un tratamiento inicial para separar las sustancias no deseables, como bióxido de carbono y ácido sulfhídrico, este último puede usarse para obtener ácido sulfúrico, útil en la fabricación de fertilizantes.

El resto de gases está formado por metano, etano, propano y los butanos (normal y ramificado). En México se acostumbra separar de la mezcla gaseosa al propano y al butano, ya que juntos constituyen el gas licuado (LP). El gas que queda es el etano, el que se envía a las plantas de desintegración donde se transforma en etileno (eteno) uno de los hidrocarburos más importantes para la petroquímica. El metano es el componente principal

de la fase gaseosa y una vez separado; una parte se envía a los consumidores y otra se destina a la producción de “gas de síntesis” para preparar amoníaco y metanol.

### Ejercicios

1. ¿En qué consiste la primera separación del crudo? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. ¿En qué consiste el tratamiento a la corriente gaseosa? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. ¿Cuáles gases constituyen el gas “LP”? \_\_\_\_\_

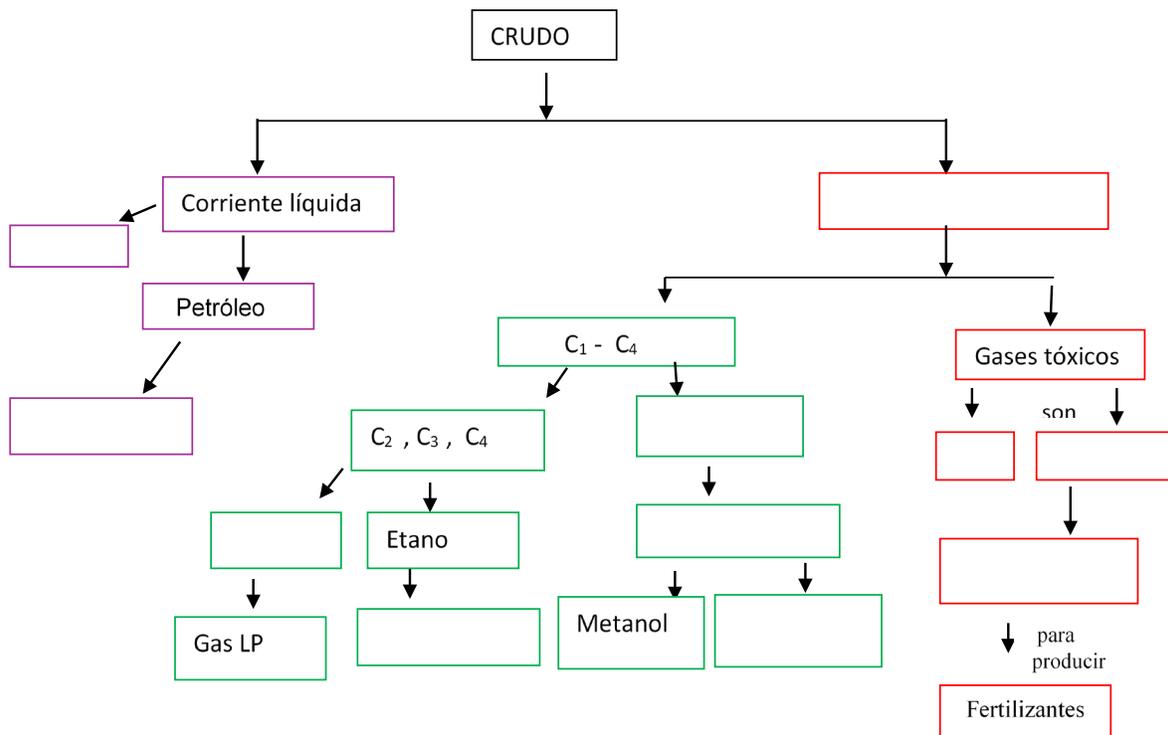
4. ¿A cuál sitio se envía el petróleo líquido? \_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es el gas, obtenido en la primera separación, que se usa en la síntesis de “etileno”, un petroquímico básico? \_\_\_\_\_

6. ¿Cuál de los gases se usa en la preparación de gas de síntesis para la producción de amoníaco y metanol? \_\_\_\_\_

7. A partir de la información completa el siguiente organizador.

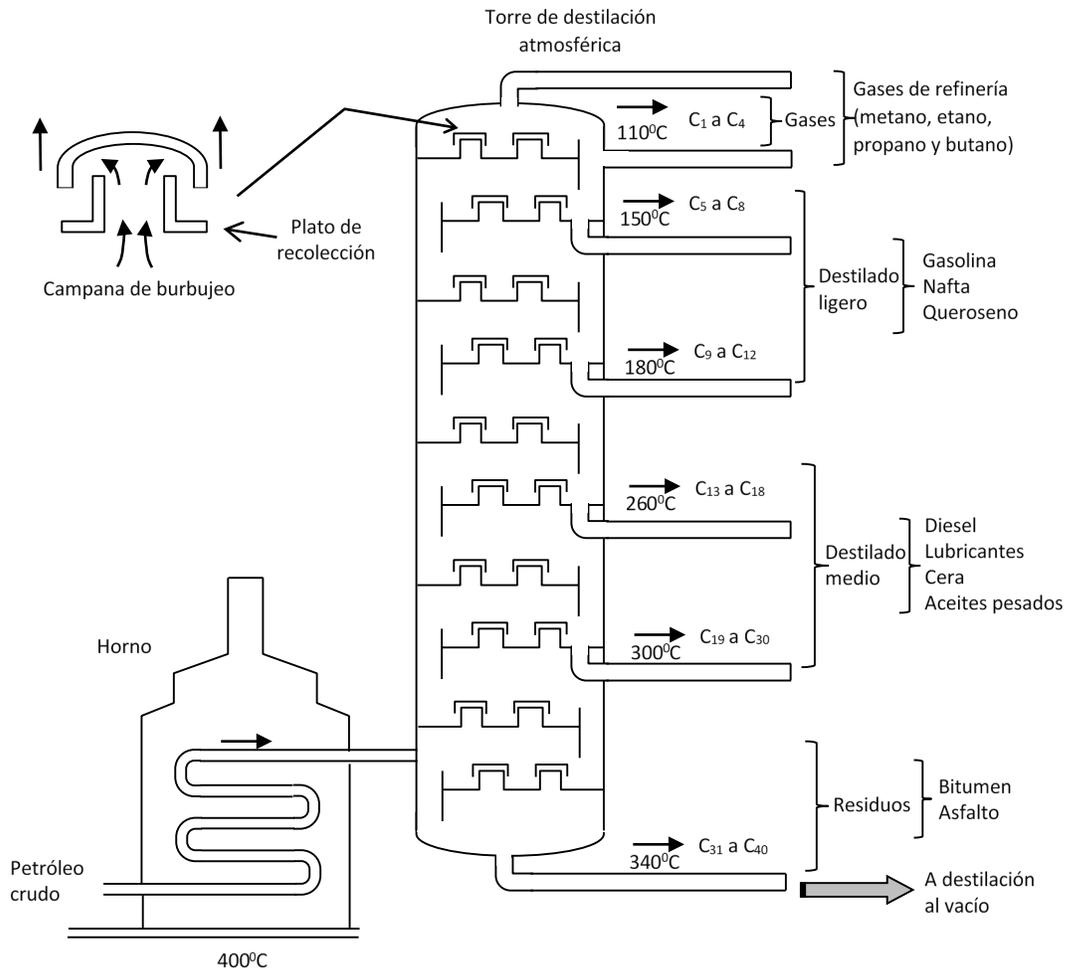
### Primer tratamiento del crudo cerca del pozo



### La separación del petróleo por destilación fraccionada

Se ha estimado que el petróleo contiene más de 500 sustancias diferentes. Estas sustancias tienen diferente punto de ebullición; las sustancias con cadena de carbonos mayor, tienen puntos de ebullición alto, mientras que los compuestos con cadenas de carbono cortas, tienen puntos de ebullición bajos. Las refinerías usan las diferencias en los puntos de ebullición para separar los compuestos del petróleo en grupos de sustancias que tienen puntos de ebullición cercanas, a las que se llama "fracciones". Al proceso de someter a ebullición y luego condensar a los líquidos se llama destilación fraccionada.

En la primera etapa de la refinación se calienta el petróleo a 400<sup>0</sup> C. a esta temperatura la mayor parte del petróleo se evapora, el resto queda como un residuo viscoso. Los vapores suben por una torre y al irse enfriando se condensan y son recogidos en los platos de la torre. Las fracciones con menor punto de ebullición se colectan en la parte más alta de la torre como se muestra en la figura 2. (Debe notarse que el petróleo líquido contiene gases disueltos, que no fueron separados en el primer tratamiento del crudo).



### Ejercicios.

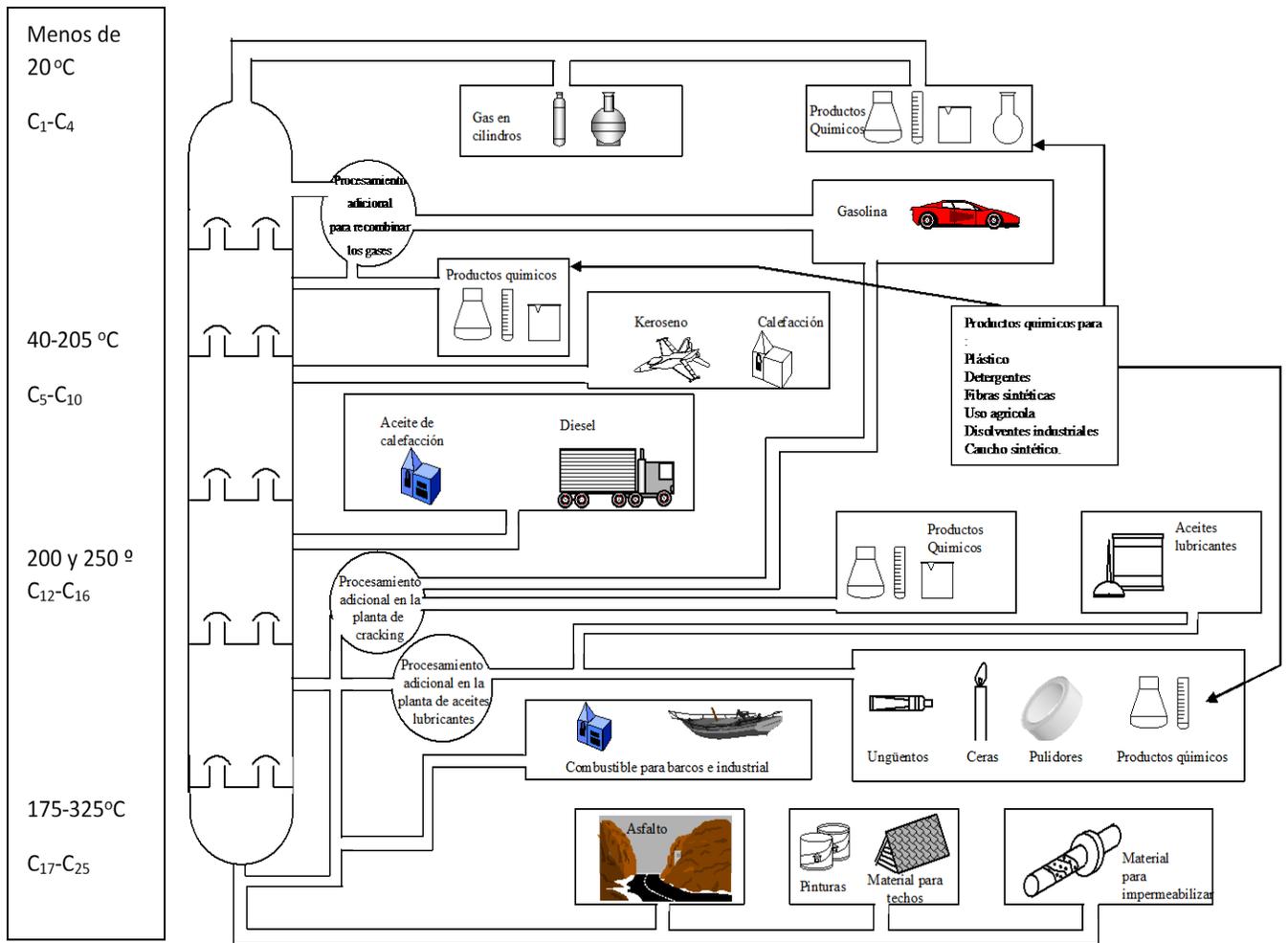
1. Explica porque se utiliza la destilación fraccionada para separar los componentes del petróleo. \_\_\_\_\_

2. A que se le llama fracción en la destilación del petróleo \_\_\_\_\_

3. Llena la siguiente tabla.

Temperatura	Carbonos en la cadena	Fracciones	Productos
110 <sup>o</sup> C	C <sub>2</sub> - C <sub>4</sub>		
150 <sup>o</sup> C		Destilado	
180 <sup>o</sup> C		ligero	
260 <sup>o</sup> C			Diésel, lubricantes, ceras,
300 <sup>o</sup> C	C <sub>19</sub> - C <sub>30</sub>		aceites pesados
340 <sup>o</sup> C			

Existen 2 procesos generales para el tratamiento de los compuestos que forman las fracciones. Uno es la combinación de los compuestos pequeños para formar compuestos mayores, el otro es el rompimiento (craking), de compuestos grandes para formar compuestos menores. La figura muestra estos dos procesos y los productos que es posible obtener.



**Ejercicio.**

A partir del análisis de la figura anterior, llena los espacios del siguiente texto:  
 Del diagrama se puede inferir que la gasolina está formada por compuestos producidos por dos procesos; uno es el cracking, que consiste en \_\_\_\_\_ moléculas con un número alto de átomos de carbono y el otro proceso consiste en \_\_\_\_\_ moléculas pequeñas. El gas almacenado en cilindros es una mezcla de hidrocarburos, con moléculas formadas de \_\_\_\_\_ átomos de carbono, esta fracción también se usa para producir compuestos en estado líquido mediante procesos de \_\_\_\_\_. Estos productos químicos se usan para la obtención de compuestos de alta masa molecular como polímeros, mediante reacciones de \_\_\_\_\_.

-----

## Conexión. Pensamiento científico. Práctica de la ciencia

Actividad experimental: Con el fin de simular la separación de gases ( $\text{CO}_2$ ), de los líquidos (agua y alcohol)

Destilación de una mezcla de bebida de cola y alcohol.

Diseña el experimento, señala el objetivo, la hipótesis, el procedimiento. Reporta los resultados y elabora una T de observación-explicación.

Analiza los datos de la tabla y realiza los ejercicios.

Nombre	Fórmula condensada	Temperatura de Ebullición $^{\circ}\text{C}$
Metano	$\text{CH}_4$	-161.5
Etano	$\text{C}_2\text{H}_6$	-88.6
Propano	$\text{C}_3\text{H}_8$	-42.1
Butano	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	-0.5
Pentano	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	36.1
Hexano	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	68.7
Heptano	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	98.4
Octano	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	125.7
Decano	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	174.1
Pentadecano	$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	270.6
Eicosano	$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	343.8

### Ejercicio

1. Elabora una gráfica de punto de ebullición contra número de átomos de carbono para los 7 alcanos más simples (del metano al heptano).
2. ¿Cuál es el fundamento teórico de la destilación del petróleo crudo? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Cuál es la relación entre el tamaño del alcano y el punto de ebullición? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. ¿Qué estado de agregación tiene el pentano a  $20^{\circ}\text{C}$ ? \_\_\_\_\_
5. ¿Qué estado físico tiene el hexano a  $70^{\circ}\text{C}$ ? \_\_\_\_\_

## TEMA 3. ¿Cómo se clasifican y representan los petroquímicos básicos?

### Contenidos

#### Industria petroquímica

Compuestos: petroquímicos básicos, como (N2). Cadenas productivas.

Metano.

Etileno.

Propileno.

Butilenos.

Aromáticos

Clasificación: Alifáticos y aromáticos.

Saturados e insaturados.

#### Aprendizaje

**A4. (C, H) Reconoce la importancia de los petroquímicos básicos al identificarlos en las cadenas productivas. Utiliza las reglas de la iupac para nombrar y clasificar hidrocarburos sencillos. (N2)**

La industria petroquímica se encarga de procesar los productos obtenidos del petróleo y del gas natural, sustancias que juntas salen del pozo. Después de separar las fracciones del petróleo por destilación, una parte se somete a procedimientos químicos para obtener productos que son la base de la petroquímica. Comúnmente a estos productos se les llama petroquímicos básicos, esta clasificación depende de varios factores, pero en general son:

- Metano
- Eteno o etileno
- Propeno o propileno
- Butadieno
- Compuestos aromáticos: benceno, tolueno, y los xilenos

#### Procesos primarios del petróleo

Para mejorar los hidrocarburos y preparar otros productos básicos (metano, etileno, propileno, butilenos, benceno y xilenos) que son materias primas en la petroquímica, las fracciones obtenidas en la destilación fraccionada se someten a procesos químicos como *desintegración, des hidrogenación, reformado, isomerización, alquilación*.

En la desintegración se obtienen alcanos o alquenos menores a partir de moléculas mayores.

En la deshidrogenación de un alcano se obtiene el alqueno correspondiente.

En la *isomerización*, se calientan alcanos de cadena larga en presencia de un catalizador, el producto es el alcano ramificado. Generalmente los reactivos son pentano y hexano, ambos son productos de la destilación del crudo.

En el *reformado*, la fracción correspondiente a la nafta se calienta a 5000 C y se pasa por un catalizador, se producen cicloalcanos y luego hidrocarburos aromáticos.

### Ejercicio.

Con base en esta información, escribe sobre la línea el probable proceso involucrado en cada una de las siguientes reacciones: elige entre *reformado*, *isomerización*, *alquilación*, *deshidrogenación*.

1. Pentano → isopentano (2 metil butano) \_\_\_\_\_



3. Butano → butadieno \_\_\_\_\_

4. Benceno → xilenos \_\_\_\_\_

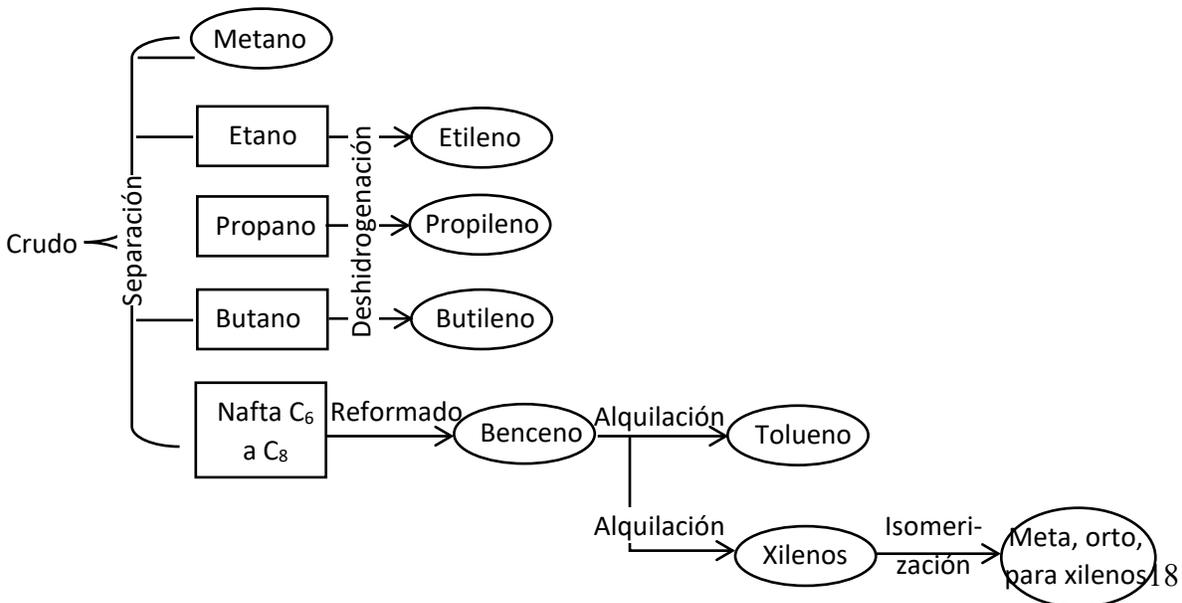
Como estableció arriba, una parte de *metano* se obtiene por la separación de la fracción gaseosa (de C<sub>1</sub> a C<sub>4</sub>) del crudo y otra parte en la destilación fraccionada. Se usa en la producción de monóxido de carbono e hidrógeno, (gas de síntesis), en la que el metano reacciona con vapor de agua. El hidrógeno obtenido se hace reaccionar con nitrógeno del aire para producir de amoníaco, básico en la generación de fertilizantes, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:



Los alquenos; *eteno* (etileno), *propeno* (propileno) y el *buteno* se obtienen por la *deshidrogenación* de los alcanos; etano, el propano y butano.

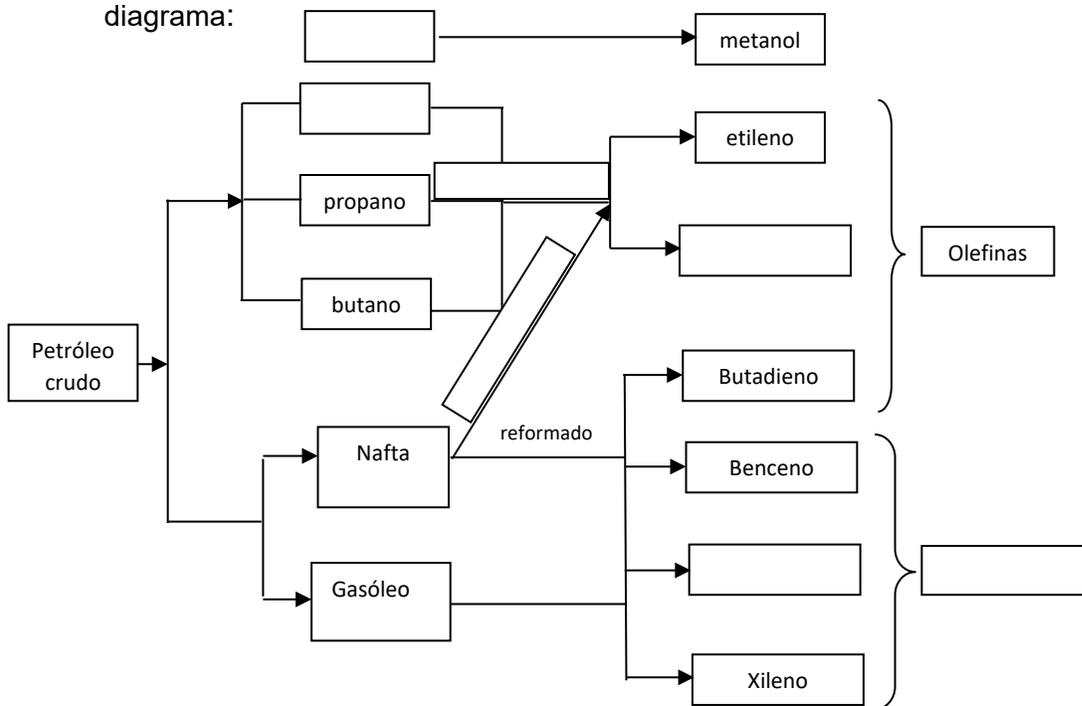
El proceso de *reformado* consiste en la obtención de hidrocarburos cíclicos o aromáticos a partir de hidrocarburos alicíclicos. El proceso de *alquilación* consiste en agregar un grupo alquilo (cadena de hidrocarburos) a otro hidrocarburo. La *isomerización* consiste en la formación de un isómero a partir de un hidrocarburo.

El esquema ilustra la procedencia y los procedimientos generales para la obtención de los petroquímicos básicos:



## Ejercicio.

1. De acuerdo a la información anterior llena los espacios vacíos del siguiente diagrama:

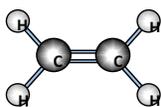
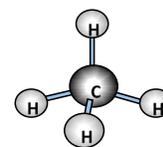


## Ejercicios:

- ¿Cuál es el petroquímico que no necesita un tratamiento adicional? \_\_\_\_\_
- Colorea de rojo los petroquímicos básicos
- Señala la fracción de la cual se obtiene cada uno de los petroquímicos básicos:
  - Xilenos \_\_\_\_\_
  - Etileno \_\_\_\_\_
  - Butadieno \_\_\_\_\_
  - Benceno \_\_\_\_\_
  - Propileno \_\_\_\_\_

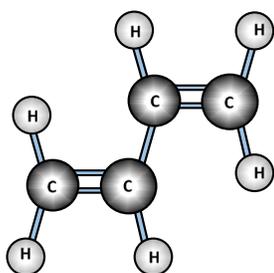
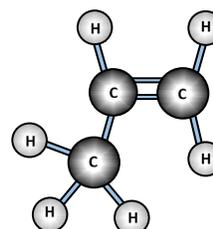
**Aproximación al lenguaje de los compuestos orgánicos. Los petroquímicos básicos.**

El metano es un alcano y como tiene un solo átomo de carbono se le puede identificar con el símbolo  $C_1$ . Se obtiene al purificar el gas natural y en la destilación fraccionada. Se usa como combustible y como materia prima en la producción de otras sustancias como metanol.



El eteno, conocido con el nombre común de *etileno*, es un alqueno con un enlace doble entre sus dos carbonos, un alqueno  $C_2$ . Se produce en el craking del etano. Es uno de los petroquímicos más importantes: se usa en la producción de alcohol, de acetato de etilo, de monómeros diversos para la elaboración de polímeros como el polietileno.

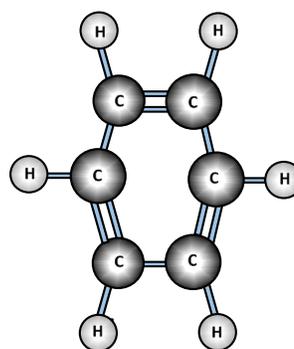
El propeno o propileno es un alqueno con tres carbonos y un doble enlace, alqueno  $C_3$ . Se produce en la desintegración catalítica del nafta (fracción  $C_4$  a  $C_{10}$ ).

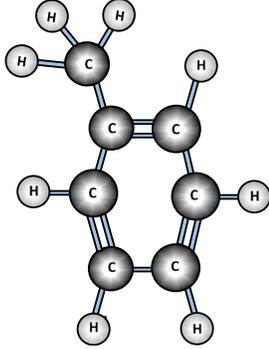


El butadieno es un hidrocarburo con una cadena de cuatro átomos de carbono y dos enlaces dobles alternados, un  $C_4$ . Es un gas con olor a gasolina, se usa en la elaboración de caucho sintético y en polímeros y copolímeros de gran resistencia.

Los compuestos aromáticos; benceno, tolueno y los tres xilenos se obtienen en el proceso de reformado catalítico. La mezcla de estos compuestos se usa en la gasolina debido a que mejoran el índice de octano del combustible.

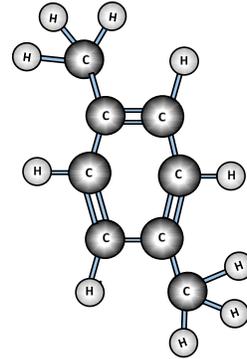
El benceno, de nombre sistemático, 1,3,5 ciclohexatrieno, es un hidrocarburo aromático, tiene 6 átomos de carbono formando un ciclo de 6 caras con un anillo en el centro; este anillo se llama benceno y es la base de los hidrocarburos aromáticos. Se usa en la elaboración de infinidad de compuestos útiles en diversas ramas industriales.





El tolueno tiene un anillo aromático con un grupo metilo (C<sub>1</sub>) en uno de sus vértices. También se llama metil benceno. Se usa como disolvente, en pinturas, colorantes, TNT.

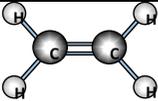
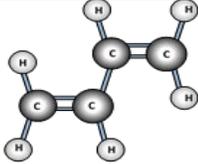
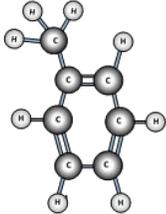
Los xilenos consisten de un anillo aromático con dos grupos metilos, cada grupo en un vértice del hexágono en diferentes posiciones y de acuerdo a las posiciones del grupo metilo resultan 3 xilenos. Se les llama dimetil benceno, y difieren en la posición de los dos grupos metilo en el anillo bencénico; el 1,2 dimetil benceno (orto-xileno), 1,3 dimetil benceno (meta-xileno), 1,4 dimetil benceno (para-xileno). Son excelentes disolventes por lo que se usa en pinturas.



Para xileno, 1,4 dimetil, benceno

### Ejercicios.

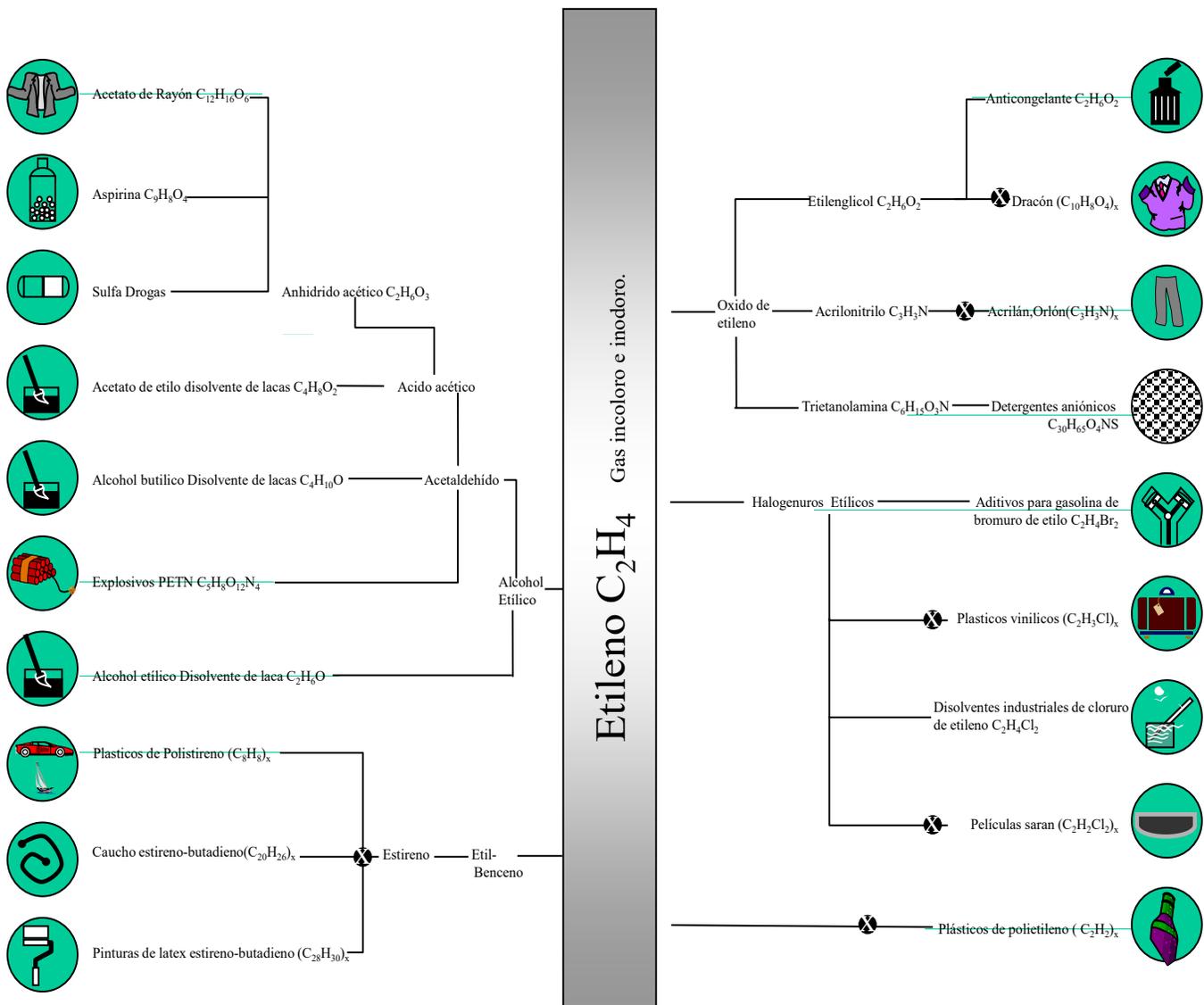
1. ¿Cuáles petroquímicos básicos presentan solo enlaces sencillos entre los átomos de carbono en sus moléculas? \_\_\_\_\_
2. ¿Señala los petroquímicos básicos que presentan dobles enlaces en sus moléculas?  
\_\_\_\_\_
3. Enumera los petroquímicos básicos que presentan un anillo de 6 carbonos con 3 enlaces dobles alternados. \_\_\_\_\_
4. Llena la tabla con los hidrocarburos básicos (petroquímicos básicos); sus características, formas utilizadas para representarlos

Numero de carbonos/nombre común/nombre sistemático	Nombres sistemático	Alifático/ aromático	Enlaces entre carbonos: simples/ múltiples	Fórmula semidesarrollada	Representación nanoscópica
C <sub>1</sub> / metano		Alifático		CH <sub>4</sub>	
C <sub>2</sub> / etileno/eteno			Un enlace doble (múltiple)	CH <sub>2</sub> =CH <sub>2</sub>	
C <sub>3</sub> / propileno/	Propeno			CH <sub>2</sub> =CH-CH <sub>3</sub>	
C <sub>4</sub> /	1,3 Butadieno				
C <sub>6</sub> / benceno /			3 enlaces triples		
C <sub>7</sub> / tolueno	Metil, benceno	Aromático	3 enlaces triples y un enlace simple		
C <sub>8</sub> / Meta xileno	1,2 dimetil benceno				

### Etileno ejemplo de un petroquímico básico.

El etileno como ejemplo de petroquímico básico, compuesto que se somete a diversos procesos, esto se debe, en gran parte, a la reactividad que le confiere su doble enlace. En el siguiente organizador se muestran las diversas posibilidades que tiene el etileno para reaccionar y producir compuestos que a su vez se usan para la elaboración de productos que usamos cotidianamente.

Fig. Etileno y sus derivados. El símbolo X, en el esquema indica reacción de polimerización.



### Ejercicios.

I. A partir del análisis de la figura de los derivados de etileno, llena las secuencias de las transformaciones y contesta las preguntas.

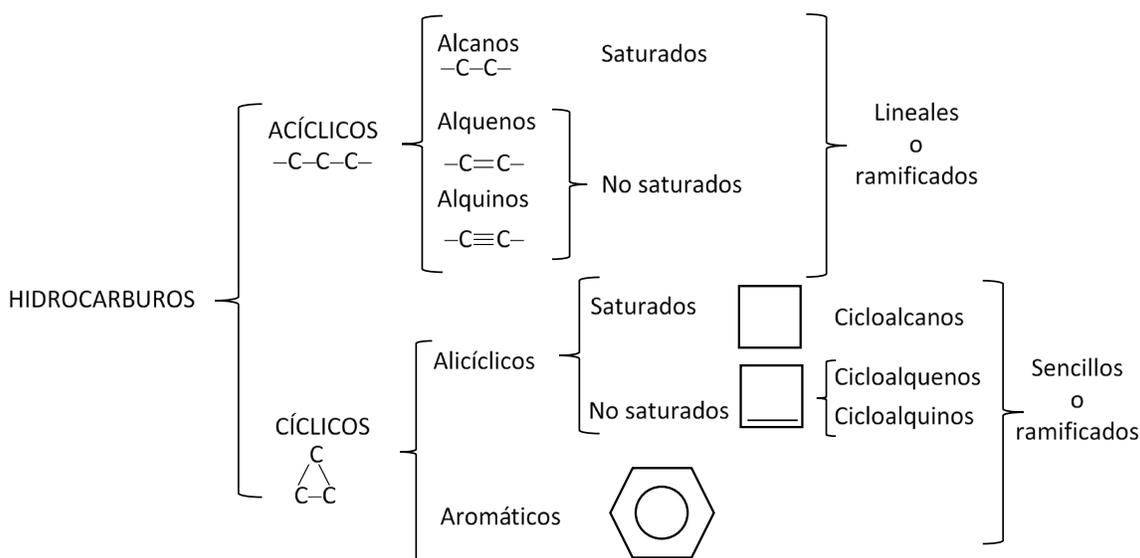
- Etileno → Etil benceno → \_\_\_\_\_
- Etileno → \_\_\_\_\_ → etilen glicol
- Etileno → alcohol etílico → 4. \_\_\_\_\_ → anhídrido acético → 5. \_\_\_\_\_
- Señala un producto cotidiano que involucre al estireno \_\_\_\_\_

5. Señala dos intermediarios entre el etileno y la aspirina \_\_\_\_\_

### Nomenclatura de hidrocarburos IUPAC. Lenguaje sistemático

Los químicos clasifican los compuestos de carbono en grupos de composición y estructura similares para manejar el gran número de ellos.

Uno de estos grupos son los hidrocarburos, compuestos formados únicamente por hidrógeno y carbono, de ahí el término “hidrocarburos” (principales componentes del petróleo).



### Ejercicios.

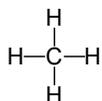
Localiza la fórmula de cada uno de los siguientes hidrocarburos y clasifícalo de acuerdo a esta clasificación.

1. Metil benceno \_\_\_\_\_
2. Butano \_\_\_\_\_
3. ciclo hexano \_\_\_\_\_
4. Penteno \_\_\_\_\_
5. Hexino \_\_\_\_\_
6. Ciclopenteno \_\_\_\_\_
7. Metil heptano \_\_\_\_\_
8. 3 metil heptino \_\_\_\_\_
9. Metil ciclo buteno \_\_\_\_\_
10. Etil ciclo ciclobutano \_\_\_\_\_

## Conexiones. Aprendizajes previos

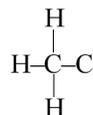
En los hidrocarburos la composición es la misma; hidrógeno y carbono. La diferencia entre los hidrocarburos es la proporción de átomos de hidrógeno y carbono y el arreglo de estos átomos en el espacio (estructura).

Recordar que el átomo de carbono tiene una capacidad de combinación de 4, puede formar 4 enlaces y el hidrógeno tiene una capacidad de combinación de 1, forma un enlace. Este principio debe cumplirse en los compuestos que forman los dos átomos.

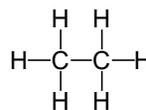


En el **metano**, el átomo de carbono tiene 4 enlaces y cada átomo de hidrógeno tiene 1 enlace. Cada enlace se muestra con una línea, que representa dos electrones compartidos, uno por cada átomo al extremo de la línea.

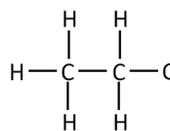
Si se sustituye el átomo de hidrógeno que está a la derecha del metano, por un átomo de carbono, se puede observar que el nuevo carbono necesita 3 enlaces porque solo tiene 1.



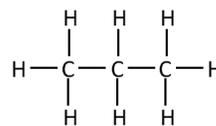
Al agregar 3 átomos de hidrógeno se cumple con la capacidad del carbono y como resultado se forma el **etano**.



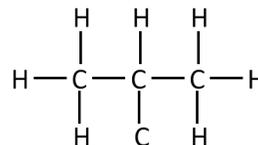
Si se sustituye el hidrógeno que está a la derecha del etano, por un átomo de carbono, este último átomo necesitará 3 enlaces, que pueden ser 3 enlaces con 3 átomos de hidrógeno.



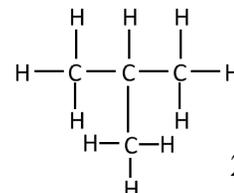
Al enlazar los 3 hidrógenos se forma el propano.



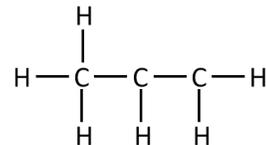
Si se sustituye un átomo de hidrógeno en el carbono intermedio del propano, por un átomo de carbono. Este último necesita 3 enlaces.



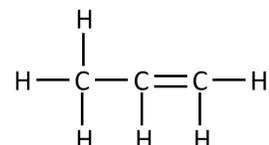
Si estos enlaces son con hidrógeno se forma un butano ramificado, no será lineal.



Si en el **propano** se eliminan dos átomos de hidrógeno de dos carbonos adyacentes, ambos carbonos requieren de un enlace. Si se numeran los átomos de carbono de izquierda a derecha; el C 1 tiene 4 enlaces (3 con H y 1 con otro C; el C 2, tiene 3 enlaces (2 con 2 átomos de C y 1 con H; el C 3 tiene 3 enlaces (1 con C y 2 con H.



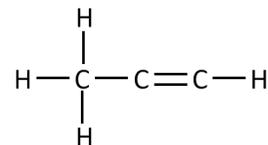
A cada átomo de C, le queda un electrón para compartir. Este enlace se puede formar entre los dos átomos de carbono y quedar unidos por un enlace doble. El compuesto que se obtiene es el **propeno**.



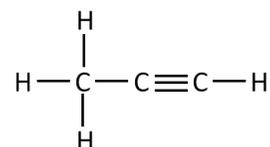
### Ejercicio:

Si se numeran los carbonos del **propeno** iniciando por la derecha; el carbono 1 tiene \_\_\_\_ enlaces, el carbono 2 tiene \_\_\_\_ enlaces y el carbono 3 tiene \_\_\_\_ enlaces.

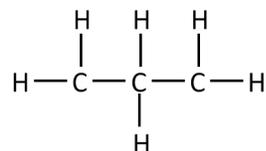
Si se eliminan otros dos átomos de hidrógeno de los átomos de carbono con enlace doble del **propeno** ahora les faltará otro enlace a cada átomo de carbono.



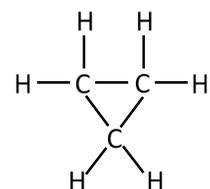
Al formarse otro enlace entre estos dos átomos de carbono quedarán unidos por 3 enlaces, **enlace triple**. El compuesto formado es el **propino**



Si se elimina un átomo de hidrógeno a cada átomo de carbonos extremos del propano (C 1 y C 3, si se numeran de izquierda a derecha) ambos requieren formar un enlace.



Una posibilidad es el enlace entre los dos átomos de carbonos extremos. Esto es posible solo si se acercan los extremos de la molécula propano. El resultado de la unión es la molécula del **ciclopropano**.



### Ejercicio:

¿Cuántos enlaces tiene cada átomo de carbono con un átomo de carbono adyacente, en el ciclopropano? \_\_\_\_\_

¿Cuántos átomos de hidrógeno se enlazan a cada átomo de carbono? \_\_\_\_\_

-----

### Representación de los hidrocarburos. Tipo de formulas

Para analizar los grupos de hidrocarburos hace falta conocer las diferentes representaciones de sus moléculas, las de mayor uso son; mínimas o condensadas, semi-desarrolladas, desarrolladas y de esqueleto:

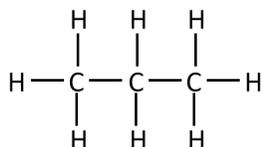
1. Fórmula condensada. Sólo nos indica qué átomos se encuentran en la molécula y la proporción entre ellos.

**Ejemplo:** C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>

2. Semidesarrollada. Nos indica qué átomos se encuentran en la molécula, la proporción entre ellos y la unión de los átomos carbono-carbono en la molécula.

CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>

3. Desarrollada. Nos indica qué átomos se encuentran en la molécula, la proporción entre ellos, la unión carbono-carbono y uniones carbono-hidrógeno.



4. Representación de esqueleto. Esta representación se reduce a trazos de líneas quebradas en cuyos vértices y terminales de línea se supone la existencia de un átomo de carbono. Las líneas pueden ser únicas, dobles o triples.



5. Otra representación es la que usa solo cadenas de símbolos de carbono y el número de enlaces entre carbono y carbono. En cada átomo de carbono se deduce el número de átomos de hidrógeno correspondientes

Ejemplos

C-C-C

-C-C≡C-C-

## Grupos de hidrocarburos

Las familias o grupos de los hidrocarburos son los alifáticos y aromáticos. Los alifáticos alcanos, alquenos, alquinos; sus formas cíclicas, sus enlaces y sus ramas.

### Alcanos

En la tabla siguiente se encuentran ejemplos de algunos alcanos lineales.

No. de átomos de C	Nombre	Fórmula empírica (composición)	Fórmula semidesarrollada	Fórmula desarrollada	Representación de esqueleto
1	Metano C <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	No hace falta
2	Etano C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
3	Propano C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
4	Butano C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
5	Pentano C <sub>5</sub>				
6	Hexano C <sub>6</sub>				
7	Heptano C <sub>7</sub>				

En la representación de esqueleto; en cada vértice de la línea quebrada hay un átomo de carbono, así como en cada extremo de la línea.

La fórmula general de los alcanos C<sub>n</sub> H<sub>2n+2</sub>

Ejemplo:

¿Cuál es la fórmula del alcano con 18 carbonos, utiliza la fórmula general?

$$n = 18$$

$$2n + 2 = 38$$

Por lo tanto, la fórmula del alcano es C<sub>18</sub> H<sub>38</sub>

Ejercicio ¿Cuál es la fórmula del alcano con 31 carbonos? utiliza la fórmula general \_\_\_\_\_

### Alquenos

Los compuestos que contienen al menos un doble enlace entre carbono y carbono se llaman **alquenos**. También son conocidos como **olefinas**, como el doble enlace sólo existe entre dos átomos de carbono, el alqueno más simple es el que contiene dos átomos de carbono (C<sub>2</sub>), eteno, llamado comúnmente etileno.

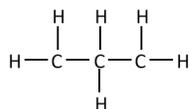
Tienen enlaces dobles entre átomos de carbono, en la siguiente tabla se muestran los más simples; los que tienen doble enlace entre dos carbonos al inicio de la cadena.

No. de átomos de C	Nombre común y sistemático	Fórmula condensada (composición)	Fórmula semidesarrollada	Fórmula desarrollada	Representación de esqueleto
2 / C <sub>2</sub>	Etileno/ eteno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CH <sub>2</sub> = CH <sub>2</sub>	C=C	
3 / C <sub>3</sub>	Propileno/ propeno		CH <sub>2</sub> =CH-CH <sub>3</sub>		
4	Buteno/	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>2</sub> =CH - CH <sub>2</sub> - CH <sub>3</sub>		
5					
6					

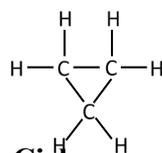
**Ejercicio. Completa la tabla**

### Hidrocarburos cíclicos

El hidrocarburo de estructura cerrada más pequeña que es posible formar es el de 3 átomos de carbono.



**Propano**



**Ciclopropano**

Se puede observar que el hidrocarburo cerrado tiene dos átomos de hidrógeno menos que el hidrocarburo abierto.

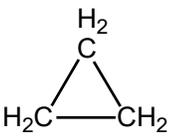
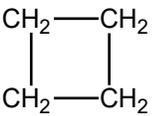
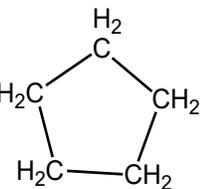
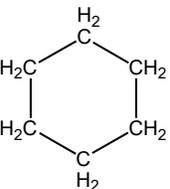
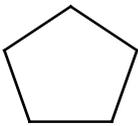
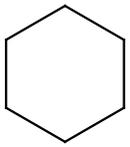
### Ejercicio

Comprueba que el propano tiene dos átomos de hidrógeno más que el ciclo propano, al determinar la fórmula condensada de los dos compuestos.

### Otros ciclo alcanos

Si se unen dos átomos de carbono de los dos extremos de un alcano, se forma un cicloalcano. Son hidrocarburos con estructura cerrada de fórmula general C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>.

**Ejercicio.** Completa los espacios vacíos de la siguiente tabla donde se representan cuatro compuestos de la serie de cicloalcanos.

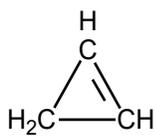
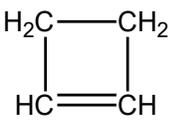
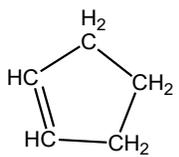
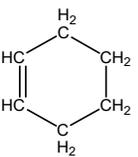
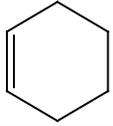
Fórmula condensada	$C_3H_6$	$C_4H_8$	$C_5H_{10}$	$C_6H_{12}$	
fórmula desarrollada					
Representación en esqueleto					
Nombre	<b>Ciclopropano</b>	<b>ciclobutano</b>			<b>ciclo heptano</b>

### Ciclo alquenos y ciclo alquinos

De igual forma, existen cicloalquenos y cicloalquinos, éstos son hidrocarburos con estructura cerrada e insaturados.

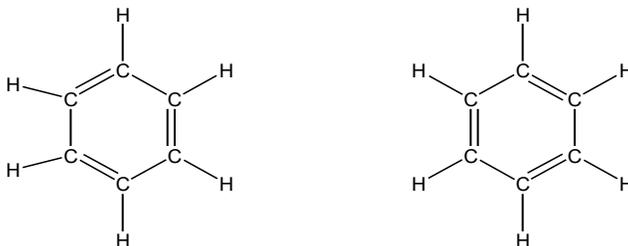
#### Ejercicio.

Completa los espacios vacíos de la siguiente tabla donde se representan cuatro compuestos de la serie.

<b>Fórmula condensada</b>	<b><math>C_3H_4</math></b>	<b><math>C_4H_6</math></b>	<b><math>C_5H_8</math></b>	<b><math>C_6H_{10}</math></b>	
Fórmula semidesarrollada					
Representación en esqueleto					
Nombre	ciclopropeno	ciclo buteno			Ciclohepteno

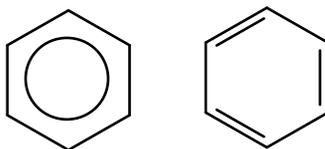
## Compuestos aromáticos

Un caso especial de compuesto cíclico con doble enlace lo constituye el ciclohexatrieno, hidrocarburo cíclico de 6 carbonos con 3 enlaces dobles.



Los electrones que forman los 3 dobles enlaces quedan confinados en el anillo, distribuyéndose uniformemente alrededor de él; esto da como resultado que son compartidos equitativamente por los 6 átomos de carbono, dando lugar a una estructura especial de distribución de electrones que no permanecen en un átomo de la molécula, sino que se encuentran “deslocalizados” y pertenecen a los 6 átomos, la estructura adquiere una mayor estabilidad y se conoce como *anillo bencénico*.

El enlace conseguido es muy fuerte y estable. El anillo bencénico se encuentra en tantos compuestos que se acostumbra representarlo en forma abreviada con cualquiera de las 2 representaciones siguientes.



Originalmente la palabra “aromático” se aplicó a sustancias de agradable aroma, actualmente se refiere al benceno, sus derivados y algunos otros compuestos de propiedades químicas similares. La característica del aroma no es exclusiva del anillo bencénico. Algunos compuestos que contienen el anillo bencénico tienen olores desagradables, pero esto se debe a los sustituyentes del anillo.

### Ejercicio.

1. ¿Por qué es tan fuerte y estable el anillo bencénico? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2 ¿Por qué son similares los anillos bencénicos con 3 dobles enlaces y el anillo con un círculo? \_\_\_\_\_

## Hidrocarburos ramificados (no lineales o simples)

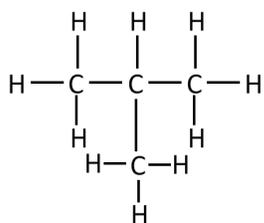
Un alcano ramificado contiene grupos unidos a una cadena lineal. Los grupos que se enlazan a una cadena son conocidos como grupo alquilo. Cada grupo tiene un enlace disponible (le falta un átomo de hidrógeno), por ejemplo, si al metano CH<sub>4</sub> se le retira un átomo de hidrógeno, el grupo que resulta es el CH<sub>3</sub> -, con un enlace disponible para unirse a una cadena. Los siguientes son los grupos alquilo más comunes.

Metil	CH <sub>3</sub> -
Etil	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -
Propil	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -
Butil	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -
Pentil	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -
Isopropil	CH <sub>3</sub> - CH - CH <sub>3</sub> 
Isobutil	CH <sub>3</sub> - CH - CH <sub>2</sub> -   CH <sub>3</sub>

## Reglas IUPAC para nombrar alcanos ramificados:

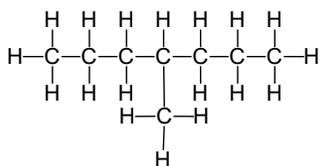
- seleccionar la cadena principal que es la más larga, mayor número de átomos de carbono
- iniciar la numeración de carbonos por el extremo más cercano a la rama (grupo alquilo)
- identificar el nombre de los grupos alquilo (rama o ramas)
- identificar la posición de los grupos alquilo (ramas)
- en la construcción del nombre del alcano; usar guiones para separar palabras y números y comas para separar números.

### Ejemplo 1



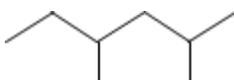
La cadena más larga tiene 3 carbonos, el alquilo es metil y se encuentra en el carbono 2. El nombre es: 2-metil-propano.

### Ejemplo 2



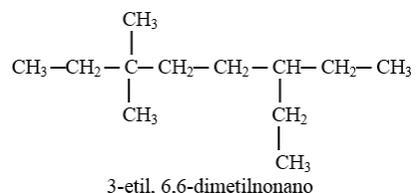
La cadena principal es de 7 carbonos. El grupo alquilo (metil), está unido al carbón 4, ya sea si se cuenta de izquierda a derecha o de derecha a izquierda. El nombre es; 3-metil, heptano.

### Ejemplo 3



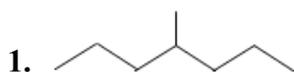
En esta representación de esqueleto, la cadena principal contiene 6 carbonos, tiene dos grupos metilo. Se cuenta de derecha a izquierda ya que un metilo está más cerca del extremo derecho.

### Ejemplo 4

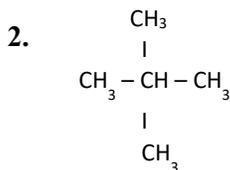


### Ejercicios.

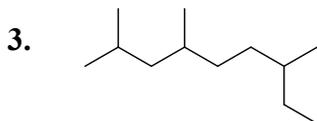
Nombra los siguientes alcanos



\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_

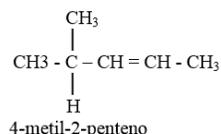


\_\_\_\_\_

## Reglas IUPAC para nombrar alquenos y alquinos:

Se aplican básicamente las reglas indicadas para los alcanos, además de asignar los números más bajos a los carbonos que contienen el doble o triple enlace.

- 1) Seleccionar como estructura de referencia la cadena continua más larga que contenga el doble enlace

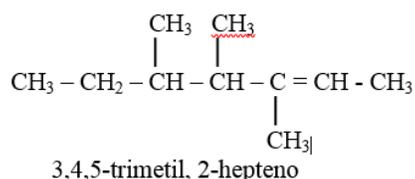


- 2) Se inicia la numeración, por el extremo más cercano al doble enlace.

1-buteno       $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$  Se inicia la numeración por el carbono de la extrema derecha y se continua hacia la izquierda.

3-hexeno       $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$

- 3) Se identifican los grupos alquilo y se ubican sobre la cadena principal asignándoles el número correspondiente



---

## Conexión. Pensamiento Científico. Naturaleza de la ciencia

Los científicos valoran la evidencia como prueba de los planteamientos teóricos

### Ejercicios.

1. Indica en cada planteamiento si se trata de un “hecho” o de una “inferencia”
  - 1.1 La densidad del 1-hexeno es de  $0.72 \text{ g/cm}^3$  \_\_\_\_\_
  - 1.2 Las cadenas más largas se atraen con mayor fuerza que las cortas \_\_\_\_\_
  - 1.3 La nube electrónica en el triple enlace es más polarizable \_\_\_\_\_
  - 1.4 Los alcanos de cadena corta son gases \_\_\_\_\_
  - 1.5 Un alquino con igual número de carbonos que un alcano tiene mayor punto de ebullición \_\_\_\_\_
2. Localiza un grupo de hidrocarburos que muestre la evidencia del siguiente planteamiento teórico, “Los triples enlaces son más polarizables por lo que; las moléculas en la que se localizan, se atraen con mayor fuerza, entre sí”.

3. La comparación de los puntos de ebullición de los siguientes compuestos es una evidencia de que se desarrollan mayores fuerzas de atracción entre las moléculas con cadenas más largas, se encuentra en los puntos de ebullición de los siguientes compuestos:
  - A) etano y hexano
  - B) butano y butino
  - C) hepteno y heptino
  - D) propano y propeno
  
4. Los siguientes datos son evidencia de que los pequeños dipolos formados en los dobles enlaces son insuficientes, en algunos casos, para ejercer una mayor atracción entre las moléculas de un alqueno.
  - A) Etano (PF,  $-172^{\circ}\text{C}$ ) eteno (PF,  $-169^{\circ}\text{C}$ )
  - B) Pentano (PF,  $-130^{\circ}\text{C}$ ), hexeno (PE,  $-169^{\circ}\text{C}$ )
  - C) Propano, (PE,  $-42^{\circ}\text{C}$ ), butano (PE,  $0^{\circ}\text{C}$ )
  - D) Heptano (PE,  $98^{\circ}\text{C}$ ), heptino (PE,  $100^{\circ}\text{C}$ )
  
5. La respuesta correcta a la pregunta 3 es la que contiene puntos de:
  - A) ebullición y para alcanos de diferente longitud de cadena
  - B) fusión para alqueno y un alquino con misma longitud de cadena
  - C) ebullición para alcano y alqueno con misma masa atómica
  - D) fusión para alquinos de diferente longitud de cadena

-----

#### TEMA 4. ¿Por qué existe una gran cantidad de compuestos del carbono?

##### Contenido:

##### Capacidad de combinación del átomo de carbono.

Características del átomo de carbono (N1). Tetra-valencia.

Concatenación.

Enlace sencillo, doble, triple. (N1)

##### Propiedades periódicas: (N2)

Distribución electrónica.

Radio atómico.

Electrones de valencia.

Electronegatividad.

Concepto de orbital.

Enlace covalente.

##### Geometría de las moléculas: (N3).

Tetraédrica.

Trigonal plana.

Lineal.

##### Reactividad de los hidrocarburos saturados no saturados y aromáticos (N2)

##### Isomería (N2):

Definición.

Estructural (de cadena, posición, función)

Geométrica (cis y trans)  
Propiedades de isómeros, estructurales y geométricos (N2).

### **Aprendizajes:**

**A5. (C, H) Explica la formación de un gran número de compuestos de carbono, a partir de las propiedades atómicas de este elemento. (N3)**

**A6. (C) Comprende la geometría de los compuestos del carbono en relación con la formación de enlaces sencillos, dobles y triples.**

**A7. ( C ) Explica la reactividad de los enlaces de compuestos de carbono, e identifica los enlaces dobles y triples como centros reactivos en las moléculas, al relacionar esta propiedad en alcanos, alquenos, alquinos y aromáticos (N2).**

**A8. (C) Establece la diferencia entre la isomería estructural y la geométrica de los compuestos orgánicos, para comprender su importancia en los sistemas vivos.**

### **Abundancia de los compuestos orgánicos**

#### **Un primer acercamiento a la explicación de la abundancia de los compuestos de carbono.**

Los compuestos inorgánicos están formados por la mayoría de los elementos de la tabla periódica, los compuestos orgánicos están formados de pocos elementos de la tabla (CHONSP). Sin embargo del total de compuestos químicos que existen en la naturaleza, 90% son orgánicos y todos ellos contienen al carbono. La existencia de varios millones de compuestos orgánicos y la creación anual de varios cientos a pesar de estar formados por pocos elementos, se debe a que el carbono tiene la mayor capacidad de combinación que cualquier otro elemento en la tabla periódica. Esta mayor capacidad para combinarse del átomo de carbono, le permite formar cadenas de diversas longitudes (concatenación) y diversas estructuras con la misma composición (isomería).

#### **Ejercicio No 11.**

De acuerdo al texto anterior contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles elementos forman los compuestos inorgánicos?

\_\_\_\_\_

2. ¿Cuál es la proporción de compuestos orgánicos del total de los compuestos que existen en la naturaleza?

\_\_\_\_\_

3. ¿A qué se debe la existencia de millones de compuesto orgánicos? \_\_\_\_\_

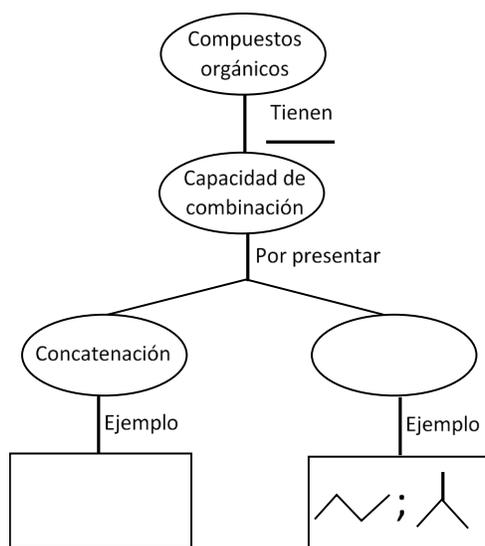
4. ¿En qué consiste la concatenación del carbono? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. ¿En qué consiste la isomería? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. Completa el siguiente organizador. Elige algunas de las siguientes opciones: concatenación, isomerismo, alta, baja, C-C-C-C-C-C-C-C



### Isómeros de los hidrocarburos

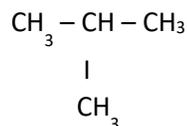
Los isómeros son compuestos con la misma fórmula condensada, pero con diferentes propiedades. En la química orgánica la presencia de isómeros es frecuente, debido a la amplia variedad de cadenas y anillos que los átomos de carbono forman.

Existen dos tipos generales de isómeros para los hidrocarburos:

- isómeros estructurales: de cadena y de posición
- estéreo isómeros: geométricos cis- trans (distribución de átomos o grupos de átomos alrededor del doble enlace).

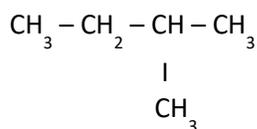
Para una misma fórmula, la posibilidad de formar isómeros aumenta de acuerdo al número de átomos de carbono. Algunos ejemplos son los que se presentan a continuación:

El butano que tiene 4 átomos de carbono es el primero de los alcanos que muestra la posibilidad de colocar un átomo de carbono en un sitio distinto y formar un isómero.

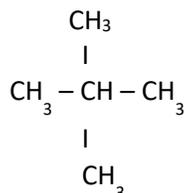


Nombre común: tert- butano  
 Nombre sistemático: 2 metil propano  
 Este compuesto ramificado, tiene menor punto de ebullición que el n-butano (lineal)

**El pentano tiene dos posibilidades para formar isómeros, al reordenar los átomos de su molécula:**



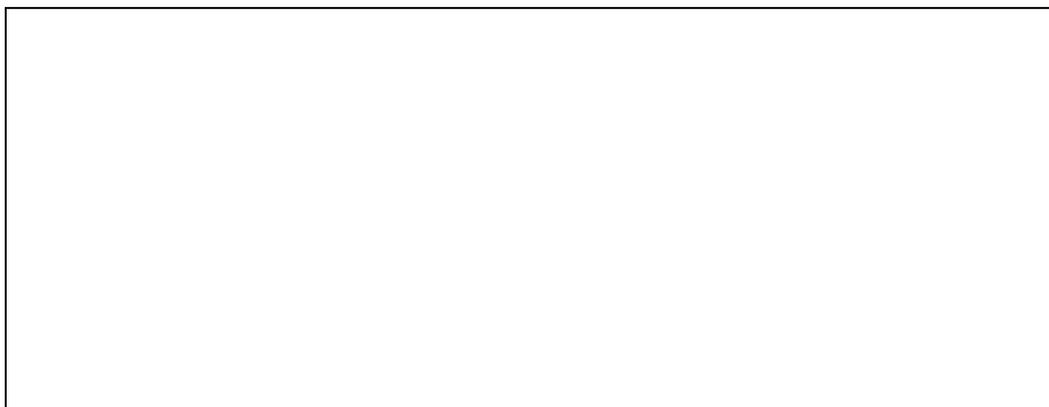
Nombre común: isopentano  
 Nombre sistemático: 2 metil butano  
 Este compuesto ramificado, tiene menor punto de ebullición que el n-pentano (lineal)



Nombre común: tert-pentano  
 Nombre sistemático: 2,2 dimetil propano  
 Este compuesto ramificado, tiene menor punto de ebullición que el n-pentano (lineal)

### Ejercicio

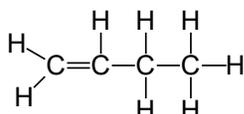
Dentro del rectángulo forma los posibles isómeros al reordenar los átomos de carbono en el hexano.



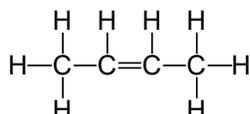
### Isómeros de alquenos y alquinos

Los isómeros más notables en los alquenos son los de posición del doble enlace (estructurales de posición) y los isómeros geométricos cis-trans.

Como por ejemplo y los isómeros de posición del doble enlace, se encuentra el de menor tamaño



1-buteno



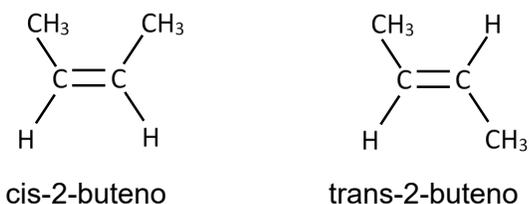
2-buteno

### Isómeros geométricos en alquenos

Cuando en un alqueno, los grupos alrededor del doble enlace quedan del mismo lado el compuesto es *cis*. Si los grupos quedan en lados opuestos, el compuesto es *trans*. Estos

dos compuestos tienen diferentes propiedades, por lo que se trata de compuestos diferentes.

Por ejemplo, el 2-buteno puede adquirir dos arreglos espaciales de los grupos alquilo, alrededor del doble enlace.



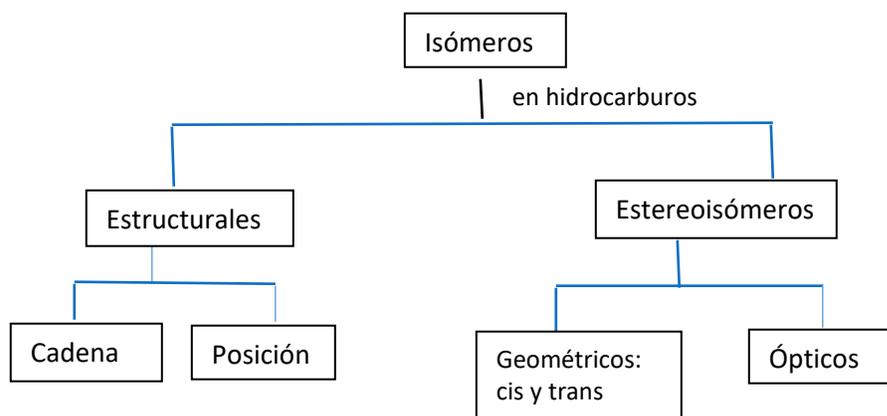
Se trata de diferentes compuestos porque sus propiedades son distintas.

### Alquinos e isómeros. Representaciones

Nombre común y sistemático	Fórmula condensada	Fórmula semidesarrollada	Fórmula de esqueleto
Etino/acetileno	$\text{C}_2\text{H}_2$	$\text{CH} \equiv \text{CH}$	
Propino	$\text{C}_3\text{H}_4$	$\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$	
1-Butino		$\text{CH}_2 \equiv \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	
2-Butino		$\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$	
1-Pentino		$\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	
2-Pentino		$\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	
1-Hexeno		$\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	
2-Hexeno			
3-Hexeno			

## Clasificación de isómeros

Se presenta esta clasificación de isómeros, básica, para este nivel de estudio. También se omite en el presente estudio los isómeros ópticos.



### Ejercicio

Proporciona un ejemplo de isómeros estructurales:

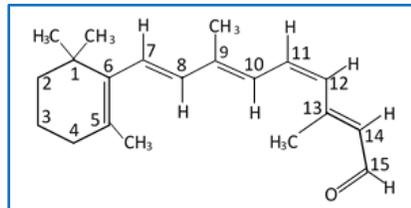
1. de posición
2. de cadena
3. geométricos cis y trans

---

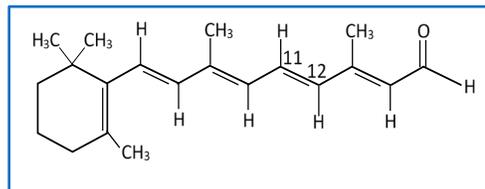
## Conexión. Salud

**Isomerismo cis- trans en la visión.** La retina contiene el rodopsina, un pigmento formado por una proteína y 11 cis-retinal derivado de la vitamina A y trans retinal. Cuando la luz incide en la molécula, el doble enlace cis cambia al doble enlace trans. Esto estimula las neuronas del nervio óptico produciendo una imagen visual. La presencia de Vitamina A es importante en nuestro organismo para el buen funcionamiento de la vista.

Cis-retinal



Trans-retinal



## Ejercicios

1. Completa la numeración de carbonos en el compuesto trans-retinal
2. Indica el número de los carbonos entre los que se encuentran los dobles enlaces:  
2.1 con hidrógenos en posición cis y trans en el Cis-retinal \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2.2 con hidrógenos en posición cis y trans en el Tans-retinal \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Encierra en un círculo el grupo aldehído en ambos compuestos.
4. ¿Cuál es el proceso que favorece la producción de una imagen en la retina?  
\_\_\_\_\_
5. ¿Qué nutrimento debe estar en nuestra dieta para mantener una visión óptima?  
\_\_\_\_\_

## Capacidad de combinación de los átomos de los elementos que forman los compuestos orgánicos. Explicación.

---

### Conexión. Pensamiento científico. Naturaleza de la ciencia. Ante la nueva evidencia los científicos modifican su teoría

Para explicar la alta capacidad de combinación del átomo de carbono utilizaremos la estructura de Lewis a la que se agregan principios de la mecánica cuántica, como; el *principio de incertidumbre*, *principio de máxima multiplicidad*, *principio de exclusión de Pauli*, y los conceptos; orbital, espín del electrón y electronegatividad. Estos conocimientos permiten un acercamiento hacia la naturaleza cuántica del electrón.

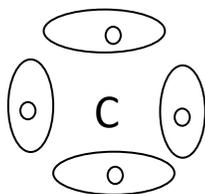
#### Concepto de orbital y principio de incertidumbre

En el diagrama de Lewis, cada sitio alrededor del símbolo no es un simple punto, se trata de una zona que representa un espacio probable donde se puede encontrar al electrón en un instante. Esta zona es un **orbital**, no es un punto.

La incapacidad para localizar a un electrón en un sitio y solamente tener una probabilidad de localizarlo en una zona, es la base del **principio de incertidumbre** y se debe a la doble naturaleza del electrón, la de partícula y la de onda, naturaleza cuántica que impide situar al electrón en un punto determinado y establecer al mismo tiempo su energía.

#### Principio de máxima multiplicidad

En la última órbita alrededor de cada átomo hay 4 orbitales y cada orbital puede alojar 2 electrones. Los electrones de valencia de un átomo se alojan en los 4 orbitales siguiendo el **principio de máxima multiplicidad**: los electrones ocupan los orbitales antes que llenarlos. Es decir, si en un átomo hay 4 electrones de valencia, estos ocupan los 4 orbitales disponibles quedando un electrón en cada orbital de valencia. Si se tienen que acomodar 5 electrones, los 4 primeros electrones ocuparán los cuatro orbitales y el quinto electrón llenará uno de ellos, quedando 3 orbitales semillenos y uno lleno. La capacidad de combinación es de 3. Este principio determina la capacidad de combinación de un átomo.



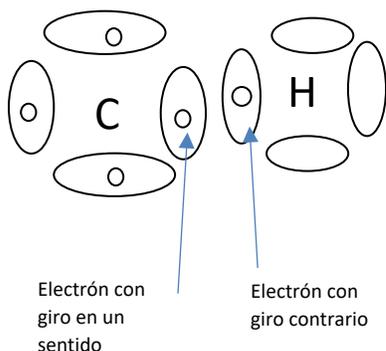
Los 4 electrones de valencia del carbono primero ocupan los 4 orbitales por lo que quedan semillenos con la posibilidad de alojar a 4 electrones de otros átomos y formar 4 enlaces. Si los electrones, prioritariamente llenaran los orbitales no existiría un espacio semilleno, enlazante, en el que se pudiera alojar un electrón de otro átomo.

### Electrones enlazantes y electrones no enlazantes.

Este principio es el origen de la existencia en un átomo con un máximo de orbitales semillenos como el carbono y de átomos que tienen; orbitales semillenos con electrones “enlazantes” y orbitales llenos con electrones no “enlazantes” al mismo tiempo, como el caso del nitrógeno.

### Principio de exclusión de Pauli

Un electrón en uno de los orbitales del átomo tiene un giro que puede estar orientado en el sentido de las manecillas del reloj o bien, en sentido contrario y en cada caso se genera un campo electromagnético, el electrón que complete el orbital debe estar girando en el sentido contrario al primer electrón para que los campos de diferente signo se atraigan



Un electrón de valencia de un átomo que gire en sentido contrario al electrón en un orbital del átomo de carbono será atraído hacia este orbital semilleno favoreciendo la formación de un orbital molecular, compartido por los dos electrones el del hidrógeno y el del carbono.

Los 2 orbitales atómicos unidos por los electrones forman un orbital molecular, se forma una molécula, partícula individual formada por los átomos

### Ejercicio:

¿Si los electrones de valencia llenaran primero los orbitales, el átomo de carbono tendría una capacidad de combinación de 4?

Explica \_\_\_\_\_

-----

### Electronegatividad

La electronegatividad es la capacidad de un átomo para atraer electrones. Esta fuerza de atracción es electrostática y es el resultado de la suma de todas las atracciones y repulsiones generadas por las partículas que el átomo tiene. La escala debida a Pauling ayuda a determinar cuál de los átomos que se unen atrae con mayor fuerza a los electrones de la unión. En general, a menor tamaño atómico mayor electronegatividad. En la tabla periódica la electronegatividad aumenta hacia arriba y hacia la derecha.

El carbono tiene una electronegatividad intermedia entre los elementos del segundo periodo, entre el átomo de Li de mayor carácter metálico y el F de mayor carácter no metálico. La electronegatividad del carbono es de 2.5, valor medio entre la electronegatividad del Li, de 1.0 y la de F, de 4.0, por lo que el carbono comparte electrones en todos los compuestos que forma.

## Ejercicios

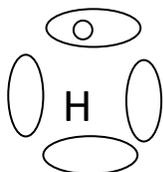
Calcula la diferencia de electronegatividad e indica si se comparten los electrones de manera equitativa o desigual. Elabora el modelo del orbital molecular.

Enlace	Diferencia de electronegatividad	Compartición, equitativa/inequitativa	
C-O			
C-H			
C-N			
C-S			

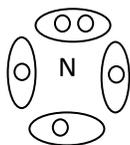
### Fuerzas electrostáticas sobre los electrones de valencia

Los electrones de los átomos que forman los orbitales moleculares experimentan atracciones hacia los núcleos de los átomos y también son sometidos a fuerzas electrostáticas de repulsión por el resto de los electrones de todos los átomos que forman la molécula.

Ejemplos:



El único electrón del hidrógeno ocupa un orbital, el que queda semilleno o semivacío. Por su capacidad para unirse mediante un electrón, el hidrógeno tiene una capacidad de combinación de 1.

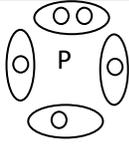


El átomo de nitrógeno con 5 electrones de valencia, queda con 3 orbitales semillenos y uno lleno. Los orbitales semillenos son los que pueden alojar un electrón siempre y cuando sea atraído por el electrón que ya ocupa un orbital, si tienen giro contrario. A los 2 electrones del orbital lleno se les llama electrones no enlazantes no tiene esta capacidad enlazante por lo cual el átomo de nitrógeno tiene una capacidad de combinación de 3.

**Ejercicios:**

Para asociar el centro del átomo con el modelo de Lewis, modificado con la idea de orbital.

COMPLETA LA TABLA

Elemento/ Electrones de valencia	Modelo de Bohr	Modelo de Lewis + orbital atómico	Orbitales llenos/electrones no enlazantes	Orbitales vacíos	Orbitales semillenos/electrones enlazantes	Capacidad de combinación
Si / cuatro				cero	cuatro /	Cuatro
P			uno / dos (1 par)			
S						
B						
C						

**Significado del diagrama de Lewis para los átomos**

- El símbolo del elemento en el diagrama de Lewis representa el centro del átomo (el núcleo y los electrones internos localizados en los niveles más cercanos al núcleo), los electrones de valencia, los del último nivel se indican con puntos, y ya en el enlace se indican con líneas.
- Los electrones localizados en los orbitales están dispuestos en forma tridimensional.
- Los electrones en los orbitales están fuertemente atraídos hacia el núcleo de un átomo y repelidos por los otros electrones en el átomo

A pesar de que los átomos de elementos del mismo grupo que el carbono tienen esta capacidad como el del silicio, este elemento no forma tantos compuestos como el carbono, debido al mayor tamaño de este átomo y a la energía de enlace Si-Si menor a la energía de enlace C-C, por lo que tiene menos estabilidad

Las características del átomo de carbono nos permiten

## Geometría molecular

Geometría molecular o estructura molecular es la disposición de los átomos que conforman a la molécula en sus tres dimensiones. De esta distribución espacial se derivan algunas propiedades importantes como reactividad del compuesto o su polaridad.

La "Teoría de Repulsión de los Pares de Electrones de la Capa de Valencia" (TRPECV) se basa en la repulsión de electrones de valencia. Para estabilizar esta repulsión, los electrones se colocan lo más lejos posibles unos de otros.

Aquí se considera que dos electrones se encuentran deslocalizados en un orbital molecular, formando un enlace sencillo entre dos átomos de carbono. Habrá entonces, dos pares de electrones en dos orbitales moleculares en un doble enlace, y 3 pares de electrones en tres orbitales moleculares en un enlace triple. Por tanto, son los orbitales, las nubes electrónicas, las que se repelen.

-----

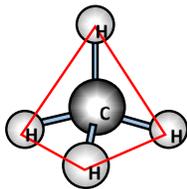
Conexión. Pensamiento científico. Procesos de la ciencia. Manejo de modelos

Actividad.

Construir los modelos de las moléculas tridimensionales de metano, etano, eteno, etino. Unir los átomos de H y analizar las formas espaciales. Se pueden utilizar globos para representar los orbitales moleculares. Medir los ángulos H-C-H.

A partir de los resultados se puede llegar a las siguientes inferencias:

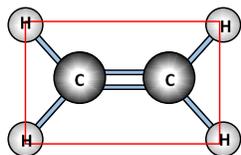
Alcano. Metano como ejemplo



De acuerdo a la TRPEV, cada uno de los 4 pares de electrones en 4 orbitales moleculares (C-H), al repelerse forman un tetraedro al alejarse lo más posible. El ángulo entre H-C-H es de  $109^\circ$ .

Se encontró que la longitud del enlace sencillo C-C es de 1.54 Å.

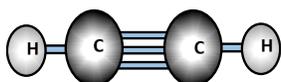
Alqueno. Eteno como ejemplo



De acuerdo a la TRPEV, los 2 orbitales moleculares (C-H) y un orbital molecular (C-C) alrededor de cada átomo de C, forman una figura plana al repelerse y alejarse lo más posible. El ángulo entre H-C-H es de  $120^\circ$

Se encontró que la longitud del enlace sencillo C=C es de 1.34 Å.

Alquino. El etino como ejemplo



De acuerdo a la TRPEV, los dos orbitales moleculares C-H, con un par de electrones cada uno, forman una línea al repelerse y alejarse lo más posible. El ángulo entre H-C-C es de  $180^\circ$

Se encontró que la longitud del enlace triple C≡C es de 1.20 Å.

La longitud del enlace entre C-C, disminuye cuando aumenta el número de enlaces porque los núcleos de los dos átomos de carbono se atraen con mayor fuerza al compartir más pares de electrones.

**Ejercicio:**

Llena la tabla:

Enlace	Hidrocarburo	Forma espacial	Angulo H-C-H	Longitud de enlace
Simple	Alcano			
Doble				
Triple				



**Conexiones. Aprendizajes previos**

**Formación de compuestos iónicos y covalentes**

En una primera aproximación se ha generalizado que los compuestos iónicos se forman por la transferencia de un electrón de un átomo con baja electronegatividad (generalmente un metal) a un átomo de alta electronegatividad (generalmente un no metal), esta transferencia origina un ion positivo y uno negativo; estos dos iones quedan unidos por fuerzas electrostáticas contrarias, la diferencia de electronegatividad entre el metal y no metal es alta y se forma un compuesto iónico. La agrupación de infinidad de estas partículas iónicas forma las grandes estructuras que podemos observar como la sal de mesa. LOS

IONES FORMADOS SON PARTÍCULAS INDIVIDUALES CADA UNO, NO HAY FORMACION DE MOLÉCULAS, NO SE FORMAN ORBITALES MOLECULARES.

En contraste con la formación de iones en los compuestos iónicos, en los compuestos covalentes se forman moléculas, en este caso, hay compartición de electrones entre los átomos que las constituyen. Estos átomos tienen electronegatividades similares o iguales ya que son principalmente de no metales. La agrupación de ininidad de *moléculas de una sustancia* forma la visión macroscópica de tal sustancia, como el agua que observamos. LAS MOLÉCULAS SON PARTÍCULAS INDIVIDUALES DE DIFERENTE TAMAÑO COMO LA MUY PEQUEÑA DEL H<sub>2</sub>O O LAS MUY GRANDES COMO LAS DE POLÍMEROS, EL ALMIDÓN.

### Ejercicios No 16

1. ¿Por qué surge una molécula cuando se forma un enlace covalente? \_\_\_\_\_

2. ¿Por qué se forman iones cuando se forman enlaces iónicos? \_\_\_\_\_

### 3. COMPLETA EL PÁRRAFO

En la unión de dos átomos de no metales se forman partículas llamadas \_\_\_\_\_. Cuando se forma un orbital molecular entre dos átomos se forma una partícula llamada \_\_\_\_\_, pero cuando los átomos se unen mediante la transferencia de electrones se forman partículas llamadas \_\_\_\_\_. Si la diferencia en la electronegatividad entre dos átomos que se unen es alta, mayor a 1.5, se forman partículas llamadas \_\_\_\_\_. En la unión de átomos de oxígeno y carbono se forman partículas llamadas \_\_\_\_\_.

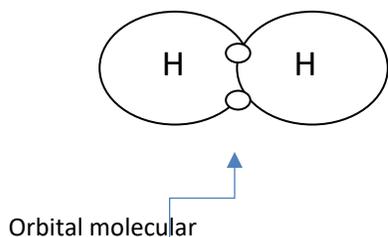
### Modelo molecular en la formación de enlaces covalentes. El orbital molecular.

Para explicar la formación de enlaces covalentes, la estructura de Lewis junto con la idea de orbital molecular constituye un modelo de gran utilidad.

Ejemplo:

#### Formación de la molécula de hidrógeno

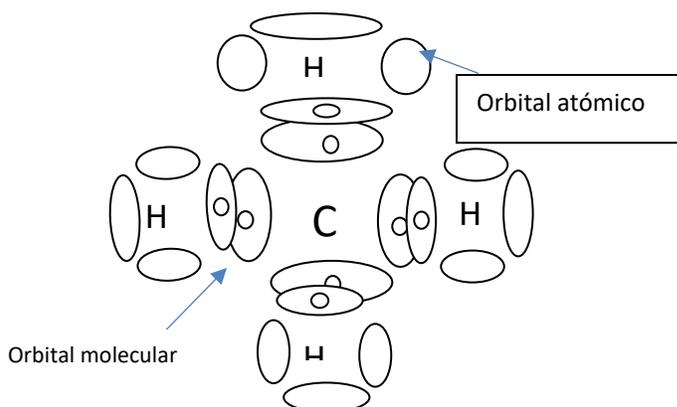
Este único electrón del átomo de hidrógeno, puede girar hacia la derecha en favor de las manecillas del reloj o al contrario, en cada caso genera un campo electromagnético.



Si se acerca otro átomo de hidrógeno con un electrón en un orbital girando en el sentido adecuado para ser atraído por el campo del electrón en el primer átomo, los orbitales atómicos se traslapan formándose un orbital común a los dos, un orbital molecular, se genera así un enlace covalente y se forma una molécula de hidrógeno de fórmula H<sub>2</sub>.

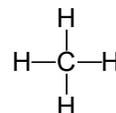
Pero si el átomo que se acerca tiene el electrón girando en la misma dirección del primer átomo no hay atracción entre los átomos y no se genera enlace.

## Formación de la molécula de metano



El átomo de carbono puede unirse a 4 átomos de hidrógeno si los electrones tienen giro contrario a los de los orbitales del carbono. Se forman 4 orbitales moleculares con 8 electrones de valencia en total, los que enlazan a los 5 átomos que forman la molécula, al ser atraídos por los 5 núcleos positivos. Los 8 electrones de valencia de los 5 átomos sufren también repulsiones electrostáticas de los demás electrones, pero las fuerzas enlazantes son las predominantes. Debe recordarse también que la estructura es tridimensional y en este caso la distribución es tetraédrica.

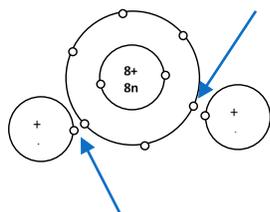
Para abreviar, se acostumbra utilizar una línea por cada par de electrones enlazantes por lo que la representación de la molécula de metano queda:



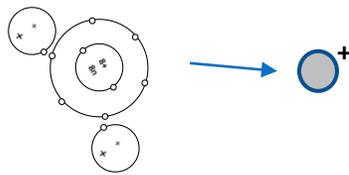
### ¿Cómo entender una molécula a diferencia de un ión?

Una molécula debe ser considerada como un conjunto de núcleos de los átomos que la conforman que permanecen unidos gracias a que sus electrones de valencia son compartidos en un orbital molecular. Estas ideas permiten conceptualizar la molécula como una partícula individual que se forma cuando se comparten electrones en orbitales moleculares.

El agua es una molécula porque está constituida por un átomo de hidrógeno y dos átomos de oxígeno; los núcleos de estos átomos permanecen unidos gracias a los dos orbitales moleculares, señalados por la flecha, formados entre un electrón cada hidrógeno con un electrón del oxígeno como se observa en la figura.

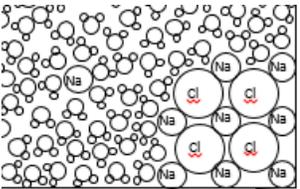


Mientras que la molécula permanece sin cambio en un proceso físico como una disolución o cambio de estado, los iones, partículas que forman un compuesto iónico, se separan cuando se calientan o son atraídas por las moléculas de agua y pueden conducir la electricidad.



Si una parte de la molécula de agua, por ejemplo, un átomo de oxígeno es atraído hacia una carga positiva, el oxígeno jala a toda la molécula.

En cambio, si el ion positivo de un compuesto iónico como el cloruro de sodio es atraído hacia una molécula de agua, esta se lleva solo al ion sodio positivo



Obsérvese como el ion sodio positivo está rodeado de moléculas de agua, lejos del cloruro de sodio sólido.

**Ejercicio**

1.A partir de esta información, explica en el rectángulo, la diferencia entre un ión y una molécula (al menos 3 diferencias)



**La diversidad y estabilidad de los compuestos de carbono**

La existencia de la gran cantidad de compuestos de carbono se debe a dos factores; a) la diversidad de estructuras que puede formar y b) la estabilidad de sus compuestos.

La *diversidad de estructuras* que forma el carbono se debe a la alta posibilidad de enlace, mayor a los átomos de otros elementos. El átomo de carbono puede formar 4 enlaces de diferente manera, con otros átomos de carbono o con átomos de otros elementos y su tamaño permite el traslape de sus orbitales con los orbitales de otros átomos, en diferentes orientaciones en el espacio, puede unirse a otros átomos de carbono y formar cadenas, ciclos o ramas. El orbital molecular C-C es tan corto que permite el traslape lateral con los otros orbitales y forma dobles o triples enlaces. Un resultado de las ramificaciones que puede formar el carbono es la existencia de isómeros; sustancias con la misma composición pero diferente estructura.

La estabilidad de sus compuestos es otro factor que contribuye a la existencia del gran número de compuestos del carbono. La estabilidad se debe a la alta energía de los enlaces que forma el carbono, mayor que la energía de los enlaces del silicio. Debido a la mayor energía que requieren los enlaces de los compuestos de carbono para romperse es que los compuestos orgánicos no se degradan con facilidad en las condiciones terrestres normales. Aunque las oxidaciones de los compuestos orgánicos favorecen los productos, estas reacciones son lentas a menos que se proporcione una chispa o fuego inicial.

### Ejercicios:

1. Señala los dos factores que hacen posible la existencia de millones de compuestos de carbono. \_\_\_\_\_

2. ¿A qué se debe que el carbono forme cadenas? \_\_\_\_\_

3. ¿A qué se debe la estabilidad de los compuestos orgánicos? \_\_\_\_\_

1. Indica en los planteamientos si se trata de

### Conexiones. Procesos de la ciencia. Explicación

#### PENSAMIENTO CIENTÍFICO

En la lectura anterior; se describen hechos, datos y fenómenos reales, algunos de los cuales se explican con ideas o modelos teóricos, otros hechos se explican con otros hechos. Por ejemplo, La existencia de diversas estructuras de carbono es un hecho. Aunque no podamos observar las estructuras de los compuestos de carbono o los isómeros o determinar la energía de los enlaces, estos datos se determinan mediante modernos instrumentos de química analítica. El más teórico de los conocimientos citados son los orbitales moleculares.

### Ejercicios

1. Localiza un hecho explicado por otro hecho o dato \_\_\_\_\_

2. Señala un modelo teórico utilizado para explicar un hecho. \_\_\_\_\_

----- \* -----

## TEMA 5. ¿Por qué son diferentes las propiedades físicas de los hidrocarburos?

### Contenido

#### Propiedades de hidrocarburos

(N3):

Falta de polaridad.

Insolubilidad en agua.

Puntos de ebullición.

Reactividad.

### Aprendizaje

**A9. (C)** Explica los estados físicos de los hidrocarburos, sus bajos puntos de ebullición y fusión, su solubilidad en solventes no polares y su insolubilidad en agua mediante las fuerzas intermoleculares de dispersión. **(N3)**

### Propiedades físicas de los hidrocarburos

#### Alcanos.

Los puntos de ebullición y fusión aumentan conforme crece el número de carbonos, debido a que las fuerzas intermoleculares de los compuestos deben ser vencidas y éstas se intensifican a medida que aumenta el tamaño molecular.

La densidad de los alcanos aumenta en función del tamaño, pero siempre es menor que la densidad del agua, de manera que todos los alcanos flotan en agua.

Son insolubles en agua y solubles en compuestos no polares. Los átomos de hidrógeno y carbono tienen electronegatividades similares, los pequeños dipolos que se forman son anulados entre sí por lo que las moléculas de los hidrocarburos carecen de dipolos y son incapaces de atraer a las moléculas de agua.

#### Isómeros de alcanos

Entre más numerosas son las ramificaciones, menor es el punto de ebullición correspondiente y esto se debe a que la molécula con ramas tiende a la geometría esférica. La forma lineal de las moléculas de un compuesto permite una mayor interacción entre ellas y será más difícil separarlas. Las moléculas con mismo número de átomos de carbono, pero con ramas adquieren una geometría esférica

## Ejercicios

### Predice y explica

1 ¿Cual alcano tendría mayor punto de fusión, el hexano o el octano? Fundamenta tu respuesta. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2 ¿Cual isómero del alcano con 5 átomos de carbono, tendría mayor punto de ebullición, el dimetil propano, el n-pentano o el 2 metil butano? Fundamenta tu respuesta. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2 ¿En cuales propiedades se fundamenta la separación por decantación, de la mezcla alcano-agua? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4 ¿A qué se debe que los hidrocarburos sean *insolubles* en agua? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Alquenos y alquinos

La mayoría de las propiedades físicas de los alquenos y los alquinos son similares a las de los correspondientes alcanos.

Son prácticamente insolubles en agua, las densidades de estos compuestos aumentan conforme aumenta la masa molecular. En general los puntos de fusión y ebullición para moléculas con el mismo número de átomos de carbono, aumentan ligeramente con los enlaces múltiples.

Son *no polares*, insolubles en agua, pero solubles en disolventes no polares como el hexano, gasolina, disolventes halogenados y éteres.

Sin embargo, los alquenos y alquinos tienden a ser ligeramente más polares que los alcanos debido a que los electrones del doble enlace son más polarizables, produciendo *dipolos instantáneos*.

Los grupos alquilo son ligeramente donantes de electrones hacia el doble enlace, ayudando a estabilizarlo. Esta ligera donación polariza el enlace doble, con una pequeña carga positiva parcial en el grupo alquilo y una pequeña carga negativa en el doble enlace de los átomos de carbono.

Los alcanos, alquenos y alquinos con moléculas de 2 a 4 átomos de carbono son gases a temperatura ambiente. Los alcanos alquenos y alquinos mayores, con moléculas de 5 a 18 son líquidos y los demás son sólidos.

## Ejercicios.

### Contesta las preguntas

1. ¿Cuál es el tamaño de cadena de los hidrocarburos que son gases a temperatura ambiente (25° C)? \_\_\_\_\_
2. Enumera las sustancias que disuelven a los hidrocarburos \_\_\_\_\_
3. ¿Qué estado de agregación se espera para un hidrocarburo cuyas moléculas tienen 20 átomos de carbono? \_\_\_\_\_
4. Explica cómo se forma un dipolo en los dobles y triples enlaces \_\_\_\_\_

**Tabla. Densidad, puntos de ebullición y fusión para alcanos, alquenos y alquinos.**

Nombre	P.F (° C )	P. E. (° C )	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Etano	-172	-89	Muy baja
Eteno	-169	-102	Muy baja
Etino	-82	-75	Muy baja
Propano	-187	-42	Muy baja
Propeno	-185	-48	Muy baja
Propino	-102	-23	Muy baja
Butano	-138	0	Muy baja
Buteno	-	-6.5	Muy baja
Butino	-122	9	Muy baja
Pentano	-130	36	0.62
1-Penteno	-	30	
1-Pentino	-98	40	0.69
1-Hexano	-95	69	0.66
1-Hexeno	-138	-	-
1-Hexino	124	72	0.72
Heptano	-90	98	
1-Hepteno	-119	93	
1-Heptino	-80	100	

## Enlaces intermoleculares. Modelo para explicar las propiedades físicas de los compuestos orgánicos. Visión nanoscópica de la materia

Para explicar los cambios de estado y la solubilidad en agua de los hidrocarburos en particular y de los compuestos orgánicos en general, se presentan únicamente los planteamientos teóricos que demanda el nivel de estudio tratado aquí.

### Base teórica de los enlaces intermoleculares

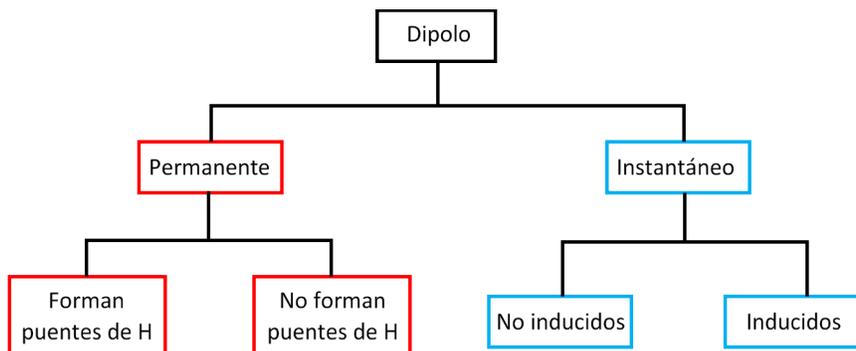
#### Dipolos en las moléculas

**Un dipolo** es una molécula o parte de una molécula que tiene una parcial de carga positiva en un lado y una parcial de carga negativa en el lado opuesto.

Por su origen estos dipolos se pueden clasificar en dos tipos: Dipolos permanentes y dipolos instantáneos. Los primeros incluyen los dipolos que tienen al hidrógeno en el polo positivo, (puente de hidrógeno).

Los dipolos instantáneos se forman solo por momentos.

#### Clasificación de dipolos

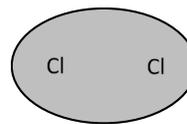


Para el propósito de explicar las propiedades de los hidrocarburos, que no forman dipolos permanentes, se estudiarán por el momento, solamente los dipolos instantáneos.

#### Dipolos instantáneos

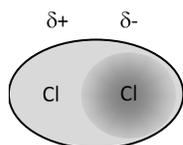
Algunas moléculas no tienen dipolo permanente, porque los átomos que la forman tienen valores de electronegatividad iguales o similares, los dos átomos comparten equitativamente los electrones que los enlazan. Por ejemplo, en la molécula de  $\text{Cl}_2$  no hay polos.

Sin embargo, el cloro puede licuarse a muy baja temperatura hecho que indica la existencia de atracciones entre sus moléculas. ¿Que hace que las moléculas de  $\text{Cl}_2$  se unan al formar el  $\text{Cl}_2$  líquido? El planteamiento teórico que explica el estado líquido del cloro es el modelo de dipolo “instantáneo”.



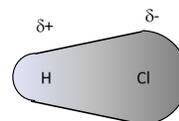
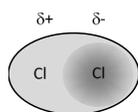
### ¿Cómo se forma un dipolo instantáneo?

Un dipolo instantáneo en una molécula se debe al movimiento constante de los electrones en los enlaces de dos átomos



En un instante los electrones están en un extremo del enlace confiriendo a esta zona un polo negativo y al extremo opuesto un polo positivo.

También se puede formar un dipolo temporal en una molécula, por inducción de un dipolo perteneciente a una molécula cercana. El dipolo resultante se nombra dipolo inducido. La siguiente figura muestra el dipolo en la molécula de cloro, inducido por el dipolo permanente de cloruro de hidrógeno.



Estrictamente, debido al movimiento contante de los electrones, en una molécula siempre existirá la formación de dipolos instantáneos.

En el texto se hace mayor referencia a la clasificación general de dipolo permanente o instantáneo.

### Los enlaces intermoleculares dipolo instantáneo-dipolo instantáneo explican los puntos de ebullición y la insolubilidad de los hidrocarburos

Las fuerzas que mantienen unidas a las moléculas de metano (moléculas covalentes no polares) en el estado líquido son atracciones debidas a dipolos instantáneos. Estas atracciones se conocen como fuerzas de dispersión y se producen por la formación instantánea de dipolos debidos al movimiento constante de los electrones en las moléculas.

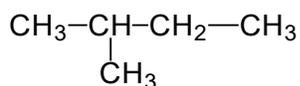
En un instante el dipolo formado en una molécula induce otro dipolo en una molécula cercana y se produce una atracción instantánea, esto sucede con mayor frecuencia en una molécula no polar más larga. Entre más átomos de carbono tenga una molécula habrá más

atracciones debidas a los dipolos instantáneos. Estas fuerzas son más débiles que otras intermoleculares como; dipolo permanente-dipolo permanente o las de puentes de hidrógeno que se estudiarán adelante.

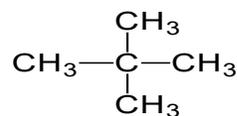
De acuerdo a este modelo de enlace, entre más átomos de carbono tiene una molécula de hidrocarburo mayor es su punto de ebullición porque se necesitará más energía para romper los enlaces. Sin embargo, en el caso de los isómeros que tienen el mismo número de carbonos el punto de ebullición no es el mismo, ya que las atracciones son mayores entre las moléculas que permiten una mayor interacción entre ellas. Por ejemplo, las moléculas de isopentano interactúan más entre sí que las moléculas del pentano

### Ejercicios:

1. Las estructuras de dos isómeros del pentano, el iso-pentano y el ter-pentano son las siguientes:



2, metil butano (Isopentano)  
Punto de ebullición igual a 28<sup>o</sup> C



2, 2 dimetil propano (Ter-pentano)  
Punto de ebullición igual a 9.5<sup>o</sup> C

1.1 Construye 3 moléculas de cada una y representa las interacciones con líneas.

1.2 ¿Cuáles moléculas interactúan más entre sí, las del isopentano o las del neopentano? \_\_\_\_\_

1.3 Cómo se relacionan las interacciones con los puntos de ebullición de los dos compuestos \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

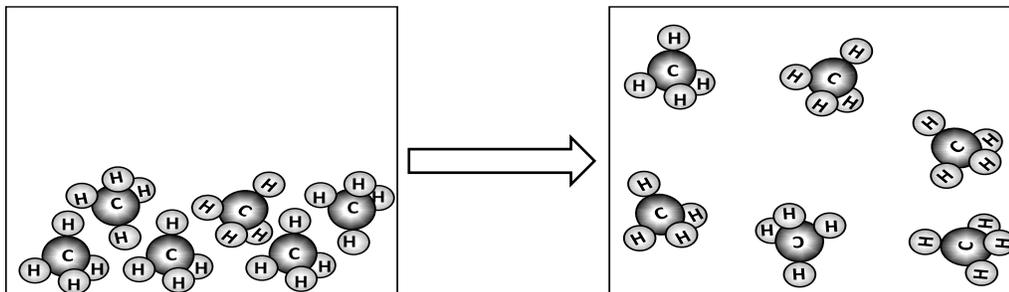
1.4 Relaciona las interacciones con los puntos de ebullición de los dos compuestos

\_\_\_\_\_

1.5 Relaciona los puntos de ebullición con la energía necesaria para romper los enlaces intermoleculares \_\_\_\_\_

2. A partir del análisis de los siguientes esquemas realiza los ejercicios

Esquema que representa el proceso de ebullición del metano que ocurre a  $-162^{\circ}$



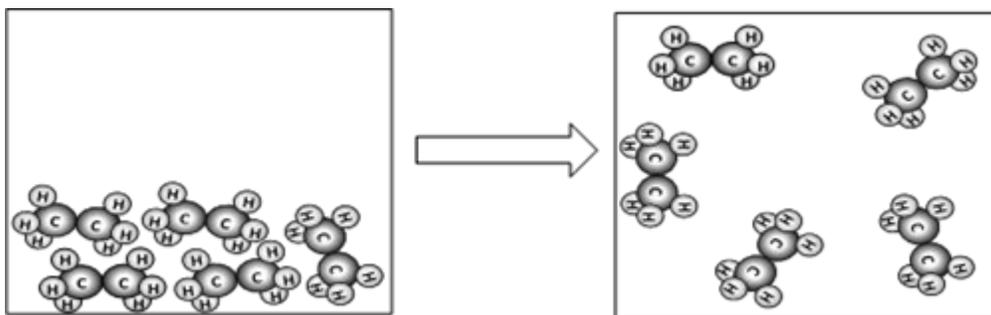
2.1 ¿Cambian las moléculas al pasar de líquido a sólido? Explica \_\_\_\_\_

2.2 ¿Se rompen las moléculas en átomos durante el cambio? Explica \_\_\_\_\_

2.4 ¿Existen atracciones entre las moléculas en el metano gaseoso? \_\_\_\_\_

2.5 ¿Cuál es el origen de estas fuerzas de atracción del metano líquido y cuál es su nombre? \_\_\_\_\_

Esquema que representa el proceso de ebullición del etano que ocurre a  $-89^{\circ}$  C



3. Compara los procesos de ebullición del metano y del etano para contestar el cuestionario.

3.1 Dibuja líneas de interacción entre las moléculas del etano líquido.

### 3.2 ¿Existen atracciones entre las moléculas del etano gaseoso? \_\_\_\_\_

### 3.3 Completa las líneas con las ideas que constituyen el modelo de enlace intermolecular; dipolo instantáneo-dipolo instantáneo (también llamadas fuerzas de dispersión o dipolo inducido-dipolo inducido)

El metano líquido está formado por moléculas covalentes \_\_\_\_\_ que carecen de \_\_\_\_\_, por lo cual no existen atracciones del tipo \_\_\_\_\_ entre estas partículas. Para explicar que moléculas no polares existan en estado líquido se debe usar la idea de la existencia de \_\_\_\_\_, que se forman en un instante, e inmediatamente inducen otros dipolos \_\_\_\_\_ en otras moléculas, con las que se atraen. Estas fuerzas de atracción entre moléculas covalentes \_\_\_\_\_ son extremadamente débiles explicando el bajo \_\_\_\_\_ que tienen los hidrocarburos pequeños y la \_\_\_\_\_energía necesaria para separar las moléculas en estado líquido.

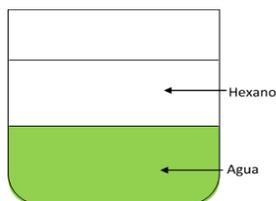
---

### Conexión. La práctica de la ciencia.

#### Buscar evidencia del principio “Todos los hidrocarburos son inmiscibles en agua”

##### Visión macroscópica. Las observaciones

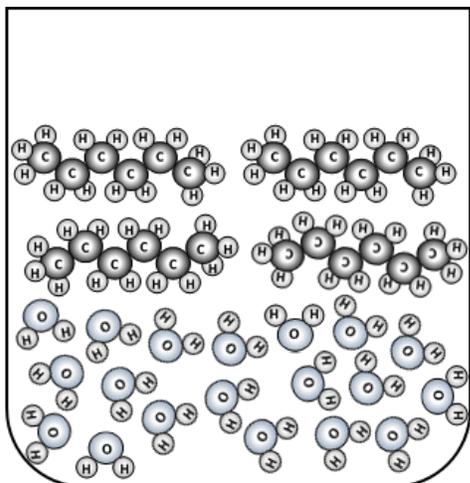
##### Observación. Nivel macroscópico)



Al incorporar en un vaso, una muestra de hexano líquido y una muestra de agua coloreada, se observa la formación de dos capas, el agua coloreada se queda en la capa inferior. Se demuestra que “los hidrocarburos no se disuelven en agua” Este planteamiento constituye una generalización.

#### Explicación con un modelo molecular (nivel nanoscópico) de la propiedad de los hidrocarburos; “son insolubles en agua”, (nivel macroscópico)

Para explicar el hecho de que los hidrocarburos no se disuelven en agua se debe considerar que las moléculas de agua se atraen entre sí y que las moléculas de un hidrocarburo no son atraídas por las moléculas de agua. Las fuerzas entre las moléculas de agua son mucho mayores que las fuerzas que pueden ejercer las moléculas de cualquier hidrocarburo sobre las de agua. Como las moléculas de agua se atraen con mayor fuerza entre sí, permanecen juntas y las del hidrocarburo a su vez juntas pero separadas de las de agua.



Ejercicios:

1. Dibuja entre las moléculas de agua líneas gruesas para representar las fuerzas de atracción entre ellas y líneas delgadas entre las moléculas de hexano para representar las fuerzas de atracción más débiles entre ellas.

2. Las líneas delgadas entre las moléculas de hexano representan fuerzas de atracción muy débiles, ¿a qué se deben estas atracciones? \_\_\_\_\_

3. ¿Por qué las moléculas de agua se separan de las moléculas del hidrocarburo? \_\_\_\_\_

## TEMA 6. ¿Qué hace la química para obtener un hidrocarburo a partir de otro?

### Contenido:

Reacciones de obtención de hidrocarburos: adición y eliminación.

Reactividad de los dobles y triples enlaces de los hidrocarburos. (N3)

### Aprendizaje:

**A10. (C) Comprende que las reacciones de obtención de hidrocarburos saturados e insaturados, se llevan a cabo a través de los procesos de adición y eliminación de átomos de hidrógeno. (N3)**

### Reacciones de adición

Al reactivo, una sustancia insaturada, se agrega otro reactivo, una sustancia que se adiciona al doble o triple enlace. En el caso del reactivo con doble enlace, el producto será un compuesto saturado, en el caso del reactivo con triple enlace, el producto será un compuesto con doble enlace.



En general, las moléculas,  $X-Y$ , que pueden adicionarse a un enlace múltiple- doble o triple son:



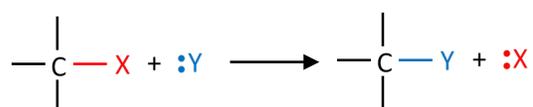
### Reacciones de eliminación

Al contrario de la reacción de adición, en la reacción de eliminación se forma un doble o triple enlace al retirarse dos átomos de hidrógeno de dos carbonos adyacentes. Los pares de átomos o grupos de átomos que pueden retirarse de dos carbonos adyacentes pueden ser:

En general los átomos que pueden eliminarse en dos carbonos adyacentes de una sustancia orgánica son; H y H, H y Cl, H y -OH, así que los reactivos en una eliminación pueden ser, un alcano, un alqueno, un halogenuro, un di halogenuro, o un alcohol

## Reacciones de sustitución

Esta reacción sucede cuando un átomo o grupo de átomos de un reactivo, sustituye a un átomo o grupo de átomos del otro reactivo orgánico. El compuesto puede ser saturado o insaturado, **x** y **y** son átomos diferentes a C.



Estas reacciones se estudiarán en la formación de compuestos que contienen oxígeno, halógeno pero no C.

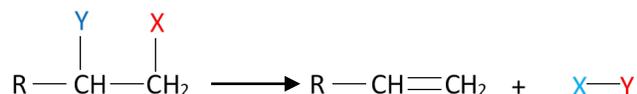
## Las reacciones de adición y de eliminación en la obtención de hidrocarburos

Los procesos más comunes para la producción de hidrocarburos saturados e insaturados son las eliminaciones y las adiciones.

## Reacciones de eliminación para la producción de hidrocarburos insaturados

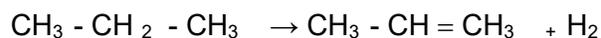
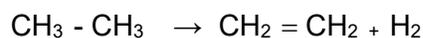
Si se eliminan dos átomos adyacentes de hidrógeno en un alcano, el resultado es un alqueno, si se eliminan dos átomos adyacentes de hidrógeno en un alqueno, el resultado es un alquino.

Ecuación general:



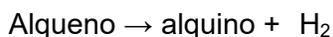
Los átomos X y Y, son eliminados y forman H<sub>2</sub> si el reactivo es un alcano.

## Ejemplos:





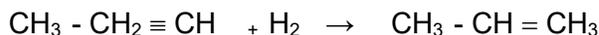
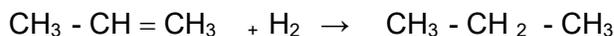
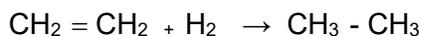
En el caso de las eliminaciones en las que salen átomos de hidrógeno de las moléculas también se llaman “**reacciones de deshidrogenación**”, las que pueden ser generalizadas como:



### Reacciones de adición

Si se agregan dos átomos de hidrógeno al doble enlace de un alqueno se produce un alcano. Si se agregan dos átomos de hidrógeno al triple enlace de un alquino se produce un alqueno.

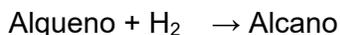
Ejemplos:



### Ejercicios

1. 2-Pentino +  $\text{H}_2 \rightarrow$
2. 2-Pentino +  $2\text{H}_2 \rightarrow$
3.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow$
4. ¿Cuál es el producto de la hidrogenación del propileno?

Las reacciones de adición de átomos de hidrógeno a moléculas con doble o triple enlace, también se llaman “**reacciones de hidrogenación**”, las que pueden ser generalizadas como



En general:



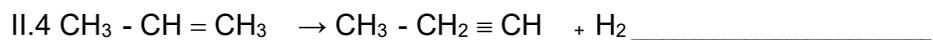
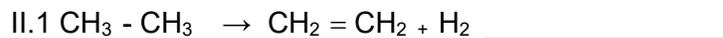
### Ejercicios:

- I. Completa las ecuaciones





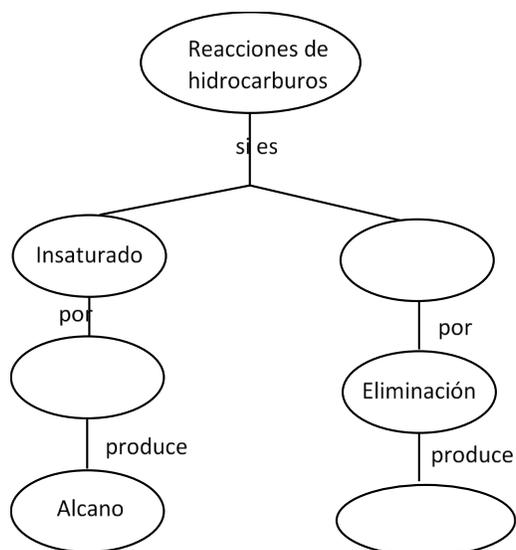
II. Indica el tipo de reacción:



II.5 ¿Cuál es el producto de la hidrogenación del propileno? \_\_\_\_\_

### Ejercicio de integración

Llena los espacios del organizador:



## TEMA 7. ¿Cómo cambian las propiedades de los hidrocarburos por la presencia de un átomo diferente al hidrógeno, como oxígeno?

### Contenido:

#### Propiedades de compuestos con oxígeno o halógeno

Solubilidad y punto de ebullición de compuestos orgánicos con átomos de oxígeno y cloro. (N3)

Sustitución y adición para producir derivados halogenados y alcoholes. (N3)

#### Aprendizajes:

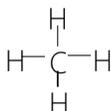
**A11. (C)** Explica cómo la presencia de un átomo con mayor electronegatividad como un halógeno o el oxígeno en lugar de un átomo de hidrógeno, cambia la polaridad del nuevo compuesto y su comportamiento químico. (N3)

**A12. (C, H)** Comprende las reacciones de adición y sustitución en hidrocarburos a partir de la obtención de halogenuros y alcoholes, al predecir y diseñar un experimento. Aplica las reglas de la iupaq para nombrar halogenuros y alcoholes de hasta cinco

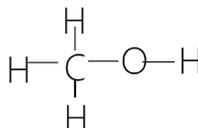
#### Introducción de un átomo electronegativo en la cadena hidrocarbonada

Cuando a una molécula de un hidrocarburo sin dipolos permanentes, se introduce un átomo más electronegativo como uno de oxígeno, halógeno o nitrógeno, se forma un dipolo permanente. Las nuevas moléculas se atraerán mediante fuerzas dipolo permanente-dipolo permanente que son de mayor tamaño, por lo que sus puntos de ebullición aumentarán significativamente. Como ejemplo se muestra el punto de ebullición del metano en comparación con el punto de ebullición del metanol.

#### Analiza los siguientes datos y realiza los ejercicios:



Metano PE $-161^{\circ}$ C Insoluble en agua
--



Metanol PE $=65^{\circ}$ C Soluble en agua
--

### Ejercicios

1. ¿Cuáles diferencias encuentras en las fórmulas del metano y el metanol?

\_\_\_\_\_

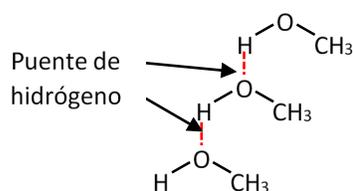
2. De acuerdo al punto de ebullición, el estado físico del metano es \_\_\_\_\_ y el del metanol es \_\_\_\_\_, a temperatura ambiente ( $20^{\circ}$ ).

3. El \_\_\_\_\_ necesita mayor energía para pasar de líquido a gas que el \_\_\_\_\_

4. En el primer recuadro dibuja moléculas de metano (usa modelo de Dalton) en estado líquido y en el otro recuadro dibuja 4 las moléculas de metanol en estado gaseoso.

### Fuerzas intermoleculares en el estado líquido de las moléculas polares con posibilidad para formar puente de hidrógeno.

Cuando se forma un dipolo permanente con la presencia de un átomo de oxígeno, de nitrógeno o de azufre enlazados a un átomo de hidrógeno, se produce un enlace intermolecular muy fuerte llamado *puente de hidrógeno*. Este es el caso del metanol; en la siguiente figura se observan 3 moléculas, en cada una de ellas se presenta el enlace O-H, para ilustrar como el oxígeno de este grupo tiene mayor fuerza de atracción hacia los electrones presentes en este enlace.



la molécula de metanol, tiene un átomo de oxígeno con alta electronegatividad por lo que atrae más a los electrones del enlace o-h, que el átomo de hidrógeno, originando una parcial de carga negativa (polo) sobre el oxígeno y una parcial de carga positiva (polo) positivo, sobre el átomo de hidrógeno. en este caso se trata además de dipolos permanentes especiales por estar formados de h y de o por lo que la atracción entre los dipolos de moléculas adyacentes es más fuerte, al que se llama puente de hidrógeno.

### Ejercicios:

1. Señala con el símbolo  $\delta$ , la carga parcial positiva y negativa sobre el hidrógeno y el oxígeno, respectivamente
2. Señala en las 3 moléculas de metanol un enlace interatómico.
3. Cómo explica este modelo de enlace dipolo permanente-dipolo permanente (puente de hidrógeno). El punto de ebullición mucho mayor del metanol que el del metano.
4. Dibuja 3 moléculas similares a las 3 de etano de la figura anterior, cambia el átomo de oxígeno por uno nitrógeno y señala los dipolos.



5. ¿Cómo explicas que el etano sea gas y el etanol sea líquido a temperatura ambiente? Utiliza modelos de enlace intermolecular.

-----

Conexión. Pensamiento científico; la práctica de la ciencia

**Observación de fenómeno, para comprobar el principio teórico “los compuestos covalentes polares son solubles en agua”.**

Experimento para comprobar este principio. Se mezclaron varios alcoholes de cadena corta (metanol, el etanol, propanol) con agua y se observó la formación una disolución (mezcla homogénea).

### Ejercicios

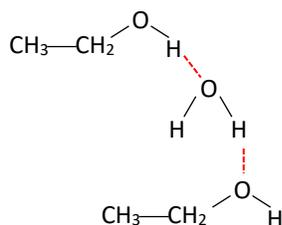
1. ¿Cuál es el propósito del experimento? \_\_\_\_\_

2. ¿Cuál es la hipótesis del experimento? \_\_\_\_\_

3. El resultado es una evidencia de \_\_\_\_\_

-----

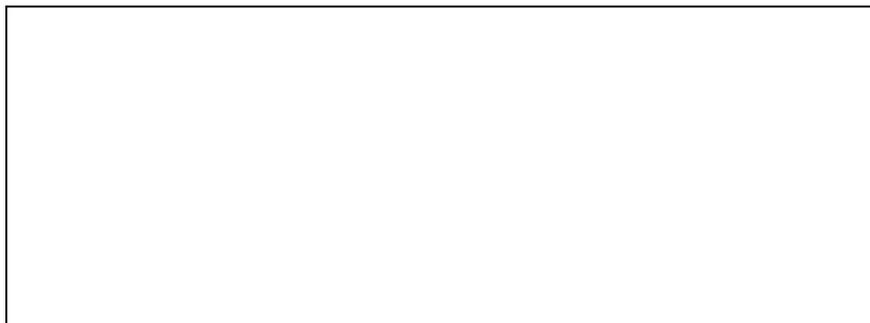
## Explicación con modelo de enlace intermolecular dipolo permanente-dipolo permanente con formación de puente de hidrógeno.



Se muestran los enlaces intermoleculares entre el agua y el etanol que explican la solubilidad alta de este alcohol. Se forman puentes de hidrógeno entre moléculas distintas; el agua y el metanol. Los Dipolos permanentes de ambas moléculas son iguales, la fuerza de su atracción es la misma, por lo que indistintamente, se atraen las moléculas de agua y de alcohol.

### Ejercicios:

1. Muestra en la figura, uno de los enlaces de carácter intermolecular “puente de hidrógeno”, con una flecha de color rojo
2. Señala con una flecha azul uno de los enlaces inter-atómicos de la molécula de etanol
3. Señala con una flecha amarilla uno de los enlaces inter-atómicos de la molécula de agua
4. Ilustra, en la caja, la disolución del metanol en agua con modelos de esferas.



## TEMA 8. ¿Cómo se llevan a cabo los procesos de oxidación de los hidrocarburos?

### Contenido

#### Reacciones de oxidación de compuestos orgánicos

Oxidaciones orgánicas: Obtención de aldehídos, cetonas, alcoholes y ácidos carboxílicos. (N3)

Reacciones de combustión. (N3)

### Aprendizajes

**A13. (C)** Comprende que a partir de las reacciones de oxidación de hidrocarburos, en presencia de agentes oxidantes se producen alcoholes, cetonas, aldehídos y ácidos carboxílicos y como caso extremo de oxidación, la combustión. Aplica las reglas de la IUPAQ, para nombrar aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos de hasta cinco carbonos.

**A14. (C)** Compara la reactividad de los alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos en relación a su grupo funcional, al estudiar las diferentes reacciones de estos compuestos. (N2)

### Oxidación y reducción en los compuestos orgánicos

Recordemos que, en los compuestos **inorgánicos**, la oxidación se asocia con la pérdida de electrones y la reducción con la ganancia de electrones del átomo en un elemento o en un compuesto.

En los compuestos **orgánicos** se acostumbra relacionar la oxidación de una molécula o con el incremento del número de átomos de oxígeno o con la disminución números de átomos de hidrógeno.

**La reducción** de una molécula orgánica usualmente se relaciona con la disminución del número de átomos de oxígeno o con el incremento del número de átomos de hidrógeno.

Por ejemplo: el contenido de oxígeno se incrementa cuando se forma un alcohol a partir de un alcano, por lo tanto, este proceso es una oxidación.

Ejemplos:

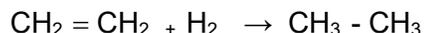
1. La formación de eteno a partir de etano es una oxidación porque el producto tiene menor número de átomos de hidrógeno y que hay otro producto que es el hidrógeno. Se trata de una deshidrogenación (reacción de eliminación)



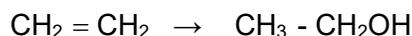
2. La formación de metanol a partir de metano es de oxidación porque la molécula gana un átomo de oxígeno.



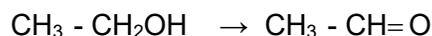
3. La formación de etano a partir de eteno es una reducción ya que el eteno tiene menor número de átomos de hidrógeno (hay más átomos de hidrógeno en el producto. Es una hidrogenación (es una adición)



4. La formación de etanol a partir de eteno es una oxidación

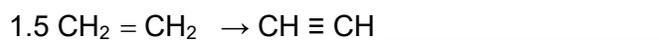
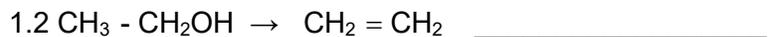
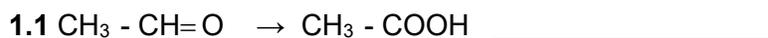


5. La formación de etanal (acetaldehído) a partir de etanol es una oxidación, hay menos átomos de hidrógeno en el producto.



### Ejercicios

1. Indica si se trata de oxidación o reducción, cada una de las siguientes ecuaciones, que representan las semirreacciones redox:



**De manera general:**

También sucede una oxidación cuando un alcohol secundario se oxida para formar una cetona; el contenido de hidrógeno disminuye.



Un aldehído puede ser oxidado a un ácido carboxílico



R, R' y R'', representan cadenas distintas de carbonos.

**Ejercicios:**

**Escribe oxidación o reducción:**

1. Butanal  $\rightarrow$  ácido butanoico \_\_\_\_\_
2. 2 propanol  $\rightarrow$  dimetil cetona \_\_\_\_\_
3.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$  \_\_\_\_\_
4.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}=\text{O}$  \_\_\_\_\_
5.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  \_\_\_\_\_

## Oxidación de alcoholes

Los aldehídos pueden prepararse mediante la oxidación de alcoholes primarios. La mezcla de reacción se calienta a una temperatura poco mayor al punto de ebullición del aldehído por lo que éste se destila tan pronto como se genera. El dicromato de potasio en presencia de ácido sulfúrico diluido es el agente oxidante común.

### Agentes oxidantes

En cada una de estas reacciones de oxidación se requiere un agente oxidante (el cual es reducido). Estos agentes oxidantes con frecuencia son especies inorgánicas como por ejemplo los iones dicromato  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , o los iones permanganato  $\text{MnO}_4^-$ . Las reacciones opuestas a las anteriores son las reducciones de las moléculas orgánicas. En esta reacción inversa, el agente reductor (la sustancia que se oxida) es con frecuencia un compuesto inorgánico también. El diferente color de estos compuestos en su forma oxidada y reducida se utiliza para observar el fenómeno de oxidación (nivel macroscópico), siendo esta observación una evidencia de las oxidaciones. Si el oxidante es el ion dicromato, al inicio de la reacción se observa su color naranja y a medida que la reacción transcurre se observa el desvanecimiento del naranja y el surgimiento del color verde que corresponde a los iones cromato  $\text{CrO}_4^{2-}$ . En el caso del  $\text{MnO}_4^-$ , al inicio se observará un color violeta, el que cambia a color café del  $\text{MnO}_2$ .

### Ejercicios.

Escribe el nombre y la fórmula de los dos agentes oxidantes más comunes en química orgánica:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

En la oxidación, estos agentes se reducen a su vez, de acuerdo a los siguientes procesos parciales.



1. Color \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_

2. No. de oxidación del Metal:

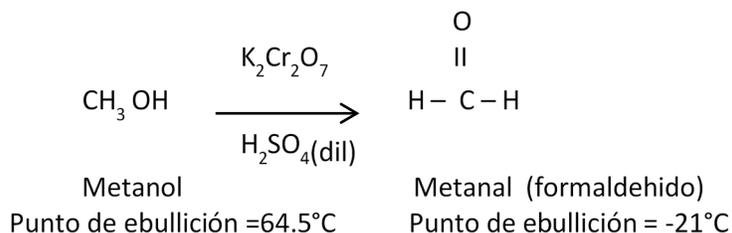
\_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_

3. Electrones ganados o perdidos por el metal:

\_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_

### Ejemplo:

**Oxidación de metano, un alcohol primario para formar metanal:**

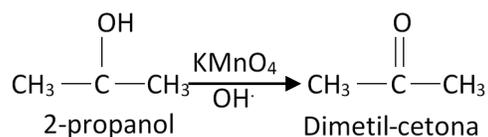


## Ejercicio

Completa el proceso:



Las cetonas se pueden obtener mediante la oxidación de alcoholes secundarios. Las cetonas no son tan susceptibles a la oxidación como los aldehídos. El permanganato de potasio, en una disolución alcalina puede usarse como agente oxidante.

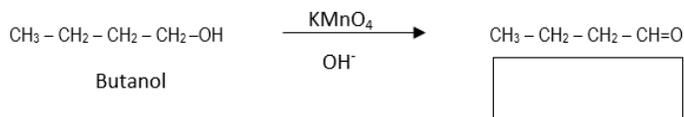


## Ejercicio

¿En qué consiste el medio (las condiciones), necesario para la oxidación de la cetona, de acuerdo a la ecuación? \_\_\_\_\_

## Ejercicios:

### 1. Llena el cuadro con el nombre del producto.

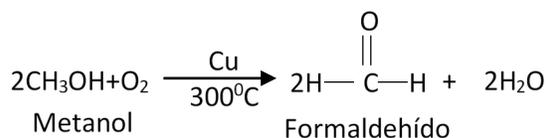


2. ¿Cuáles son las condiciones de reacción que se observan?

3. La cetona procede de un alcohol \_\_\_\_\_

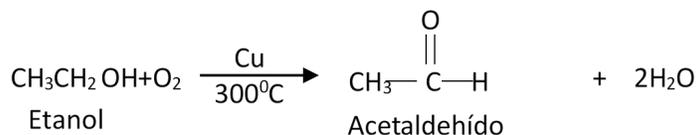
4. El aldehído procede de un alcohol \_\_\_\_\_

Los aldehídos y acetonas se preparan comercialmente mediante un proceso catalítico en el que el vapor del alcohol y el aire pasan sobre una malla de cobre o pólvora, los que actúan como catalizadores, aproximadamente a una temperatura de 300°C. Aquí, el agente oxidante es el O<sub>2</sub>.



El formaldehído es bastante soluble en agua, al disolverse en da una disolución al 40%.

Si en lugar de metanol, se somete etanol a las mismas condiciones de reacción se obtiene acetaldehído.



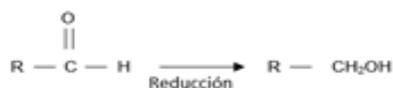
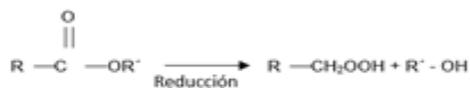
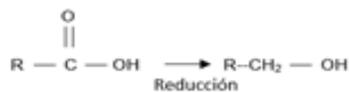
## Ejercicios

1. En estas dos reacciones se usa un catalizador que es el \_\_\_\_\_
2. Las condiciones de reacción son \_\_\_\_\_

## La reducción

La reducción de alquenos a alquinos se lleva a cabo con reactivos como hidrógeno, H<sub>2</sub>, hidruro de aluminio y litio (LiAlH<sub>4</sub>), sodio en alcohol, o hidruro de boro y sodio (NaBH<sub>4</sub>).

Ejemplos:



### En general:

-En la oxidación de un compuesto orgánico, la molécula del compuesto gana átomos de oxígeno y/o pierde átomos de hidrógeno.

-En la reducción de un compuesto orgánico, la molécula del compuesto gana átomos de hidrógeno y/o pierde átomos de oxígeno.

Oxidación y reducción en química orgánica  
Oxidación (-) Hidrógeno ó (+) oxígeno  
Reducción (+) Hidrógeno o (-) oxígeno.

### Ejercicios

1. Escribe los nombres y fórmulas de los agentes reductores más comunes en química orgánica \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Explica por qué cada uno de los 4 procesos anteriores es de reducción.  
\_\_\_\_\_

1. Explicación
2. Explicación
3. Explicación
4. Explicación



4
5
6

### Las combustiones de los compuestos orgánicos.

Como se puede observar en la cadena anterior, el último proceso de oxidación fue la descomposición del ácido acético en bióxido de carbono más agua. La oxidación extrema de un compuesto orgánico implica su total descomposición en bióxido de carbono y agua, además de un gran desprendimiento de energía.

Las sustancias que se oxidan totalmente hasta bióxido de carbono y agua con el desprendimiento de una gran cantidad de energía reciben el nombre de combustible. Para que suceda la combustión se requiere de una cantidad de energía mínima (energía de activación), una chispa para la combustión de la gasolina en un motor, la flama de un cerillo para iniciar la combustión del gas doméstico, del carbón en el anafre o del hidrógeno en el tanque de un cohete.

Ejemplo.

Metano + oxígeno  $\longrightarrow$  bióxido de carbono más agua y energía



- - - - -

### Conexión. Aprendizajes previos

#### Ejercicio.

Recuerda que, en Química I, estudiaste dos casos particulares notables; la combustión de carbono y la combustión de hidrógeno. En la combustión del carbón se produce solo bióxido de carbono y en la combustión de hidrógeno no hay producción de bióxido de carbono, solo se produce agua.

Escribe la reacción de combustión del hidrógeno y la del carbono:

- - - - -

### Oxidación de hidrocarburos al ganar halógenos

#### Reacciones de sustitución.

La sustitución de un átomo de hidrógeno por un átomo electronegativo como el de un halógeno o de nitrógeno, da como resultado la formación de un halogenuro o de una

amina, respectivamente. Compuestos que han perdido un hidrógeno y han ganado átomos electronegativos, por lo que también se trata de un proceso de oxidación.

## Halogenuros

Son el resultado de la sustitución de un hidrógeno de un grupo alquilo (hidrocarburo) o de un grupo arilo (aromático), por un halógeno como Cl, Br, I.

Tienen mayor punto de ebullición que los alcanos con el mismo número de carbonos. De interés industrial están los siguientes:

$\text{CHCl}_3$ , conocido como tricloro metano, tricloruro de metilo (cloroformo)

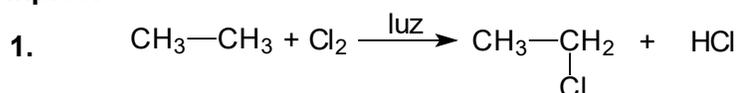
$\text{CCl}_4$ , conocido como cloruro de carbono IV o tetracloruro de carbono.

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ . cloruro de butilo

$\text{CH}_2=\text{CHCl}$ . conocido como cloruro de vinilo

En general, para obtener un halogenuro a partir de un hidrocarburo, un átomo de hidrógeno es reemplazado por un átomo de halógeno. Este también es una reacción de **oxidación** dado que el producto tiene un átomo menos de hidrógeno y en su lugar hay otro átomo de menor electronegatividad en la molécula. Estas reacciones requieren presencia de luz (condición de reacción).

### Ejemplos:



### Descripción

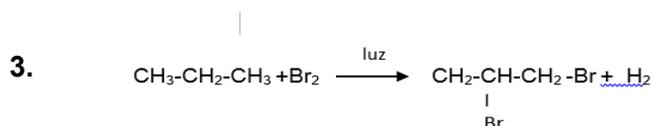
Un átomo de la molécula de cloro sustituye a un átomo de hidrógeno del etilo, el que al salir de la molécula se une al otro átomo de la molécula de cloro y forma cloruro de hidrógeno.

2.



### Descripción

Los dos átomos de la molécula de bromo sustituyen a dos átomos de hidrógeno de la molécula de pentano y estos átomos de hidrógeno desplazados forman una molécula de hidrógeno.

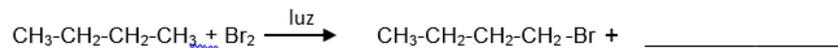


### Descripción

Los dos átomos de la molécula de bromo sustituyen a dos átomos de hidrógeno de la molécula de propano y estos átomos de hidrógeno desplazados forman una molécula de hidrógeno.

### Ejercicios:

- I. Describe la sustitución de los átomos de hidrógeno por los átomos de bromo y cloro, además de completar la ecuación



Descripción

2



Descripción

3



Descripción

4. ¿Cuál es el medio de reacción, necesario en los 3 procesos? \_\_\_\_\_

5. ¿Cómo se forma el HCl en la reacción 2? \_\_\_\_\_

---

## Reacciones de adición en la obtención de alcoholes y halogenuros a partir de un hidrocarburo insaturado

Como se estudió, la adición de átomos de hidrógeno a un doble enlace (hidrogenación), permite obtener un alcano a partir de un alqueno, por ejemplo.

Por la importancia que tiene el eteno, petroquímico básico, para sintetizar alcohol, o halogenuros.

Recordemos la ecuación general:



En general, las moléculas (X – Y) que pueden adicionarse a un enlace múltiple- doble o triple son; H<sub>2</sub>, HCl, HBr, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> O. La adición de hidrógeno se estudió en las hidrogenaciones de hidrocarburos. Aquí se estudiará la adición de las otras 3 moléculas.

Para visualizar las adiciones es útil mostrar los enlaces de estas moléculas: Cl-Cl, Br-Br, H-Cl, H-Br, H-OH. Se agregó el bromo y el cloruro de bromo porque también son utilizados con frecuencia en la industria.

- Con halógenos libre se forman di-halogenuros; cloruros, bromuros. Se requiere catalizador.
  - Con halogenuros de hidrógeno, se forman mono- halogenuros
  - Con agua se forman alcoholes. Se utiliza un medio ácido,
  - Los alquenos o alquinos cortos pueden adicionarse entre sí, formándose polímeros.
- COMO SE VERÁ EN LA SIGUIENTE UNIDAD

---

### Conexión. Práctica de la ciencia.

Demostración de la adición de halógenos. Observar en video o hacer la adición de bromo a la molécula de caroteno.

---

## Ejercicios

A partir del análisis de las siguientes reacciones resuelve los cuestionamientos a continuación.



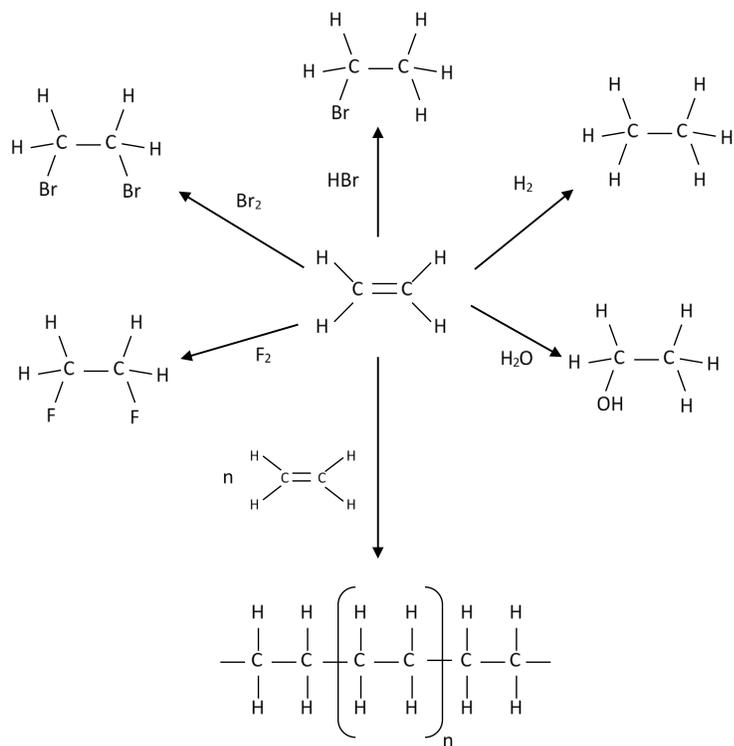
### Ejercicios:

1. Enumera los carbonos del reactivo, iniciando por el enlace doble.
2. ¿Cuál es el reactivo hidrocarbonado en las 3 reacciones? \_\_\_\_\_
3. Describe cómo cambia el reactivo en las reacciones \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Llena los espacios del siguiente párrafo, con los términos: **punto de ebullición elevado, número de carbonos, halogenado, polar, no polar, puentes de hidrógeno, agua,**

La adición de un átomo de halógeno a una molécula de alqueno, (molécula **covalente** \_\_\_\_\_), produce un derivado \_\_\_\_\_, un compuesto que no es hidrocarburo. El átomo de \_\_\_\_\_ es más electronegativo que el átomo de hidrógeno por lo que la molécula del halogenuro es una molécula **covalente** \_\_\_\_\_.

La adición de \_\_\_\_\_ a los alquenos produce alcoholes, que son sustancias covalentes polares por contener el enlace **O-H**, estas moléculas pueden formar \_\_\_\_\_; por lo que su solubilidad en agua es alta y el \_\_\_\_\_, en comparación con los hidrocarburos que tienen el mismo número de carbonos

## Ejercicio de integración



Describe las ecuaciones que representan las semi-reacciones, con excepción de la polimerización.

Ejemplo

1. Eteno más agua producen alcohol etílico
2.
3.
4.

## 9 ¿Por qué son importantes las reacciones de condensación?

### Contenido

#### Síntesis de ésteres y amidas

Reacciones de condensación. (N2)

Obtención de ésteres a partir de un ácido carboxílico y un alcohol. (N3)

Obtención de amidas a partir de un ácido carboxílico y una amina

### Aprendizajes:

A15. (C) Identifica compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, al estudiar sus compuestos: aminas y amidas. Aplicará la nomenclatura de la iupaq. (N2)

A16. (C, H) Comprende que las reacciones de condensación permiten obtener ésteres y amidas con la liberación de moléculas de agua, al predecir y representar reacciones de importancia industrial. Aplicará la nomenclatura de la iupaq. (N3)

Antes de tratar las reacciones de condensación se analizarán brevemente los grupos funcionales **aminas**, grupos muy importantes en las principales reacciones de condensación.

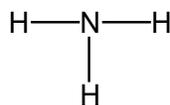
### Aminas

Una de las características de las aminas es su desagradable olor, como el producido en la descomposición del pescado. Las más volátiles y por tanto de intenso olor desagradable, son las de peso molecular pequeño y solubles en agua. Las aminas de peso molecular elevado son poco volátiles por lo que no son tan fétidas y son insolubles en agua.

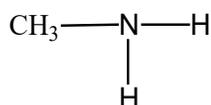
Los grupos funcionales amina están presentes en compuestos que forman parte de los procesos bioquímicos. presentes también en los barbitúricos. Estos compuestos son de carácter básico.

Puede considerarse que las aminas son derivadas de la molécula de amoníaco,  $\text{NH}_3$ . Si en la fórmula del amoníaco se sustituye uno o más átomos de hidrógeno, por grupos alquilo o arilo se forma una **amina**.

Algunos ejemplos

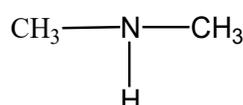


Amoníaco



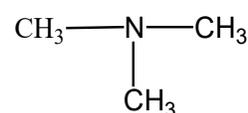
Metilamina

Amina primaria



Dimetilamina

Amina secundaria



Trimetilamina

Amina terciaria

Obsérvese como se va sustituyendo cada hidrógeno del amoniaco por un grupo metilo. En la amina secundaria están sustituidos dos hidrógenos y en la terciaria están sustituidos los 3 hidrógenos.

### Ejemplos

-Cuando en el amoniaco se sustituye un hidrógeno por un etilo se forma: \_\_etil amina\_\_\_\_\_

-Cuando en la etilamina se sustituye un hidrógeno por un metilo se forma: \_\_ etil metil amina\_

--Cuando en la dimetilamina se sustituye un hidrógeno por un metilo se forma: \_trimetil amina

### Ejercicios

1.Cuando en la dimetilamina se sustituye un hidrógeno por un propilo se forma, la\_\_  
**dimetil, propil amina**

2.Cuando en el amoniaco se sustituye un hidrógeno por un etilo se forma,\_\_\_\_\_

3.Cuando en la etilamina se sustituye un hidrógeno por un propilo se forma,\_\_\_\_\_

**Ejercicio 2.** Coloca el nombre correcto de las aminas; elige entre; metil pentil amina; metil amina; etil propil amina; dietilamina.

F. Semidesarrollada	Nombre	Amina; 1ª. / 2ª. / 3ª.
$\text{CH}_3\text{-NH}_2$		
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$		
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$		
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH-CH}_3$		
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH-CH}_2\text{-CH}_3$		

## Reacciones de condensación. Formación de esteres

Las reacciones de condensación suceden cuando dos moléculas reaccionan para producir una molécula de mayor tamaño y una molécula pequeña. Las moléculas que reaccionan se unen debido a la reactividad que tiene el grupo o grupos funcionales que las forman. Por ejemplo: un ácido carboxílico reacciona con un alcohol debido a la gran reactividad de sus grupos funcionales, los que tienen la capacidad de interaccionar por las fuerzas electrostáticas que experimentan los dipolos que poseen el grupo carboxilo y el grupo hidroxilo. El resultado de la interacción es la formación de una molécula que tiene un grupo éster y la formación también de una molécula de agua. Otro grupo funcional en una reacción de condensación es la amina la que al reaccionar con un ácido carboxílico genera una amida.

Estas reacciones son de gran importancia para la síntesis química por la cantidad de productos que pueden ser planeados.

## Esteres

Los esteres son derivados de los ácidos carboxílicos. Su fórmula puede pensarse como la sustitución del hidrógeno del grupo hidroxilo  $-OH$  de un ácido carboxílico, por el grupo  $-R'$ . Este grupo alquílico (cadena de carbonos) ahora será representado por  $R'$ . El grupo éster es otro de los grupos que contiene el grupo carbonilo.



El nombre del éster se deriva del **ácido** que le da origen, en el caso que R fuera metilo,  $CH_3-$ , el ácido sería **etanoico** el nombre del éster inicia con **etanoato** y luego el sustituyente del  $R'$  que si fuera **metilo**, entonces el nombre completo sería, **etanoato de metilo**.

## Ejercicio.

Escribe la fórmula y nombre del compuesto que resulta de sustituir R, por un grupo propilo y a  $R'$  por un grupo butilo.



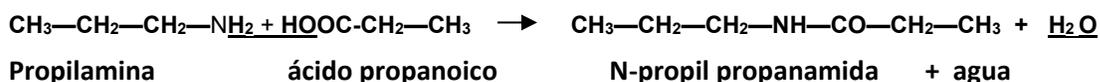
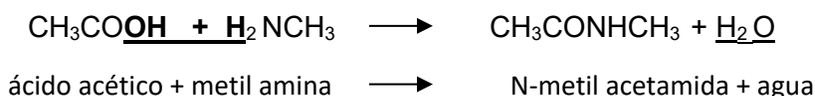
---

## La condensación orgánica. formación de amidas

Las amidas pueden ser consideradas como producto de la condensación entre un ácido y una amina, con la obtención de H<sub>2</sub>O.

Recuerda que una reacción de condensación se reconoce cuando dos moléculas se unen para formar una de mayor tamaño y una molécula pequeña. En este caso estas dos moléculas son; una de amina y otra de ácido carboxílico y como resultado la formación de un grupo amida –NH-CO-

Para facilitar la visualización de la condensación es útil colocar frente a frente los grupos reactivos de las dos moléculas. En la siguiente ecuación se resalta el OH del ácido y el H de la amina. Considera que estos 3 átomos forman agua y salen de los reactivos. Lo que resta de los reactivos se unen formando la molécula mayor (amida).



Un H, de la amina se combina con el OH del ácido y se forma agua, el resto de las dos moléculas se unen por los grupos reactivos –NH y –CO formando la amida

### Ejercicio

Completa la reacción de condensación. Repite el procedimiento de los ejemplos anteriores incluyendo nombres de reactivos y productos.



## TEMA 10. ¿Existen regularidades en la relación estructura y propiedades de los alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos que permitan hacer predicciones?

### Contenido.

#### Propiedades de compuestos orgánicos con base en su grupo funcional

Concepto de grupo funcional.

Relación, propiedades de los compuestos orgánicos y su grupo funcional. (N2)

Relación propiedades–enlaces intermoleculares. (N3 )

Comparación de las propiedades de estas sustancias con oxígeno, con los hidrocarburos respecto a las polaridades de las moléculas. (N3)

### Aprendizajes.

**A17. (C, H)** Comprende que el grupo funcional determina las propiedades de los compuestos orgánicos, al identificar regularidades en las propiedades y la estructura de alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos

**A18. (C, H)** Explica que la polaridad de las moléculas orgánicas determinan algunas propiedades físicas, como: solubilidad, punto de fusión y punto de ebullición, al relacionar compuestos de diferentes grupos funcionales con el mismo número de átomos de carbono.

### Propiedades de alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos

Con el fin de establecer regularidades acerca de la relación estructura-propiedades de los compuestos orgánicos que contienen oxígeno ya estudiados, se presenta una síntesis de los puntos de ebullición, solubilidad y reactividad de alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos.

-----

### Conexión. Conocimientos previos

#### Los enlaces intermoleculares en compuestos que tienen dipolos permanentes

#### Ejercicios:

Leer el inicio de estos conceptos en el tema 5, “¿por qué son diferentes las propiedades físicas de los hidrocarburos?” y contestar las preguntas.

1. ¿Cómo se forma un dipolo instantáneo? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. ¿A qué se debe que los hidrocarburos tengan bajos puntos de ebullición en comparación con compuestos que contienen oxígeno? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

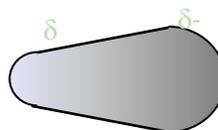
3. ¿Cómo se unen las moléculas de alcanos entre sí para formar un líquido? \_\_\_\_

En el tema 5, de hidrocarburos estudiamos los dipolos instantáneos, ahora abordaremos moléculas que contienen oxígeno por lo que estudiaremos los dipolos permanentes.

### Dipolos permanentes y las propiedades de compuestos covalentes polares

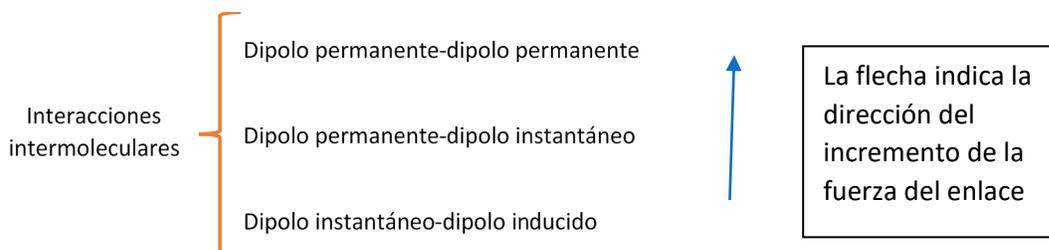
Sucede cuando una molécula está formada de dos átomos, uno de los cuales es más electronegativo que el otro átomo. La siguiente figura ilustra una molécula compuesta de dos átomos uno de ellos con mayor electronegatividad que el otro; el cloruro de hidrógeno HCl. El cloro tiene mayor electronegatividad que el hidrógeno. Por lo que la densidad de carga negativa es mayor en el polo negativo, el polo negativo está representado por el símbolo,  $\delta^-$ , el polo positivo tienen menos densidad de carga negativa los electrones del enlace H-Cl pasan mayor tiempo del lado menos sombreado de la molécula.

Las moléculas con un dipolo permanente se llaman moléculas polares. Este dipolo puede abarcar la molécula (frecuente cuando la molécula es pequeña) o abarca solo parte de la molécula (cuando la molécula es grande)



### Clasificación de enlaces intermoleculares (fuerzas intermoleculares)

Las fuerzas que resultan de la interacción entre moléculas se pueden clasificar de acuerdo a los dipolos que estas moléculas tengan:



Ejercicio.  
Completa la tabla

Compuesto	Dipolo	Puente de hidrógeno	Átomos en el dipolo
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	Uno permanente		O-H
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CHO	1 dipolo permanente	X (con otra moléculas igual) √ (con moléculas de agua)	C=O
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	Sin dipolo	x	
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	2 dipolos permanentes	√	O-H C=O
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>			
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>			

Ejercicios

- ¿Cuáles factores determinan el punto de ebullición de los alcoholes? \_\_\_\_\_
- ¿Cuáles factores determinan la solubilidad en agua de los alcoholes? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Completa las siguientes generalizaciones:
  - El punto de ebullición de los alcoholes es comparativamente alto debido a:  
\_\_\_\_\_
  - La solubilidad en agua de los alcoholes \_\_\_\_\_ al aumentar su número de carbonos.

## Alcoholes

Los alcoholes de cadena corta, (de entre 1 átomo de carbono a 5 átomos de carbono) son líquidos y solubles en agua. Los puntos de ebullición de los alcoholes son altos, en contraste con hidrocarburos saturados de igual número de átomos de carbono. Estos hechos se deben a la presencia del grupo OH-.

En estado líquido, el OH- de cada molécula de alcohol forma enlaces puentes de hidrógeno con las moléculas de alcohol cercanas haciendo difícil separarlas, es decir, se requiere mayor energía, mayor temperatura, para separar las moléculas enlazadas por puente de hidrógeno.

Asimismo, los puntos de ebullición de los alcoholes se incrementan, pero su solubilidad disminuye a medida que aumenta el número de átomos de carbono. Solo las moléculas pequeñas en las que el grupo OH-, es decir, el dipolo, constituye una parte importante en la molécula, son atraídas por el agua, mientras que las moléculas mayores de alcohol en

las que el grupo alifático (cadena hidrocarbonada, hidrofóbica), son las de mayor presencia en la molécula, no son atraídas por el agua.

### Aldehídos y cetonas

El formaldehído, con un solo átomo de carbono, es un gas a temperatura ambiente, los demás aldehídos son líquidos. El punto de ebullición de los aldehídos aumenta a medida que se incrementa la cadena de carbonos. Los aldehídos y cetonas de 1 a 4 carbonos son muy solubles en agua.

El grupo carbonilo que poseen ambos, aldehídos y cetonas, permite a estos compuestos, formar dipolo permanente por lo que las moléculas de un mismo compuesto se atraen y hiervan a temperatura elevada. La solubilidad de las moléculas chicas, es alta porque hay posibilidad de formación de puentes de hidrógeno con agua.

### Ácidos carboxílicos

Los ácidos carboxílicos tienen dos dipolos, uno de ellos con posibilidad para formar puente de hidrógeno entre las mismas moléculas y entre estas moléculas y las de agua. Estas estructuras de las moléculas se asocian a los altos puntos de ebullición y a la alta solubilidad de los ácidos pequeños, entre C1 y C4.

Sin embargo, los puntos de ebullición aumentan y la solubilidad disminuye al incrementarse el largo de las cadenas. Ese comportamiento se puede explicar con la formación de dipolos instantáneos en la cadena hidrocarbonada, la que no contienen dipolos.

### Ejercicio.

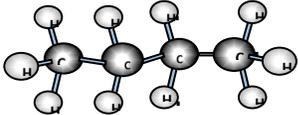
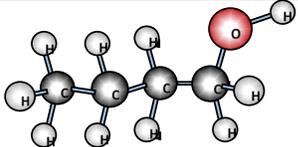
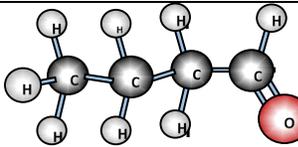
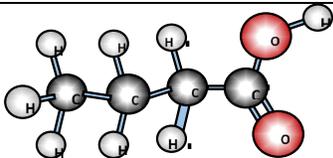
- I. Analiza la información de la tabla y contesta el cuestionario.

Punto de ebullición y solubilidad en agua de dos aldehídos y dos cetonas

Compuesto	Fórmula	Punto de Ebullición	Solubilidad en agua g/100 ml de agua
Butanal	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CHO	76°C	Soluble
Pentanal	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CHO	102°C	ligeramente soluble
Butanona	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	79°C	muy soluble
Pentanona	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	102°C	Soluble

1. ¿Cuál compuesto tiene las moléculas más atraídas por el agua? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. ¿Cuál compuesto está formado de moléculas menos atraídas entre sí? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Qué dato analizas?, el punto de ebullición o la solubilidad de la butanona para conocer qué tan fuerte es su atracción por el agua  
\_\_\_\_\_

4. ¿Cuáles moléculas atraen con más fuerza al agua, las de pentanal o las de pentanona? \_\_\_\_\_
5. ¿Si se desea saber el grado de atracción entre las moléculas de butanona, se

Compuesto	Modelo molecular	P. E. ° C	Explicación con modelo de enlaces intermoleculares
Butano		- 5	Las moléculas de butano líquido se atraen por fuerzas muy débiles, las que se originan en la formación de dipolos instantáneos debidos al movimiento de electrones en las moléculas. Los dipolos instantáneos inducen otros por lo que también existen dipolos inducidos. Se requiere poca energía (-0.5° C), para vencer estas fuerzas.
Butanol		118	
Butanal		75	
Ac. butanoico		164	Las moléculas del ácido butanoico son las que se atraen más entre sí, debido a 2 atracciones; dipolo-dipolo (C=O) y puente de Hidrógeno (O-H). Se requiere más energía (164° C) para que este compuesto pase al estado gaseoso.

analiza su punto de ebullición o su solubilidad? \_\_\_\_\_

6. ¿Si se quiere saber el grado de atracción entre las moléculas de butanal y las moléculas de agua, se analiza el punto de ebullición o la solubilidad del butanal?

\_\_\_\_\_

- II. Analiza la información contenida en la tabla y llena los recuadros vacíos

### Ejercicio:

Formula una explicación en cada caso, utiliza los conceptos expuestos.

1. ¿Cuál es el efecto del factor “longitud de cadena” en el punto de ebullición de los aldehídos?

Explicación

2. ¿A qué se debe que los hidrocarburos tengan puntos de ebullición más bajos?

Explicación

3. ¿Cuál es el efecto de los grupos, carbonilo e hidroxilo, en el punto de ebullición de los ácidos carboxílicos?

Explicación

4. ¿Qué relación existe entre los grupos funcionales y la solubilidad de los compuestos orgánicos?

Explicación

5. ¿Cuál es la relación entre la longitud de cadena de los compuestos que contienen oxígeno y su solubilidad en agua?

Explicación

## **Tema 11. ¿Cómo impacta al ambiente la producción de petróleo y petroquímicos en México?**

### **Contenido.**

#### **Problemas de contaminación de esta industria:**

Derrames y consecuencias.

Contaminación por gases.

Biorremediación para recuperar suelos.

### **Aprendizaje.**

**A19. (H, V)** Reconoce la importancia de realizar acciones para solucionar los problemas de contaminación ambiental relacionados con la extracción y transformación del petróleo.

El nivel de industrialización de un país se relaciona con la generación de energía. Los ciudadanos de un país más industrializado tienen mejor nivel económico y hacen uso de la energía en muchas de sus actividades. A esto se debe que un país avanzado contamine en mayor medida.

Algunas de los procesos en la producción de energía son más contaminantes que otros. Entre los procesos menos contaminantes están; el geotérmico, el eólico, el hidroeléctrico, en los que se aprovecha la energía natural.

Uno de los destinos del petróleo es la producción de combustibles para proporcionar energía en las casas y en los transportes. Los contaminantes que se producen afectan sobre todo al aire y en menor medida al agua y al suelo. Los efectos de la contaminación del aire abarcan zonas más amplias y al final a todo el planeta.

La producción y comercialización de combustibles, produce contaminantes. Por ejemplo, el traslado en buques, los desechos en las plantas, provoca contaminación de agua en mantos, ríos y finalmente al suelo mismo.

#### **Medidas en las refinerías**

En las refinerías se recupera el azufre y el nitrógeno producido en forma de óxidos, mediante procesos catalíticos que los atrapan. El azufre en forma de ácido sulfhídrico se recupera como sólido, que se almacena, evitando su emisión a la atmósfera.

Se procura también que los procesos sean eficientes y produzcan cada vez menos contaminantes.

En general se tienen 4 procesos para disminuir contaminantes en el aire, agua y suelo.

- Reducir la generación de residuos

- Reutilizar lo más posible antes de desechar
- Reciclar, recolectar los residuos y tratarlos para volverlos a usar
- Reprocesarlos

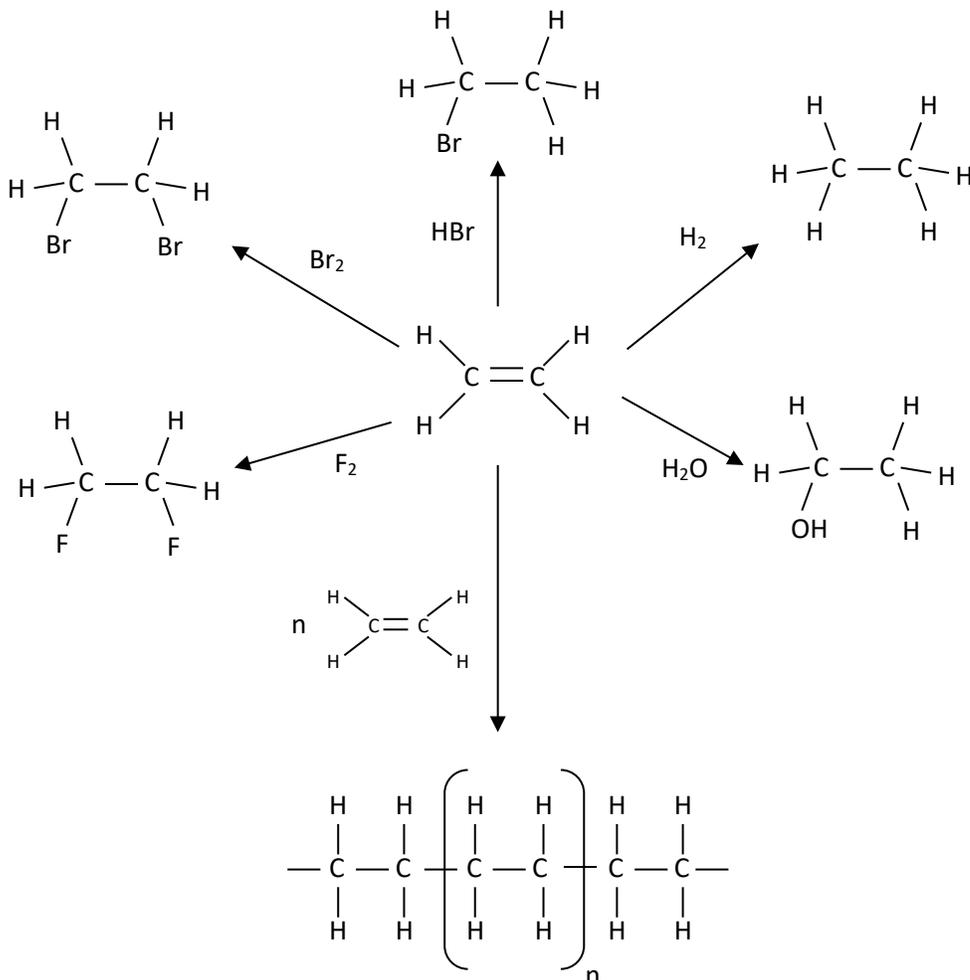
Actividad. Identifica dos productos que uses cotidianamente, analiza la posibilidad de reducirlos a basura tempranamente, arreglando el producto o modificándolo para usarlo con otro fin

Otras medidas que han tomado las autoridades y las empresas productoras en general son, entre otras:

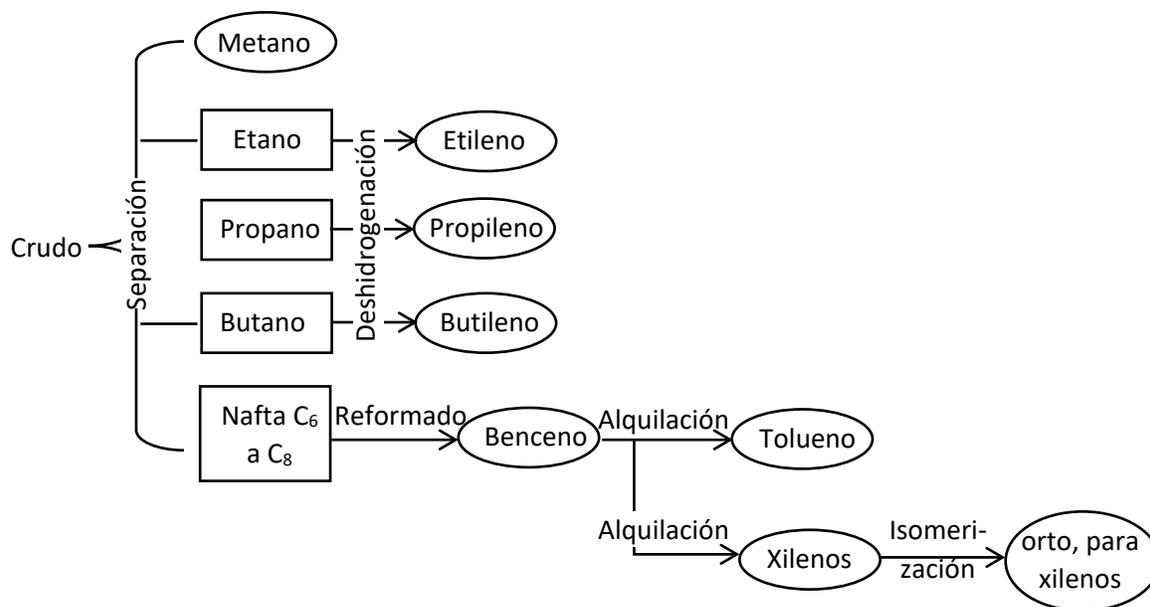
- separar y reciclar materiales
- plantas tratadoras de agua
- enterrar residuos para ser degradados por microorganismos
- recuperar contaminantes producidos en las plantas químicas
- establecer procedimientos para tratamiento de residuos tóxicos
- establecer normas en las plantas químicas
- vigilar que las normas se cumplan

### Integración de conceptos de Química IV

1. Recuerda las reacciones de adición del etileno y coloca una explicación en cada una de ellas.



Analiza el esquema y resuelve los ejercicios:



1. Recuerda y escribe las fórmulas de los petroquímicos básicos. \_\_\_\_\_
2. Recuerda y describe la obtención de metano, destaca el recurso natural que se aprovecha. \_\_\_\_\_
3. ¿Cuáles petroquímicos básicos son alifáticos? \_\_\_\_\_
4. ¿Cuál proceso petroquímico se emplea en la formación del benceno? \_\_\_\_\_

¿Cuáles petroquímicos básicos contienen dobles enlaces? \_\_\_\_\_

5. ¿Cuáles petroquímicos básicos, son aromáticos? \_\_\_\_\_

## **Unidad 2. El estudio de los polímeros y su impacto en la actualidad**

## Unidad 2. El estudio de los polímeros y su impacto en la actualidad

### Tema 1 ¿Qué tipo de materiales son los polímeros y cuál es su importancia?

#### Temática:

Polímeros Aplicaciones. (N2) Clasificación por su origen:

- Naturales y sintéticos. (N1)

Propiedades:

- Resistencia y flexibilidad. (N1)
- Estructura de los polímeros
- Concepto de monómero y polímero. (N2)
- Estructura lineal, ramificada, entrecruzada y reticular de los polímeros. (N2)
- Relación estructura y propiedades de los polímeros. (N2)

#### Aprendizajes

**A1. (H, V)** Reconoce la importancia de los polímeros en la vida cotidiana, al reflexionar sobre el origen natural y sintético de estos materiales y sobre sus aplicaciones. **N1**

**A2. (C, H, V)** Reconoce la versatilidad de los polímeros al observar la resistencia mecánica y flexibilidad de diferentes muestras.

**A3. (C, H)** Comprende que los polímeros son compuestos de gran tamaño, formados por la unión química de sustancias simples, al manipular modelos que representan cadenas lineales, ramificada y reticulares, para explicar en un primer acercamiento, las propiedades de las sustancias poliméricas. **(N2)**

## Características de los polímeros y su importancia

Los polímeros son sustancias químicas conocidas desde tiempos remotos, entre otros, los primeros conocidos fueron; seda, algodón, caucho. Sin embargo, sus aplicaciones eran limitadas debido a que se desconocía su constitución.

Durante el siglo XIX se descubrió que los polímeros naturales se forman por macromoléculas y éstas, a su vez, por cientos de miles de unidades repetitivas, hoy conocidas como monómeros

La palabra polímeros, provienen de las palabras griegas Poly y Mers, que significan muchas partes.

“Los polímeros son sustancias constituidas por miles de moléculas sencillas y por su gran tamaño a estas sustancias se les llama macromoléculas, cuyo peso molecular puede ser de varios miles de umas” y cada macromolécula está constituida por unidades estructurales que se repiten, llamadas monómeros ó meros.

1. ¿Cuál es el peso molecular aproximado de un polímero? \_\_\_\_\_

2. ¿Cuáles son las palabras griegas que dan origen a la palabra polímeros? \_\_\_\_\_

3. ¿Cuál es el término con el que se conoce a las unidades que conforman un polímero? \_\_\_\_\_

Posteriormente, los polímeros naturales se pudieron modificar, generando otros productos útiles como hule vulcanizado, celuloide y rayón. Ya con un mejor entendimiento al respecto, en el siglo XX, se sintetizaron polímeros de muchas clases, la mayor parte de ellos derivados del petróleo.

El impacto sobre nuestra forma de vida ha sido grande, al grado de familiarizarnos con ellos tan cotidianamente que ya no los percibimos. Actualmente se utilizan materiales poliméricos naturales, modificados y sintéticos en diversos ámbitos por lo que hay una amplia gama de productos.

## Ejercicio

### 1. Completa el párrafo llenando los espacios:

Ya en el siglo\_\_\_\_, se descubrió que los polímeros naturales son\_\_\_\_\_,  
formadas de \_\_\_\_\_, llamadas \_\_\_\_\_. Más tarde, los polímeros se pudieron  
\_\_\_\_\_ y se produjeron productos como \_\_\_\_\_y \_\_\_\_\_.

En las últimas décadas se ha realizado un proceso de sustitución de materiales tradicionales como vidrio, papel, cartón y metal, por plásticos. Así, la mayoría de los envases y empaques que tradicionalmente se manufacturaban con estos materiales, ahora se elaboran con algún plástico sintético, policarbonato, acrílico, polietileno, polietilentereftalato o poliestireno.

De esta forma, las tradicionales fibras naturales, por ejemplo, el algodón y lana, de muchas prendas de vestir, son sustituidas por fibras sintéticas, como poliéster. El hule látex que se encontraba en la goma de mascar, ahora es sustituido por caucho sintético.

En la época que vivimos los polímeros se usan en ámbitos como la medicina; desde jeringas, hasta delicados equipos para explorar nuestro organismo, así como material para prótesis equipo. En la industria automotriz y aeronáutica, los polímeros sustituyen tanto a metales como a otros materiales. En el deporte de alto rendimiento, las raquetas, las pelotas, los trajes de baño, así como los esquíes entre otros proporcionan las características especiales requerida.

En los días que vivimos se está publicando en revistas científicas, el uso de nano partículas, como nano-geles y nano-esponjas, hechas de polímeros que imitan el mecanismo de defensa de nuestras células contra infecciones incluida la del SARS- CoV-2, responsable de la pandemia del COVID-19.

### Ejercicio.

Enumera 3 aplicaciones de polímeros en medicina. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Ejercicio.

De acuerdo con tu experiencia cotidiana, indica cual polímero sustituye a una polímero natural como los siguientes:

Producto natural, formado de polímeros	Producto artificial, formado por polímero sintético
Tela de algodón	
Papel de celulosa	
Carton de celulosa	
Hule de latex	
Vidrio	

-----

### Conexión. Pensamiento científico. Práctica de la ciencia.

**Observar efectos de la aplicación de esfuerzos y calor, sobre polímeros de uso común. Identificar variable dependiente y variables independientes.**

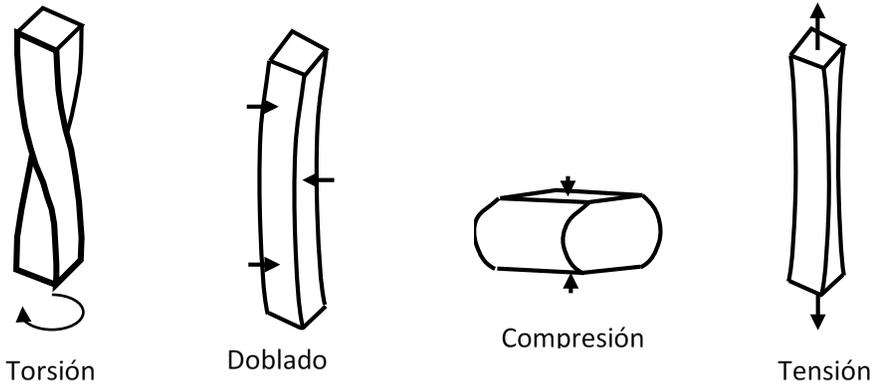
#### Actividad para casa o para el aula

Identifica las propiedades observables (físicas) de materiales poliméricos cotidianos: flexibilidad, resistencia al esfuerzo, al calor.

Colecta muestras de polímeros localizados a tu alrededor, como polietileno de una bolsa, polietileno de una botella de leche, poliestireno de un vaso térmico, plástico de una tapar rosca, el hule de un globo, envoltura de carnes.

#### Tipos de esfuerzo sobre un polímero:

Para unificar el significado acerca de los esfuerzos a los que sometemos a las muestras de polimeros se muestran las figuras propuestas por Cersonsky et al. (2017).



Después de anotar las observaciones, clasifica los polímeros elegidos, en; naturales o sintéticos, en elásticos o rígidos, en termoestables o no termoestables (el calor los afecta).

**Elabora el reporte de la actividad.**



### Clasificación de los polímeros. Primera aproximación

Se pueden clasificar de acuerdo a diversos criterios como:

- **Su origen:**  
*Naturales:* Caucho, polisacáridos (celulosa, almidón), proteínas, ácidos nucleicos...  
*Sintéticos:* Plásticos, fibras textiles sintéticas, poliuretano, baquelita...
- **Su composición. En general se clasifican en homopolímeros y copolímeros**  
*Homopolímeros:* Un sólo monómero.  
*Copolímeros:* Dos o más monómeros diferentes

Si ○ es un monómero y △ es un monómero diferente

Un homopolímero es ○○○○○○○○○○○

Un copolímero es ○△○△○△○△○△○△

- **Su estructura:**

Para simplificar se representan aquí las cadenas de monómeros mediante líneas

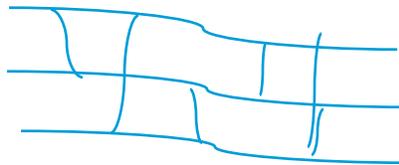
**Lineales:** Los monómeros se unen formando una sola cadena.



**Ramificados:** Se forman ramas a los lados la cadena principal.



**Reticulares:** Se forman enlaces entrecruzados entre cadenas.



- **Su comportamiento ante el calor:**

**Termoplásticos:** Se reblandecen al calentar y recuperan sus propiedades al enfriar. En caliente se reblandecen y suavizan por lo que se moldean en nuevas formas (son altamente reciclables). En general el polímero no contiene enlaces cruzados. El polietileno es un ejemplo.

**Elastómeros.** Se reblandecen y moldean en caliente, pero quedan rígidos al ser enfriados por formar nuevos enlaces y no pueden volver a ser moldeados. Contienen algunos enlaces cruzados y regresan a su forma original. El material de la goma para borrar, es un ejemplo.

**Termofijos:** Estos polímeros tienen muchos enlaces cruzados, por lo que son duros y brillantes. Cuando se calientan no se suavizan, pero se queman a temperaturas altas. Por esto, no se reciclan mediante su fusión, sino por otros métodos. Ejemplos de estos polímeros son; baquelita, melamina. Se usan en recubiertas de apagadores, de radios o aparatos telefónicos.

## Elasticidad. Explicación

La elasticidad es la capacidad de los polímeros para retomar su forma inicial después de haberse estirado. La flexibilidad de los polímeros se debe a los enlaces cruzados entre las cadenas. A mayor número de enlaces entre las moléculas, menos flexible es el polímero. Los enlaces intermoleculares no permiten el deslizamiento de las cadenas entre sí. La fuerza de estos enlaces también influye en la flexibilidad.

Los polímeros que son suaves y elásticos, pueden ser deformados y regresar a su estado original, como la goma, se llaman elastómeros. Otros polímeros como el polietileno, el que no regresa totalmente a su estado original después de ser estirado, se llaman plásticos y al calentarlos pueden ser manipulados para cambiar su forma, por lo que pueden ser reciclados. Los polímeros, a los que el calor tiene efecto sobre su elasticidad se llaman termoplásticos. Los polímeros a los que no afecta el calor son termofijos. Hay otro grupo de polímeros fuertes como el nylon que pueden formar hilos a los que se les denominan fibras.

## Ejercicios.

1 ¿Cómo varía la elasticidad de un polímero con el número de enlaces? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2 ¿Cómo cambia la elasticidad de un polímero con la fortaleza de los enlaces?

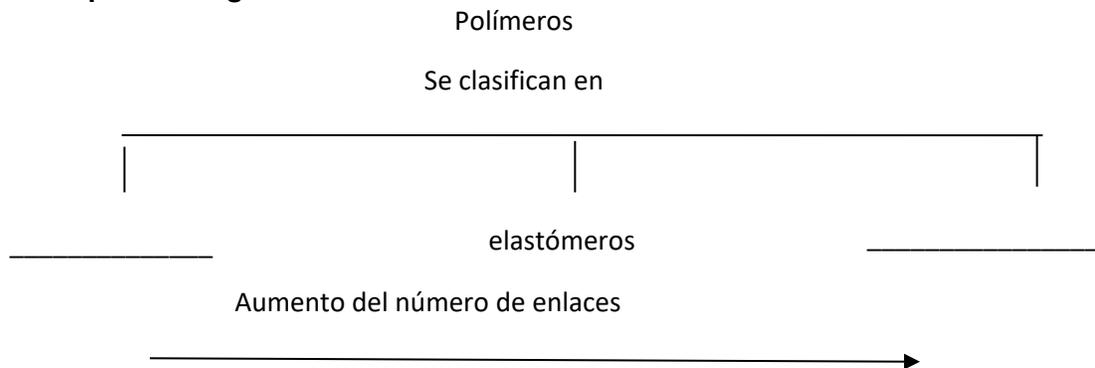
\_\_\_\_\_

3 ¿Cómo se explica que un polímero sea resistente al calor? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Ejercicios

### 1. Completa el organizador



2. ¿Cuál polímero tendrá mayor número de enlaces cruzados? El polímero con el que está hecho el teclado de una computadora o el de la botella de agua. Explica.

\_\_\_\_\_

3. ¿Cuál es la relación que hay entre la flexibilidad de los polímeros y los enlaces entrecruzados? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. De acuerdo a su comportamiento frente al calor, los polímeros se clasifican en: \_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es más fácil de reciclar un termoplástico o un termofijo? Explica

\_\_\_\_\_

- El método químico para su obtención:

*Por reacciones de adición. Los reactivos (monómeros) son principalmente alquenos*

*Por reacciones de condensación. Los reactivos son compuestos con grupos funcionales en sus extremos*

### **Propiedades de los polímeros en contraste con las características que tienen los compuestos no poliméricos**

Has aprendido que los compuestos químicos están formados por elementos, que se encuentran en proporciones definidas y cada molécula tiene una masa definida. Además, aprendiste que cada compuesto tiene un punto de fusión o una densidad y otras propiedades que caracterizan a cada compuesto.

En el caso de los polímeros no sucede así y un mismo polímero puede tener diferentes propiedades: **Masa molecular, punto de fusión y densidad de los polímeros.**

**Masa Molecular.** Los polímeros no tienen una masa molecular definida porque están constituidos por moléculas de diferente longitud, solo puede hablarse de una masa molecular promedio y de una longitud de cadena promedio.

**Punto de Fusión.** Los polímeros no tienen un punto de fusión definido y muchos de ellos se ablandan al aumentar la temperatura.

**Densidad.** La densidad de un polímero puede cambiar y por ejemplo existir un polietileno de alta densidad o un polietileno de baja densidad.

### Ejercicios

¿En que contradicen estos planteamientos al concepto que has aprendido de un compuesto? Señala al menos una contradicción.

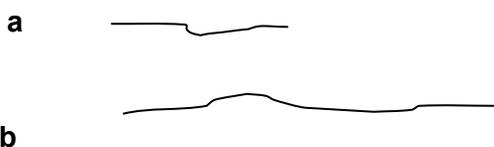
---

### Resistencia Mecánica, densidad, conductividad. Explicación. Representación nanoscópica

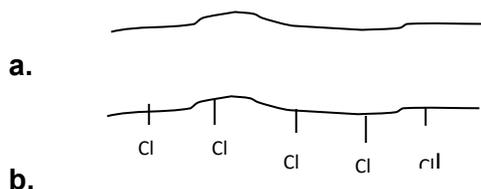
La resistencia de los polímeros a una fuerza mecánica depende del tamaño de la cadena y de los enlaces que las entrecruzan. Entre más largas, hay mayor resistencia. Otro factor que determina la resistencia mecánica, son las fuerzas intermoleculares. Cuando las cadenas tienen la misma longitud, la intensidad de los enlaces entre las cadenas, determina su resistencia. La polaridad de las fuerzas intermoleculares determina la fuerza de los enlaces. Por ejemplo, las poliamidas tienen sitios con dipolos que pueden formar enlaces de puente de hidrógeno por lo que pueden formar fibras muy fuertes.

### Ejercicios

1. Predice cual polialqueno **a** ó **b**, formados por las cadenas del tamaño relativo indicado, tendrá mayor resistencia mecánica.



2. Predice cuál de los polímeros **a** y **b** formados de cadenas de longitud similar, tendría mayor resistencia, si el polímero **a** es polietileno (polieteno) y el polímero **b** es de cloruro de polivinilo (cloruro de polieteno).



3. Si la cadena es de una poliamida la resistencia del polímero es mayor, explica a qué se debe esto, en términos de enlaces secundarios (intermoleculares).

---

**Densidad.** La disposición del empaquetamiento de cadenas que maximizan el contacto intermolecular, aumenta las fuerzas, generando mayor resistencia y mayor densidad del polímero. Las cadenas largas no ramificadas se alinean unas junto a otras generando regiones cristalinas (ordenadas), que permiten una mayor interacción entre las cadenas poliméricas. Las cadenas ramificadas no se acomodan fácilmente, por lo que forman materiales débiles y de poca densidad.

**Ejercicio.**

De acuerdo a esto, ¿cuál tendrá mayor densidad, un polietileno con cadenas largas, o un polietileno formado de cadenas cortas? \_\_\_\_\_

---

**Conductividad:** En general los polímeros son aislantes por tratarse de compuestos moleculares. Sin embargo, hay polímeros con dobles enlaces alternados que pueden conducir electricidad como los polímeros de adición de los alquinos.

**Ejercicios.**

1. Predice cuál polímero podría ser conductor, el formado por propeno, ó el formado por propino. Explica.

---

2. ¿Cómo varía la elasticidad de un polímero con el número de enlaces

---

3. ¿Cómo cambia la elasticidad de un polímero con la fortaleza de los enlaces?

---

4. ¿Cómo se explica que un polímero sea resistente al calor? \_\_\_\_\_

De acuerdo a esto, ¿cuál tendrá mayor densidad, un polietileno con cadenas largas, o un polietileno formado de cadenas cortas? \_\_\_\_\_

---

**Conductividad:** En general los polímeros son aislantes por tratarse de compuestos moleculares. Sin embargo, hay polímeros con dobles enlaces alternados que pueden conducir electricidad como los polímeros de adición de los alquinos.

### Ejercicios.

5. Predice cuál polímero podría ser conductor, el formado por propeno, ó el formado por propino. Explica.
- 

## Tema 2. ¿Cómo se sintetizan los polímeros?

### Temática.

#### Reacción de Polimerización por adición y por condensación

- Reactividad de los dobles y triples enlaces, y de los grupos funcionales. (N2)

#### Clasificación de polímeros

- Copolímeros y

- Homopolímeros. (N3)

#### Polimerización por condensación. (N2)

- Condiciones de reacción de los dos tipos de la polimerización.

### Aprendizajes.

**A4. (H, C)** Comprende que la reactividad de un monómero se debe a la presencia de enlaces dobles, triples o de los grupos funcionales, al reconocerlos en la estructura de diferentes polímeros naturales y sintéticos.

**A5. (C, H)** Distingue entre un homopolímero y un copolímero, al analizar las cadenas poliméricas que resultan de la reacción de polimerización por adición y por condensación. (N3)

**A6. (H, V)** Explica las diferencias entre la polimerización por adición y la polimerización por condensación, a partir de la obtención en el laboratorio, de diversos materiales poliméricos, para reconocer la importancia de las condiciones de reacción y valorar la importancia de la síntesis

### **Reacción de polimerización por adición**

**Este tipo de polimerización tiene las siguientes características generales:**

- La reacción en cadena ocurre rápidamente.
- Se requiere una cantidad mínima de un iniciador, compuesto muy reactivo, generalmente un peróxido.
- La reacción es exotérmica.
- Los productos de la polimerización tienen altos pesos moleculares. (entre 10,000 y 100,000,000 de umas)
- Generalmente se producen ramificaciones y enlaces cruzados entre las cadenas. Estos enlaces son covalentes.

### **Ejercicio**

**Completa los espacios en el siguiente párrafo**

En una polimerización por \_\_\_\_\_, la reacción en cadena ocurre \_\_\_\_\_. Se requiere una cantidad mínima de un \_\_\_\_\_, que es un compuesto muy reactivo, generalmente un \_\_\_\_\_. La reacción es \_\_\_\_\_.

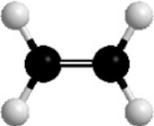
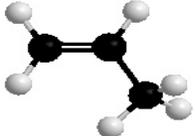
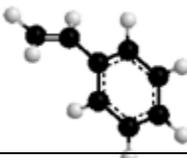
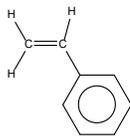
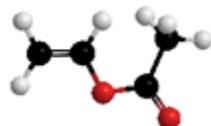
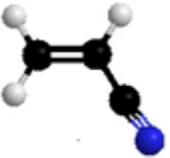
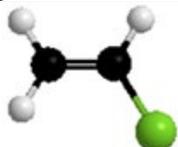
Los productos de la polimerización tienen altos \_\_\_\_\_, entre 10,000 y 100,000,000 \_\_\_\_\_. Generalmente se producen \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ entre las cadenas.

### **Polimerización por adición. Mecanismo de la reacción.**

Al formarse la cadena los monómeros se unen sin perder átomo alguno, por lo que la masa molecular del polímero es un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero. Los monómeros tienen instauraciones, dobles o triples enlaces que se rompen para obtener el polímero de enlaces sencillos.

Los monómeros que suelen utilizarse en el proceso de adición son: el etileno y otros monómeros, derivados del etileno sustituido. Estos formaran los llamados polímeros vinílicos en una reacción en cadena.

**Etileno (eteno), y compuestos derivados de este compuesto obtenidos al sustituir un hidrógeno.**

Nombre del monómero	Representación nanoscópica. Modelo de esferas	Representación simbólica. Fórmula desarrollada
Etileno		$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$
Propileno		$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{CH}_3 \end{array}$
Estireno		
Acetato de vinilo		$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ & &    \\ & & \text{O} \end{array}$
Común: Acrilo nitrilo		$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{CN} \end{array}$
Común: cloruro de vinilo		$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{Cl} \end{array}$

**Ejercicios:**

1. Dibuja en los recuadros, la representación nanoscópica y simbólica, común a todos los monómeros de la tabla anterior.

Representación Nanooscópica

Representación Simbólica

**Ejercicios:**

1. **Dibuja la representación simbólica del sustituyente de un átomo de hidrógeno en el etileno, de acuerdo al monómero solicitado.**

**Propileno.**

**Acetato de vinilo.**

**Acrilonitrilo.**

**Estireno.**

## Etapas paso a paso en la polimerización por adición.

### Primera etapa. Formación del radical libre.

#### El radical libre. Iniciador

Las reacciones de polimerización por adición requieren un iniciador, en este caso un radical libre, partícula muy reactiva, que generalmente proviene de un peróxido. Este compuesto contiene 2 oxígenos enlazados. La fórmula general es similar al agua oxigenada.

La fórmula del agua oxigenada es  $H_2O_2$ , en forma desarrollada,  $HO-OH$ , los dos átomos de oxígeno están unidos por dos electrones, uno de cada átomo:

En el agua oxigenada,  $HO-OH$ , como se ha visto, la línea en medio de los oxígenos representa a los dos electrones que comparten los dos átomos de oxígeno. La molécula es inestable y con facilidad se rompe por la mitad, cada parte se queda con uno de estos electrones. Estos son los dos radicales libres creados.  $HO\cdot$   $\cdot OH$ .

Normalmente se usan peróxidos de mayor tamaño, con una cadena de carbonos a cada lado de cada oxígeno. En general un peróxido se representa  $RO-OR$ , R es una cadena de átomos de carbono y al romperse el enlace entre los oxígenos se forman dos radicales libres iguales, cada uno se queda con uno de los electrones del enlace roto  $RO\cdot$  y  $\cdot OR$ , cada una de estas partes es un radical libre.

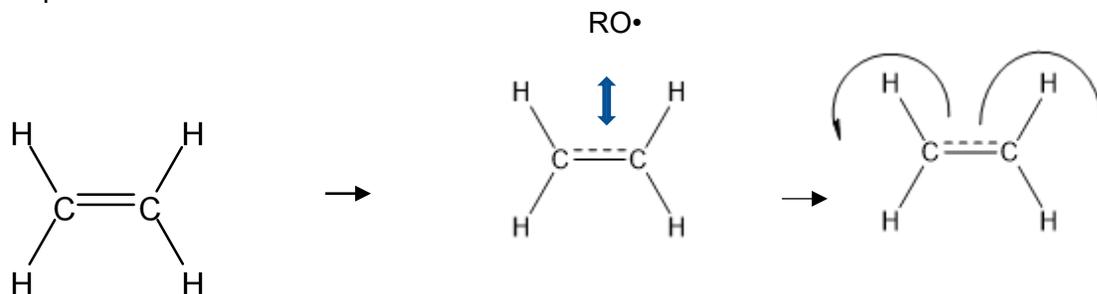
En cada radical hay un orbital con un solo electrón (desapareado) por lo que esta zona es muy reactiva. La atracción que este radical ejerce sobre los electrones del enlace más débil (el enlace  $\pi$ ) de un alqueno permite la separación de dos electrones provocando su ruptura. El enlace más fuerte (cada uno de estos electrones se queda con uno de los dos carbonos.

#### Ejercicios

1. ¿Cómo se forma un radical libre? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. ¿Qué tipo de sustancia se utiliza para generar un radical libre, útil para iniciar una polimerización por adición? \_\_\_\_\_
3. ¿Que representa la línea que une a los átomos de las moléculas? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. ¿Qué características tiene un radical libre? \_ \_ \_ \_ \_  
\_\_\_\_\_
5. Indica en cada caso, el concepto al que se refiere la descripción:
  - 5.1 Zona en la que se encuentra un electrón desapareado \_\_\_\_\_
  - 5.2 Partícula que contiene un electrón desapareado \_\_\_\_\_
  - 5.3 Sustancia que forma muy fácilmente radicales libres \_\_\_\_\_

## Segunda etapa. Propagación

Representación simbólica

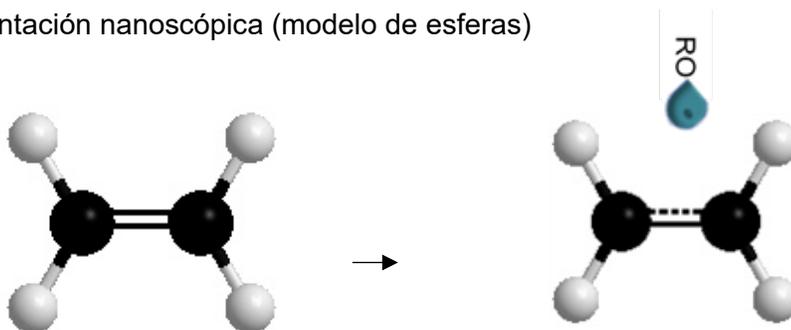


Eteno, con doble enlace, monómero del polietileno.

Uno de los enlaces es debilitado por la presencia del peróxido que ejerce atracción hacia los electrones que lo forman.

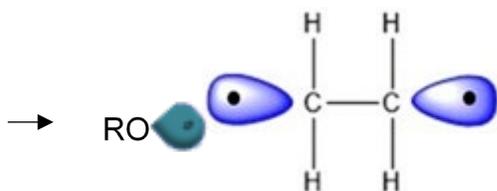
Los dos electrones que forman el enlace debilitado se dirigen hacia los átomos de carbono, donde forman un radical libre.

Representación nanoscópica (modelo de esferas)

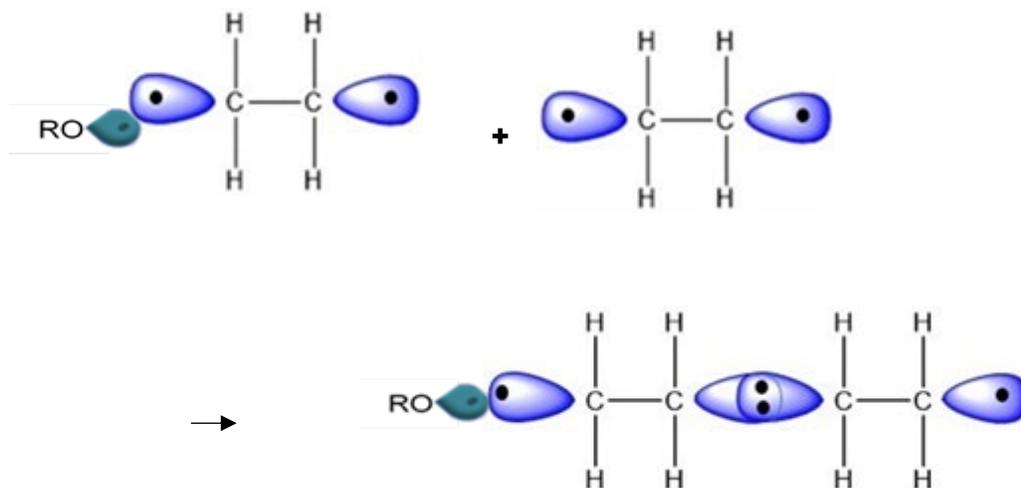


## Ejercicios.

1. Describe la representación simbólica del proceso.



La molécula se une a otra molécula por medio del traslape de su orbital semilleno con el orbital semilleno de la otra molécula, para formar el orbital molecular que une las dos moléculas. El enlace sucede cuando dos orbitales atómicos (uno de cada molécula) forman un orbital molecular en el que se comparten los dos electrones desapareados.

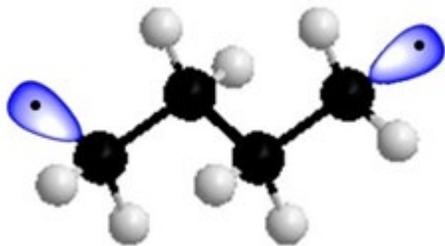


Estos radicales forman un dímero (dos monómeros unidos), al que le queda un electrón desapareado en un orbital atómico del carbono. Este orbital forma un orbital molecular con otro monómero y así sucesivamente, hasta formar un polímero con cientos de monómeros.

### Ejercicio.

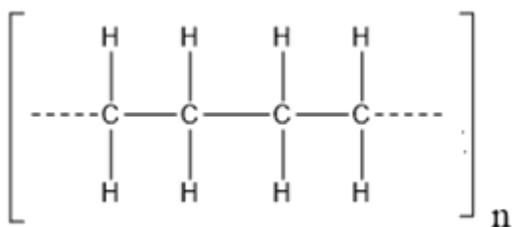
Predice y explica, hacia donde crece la cadena del polímero, hacia la derecha o hacia la izquierda.

El dímero se representa mejor mediante una línea en zigzag por la forma espacial de las moléculas en un alcano, que es tetraédrica.



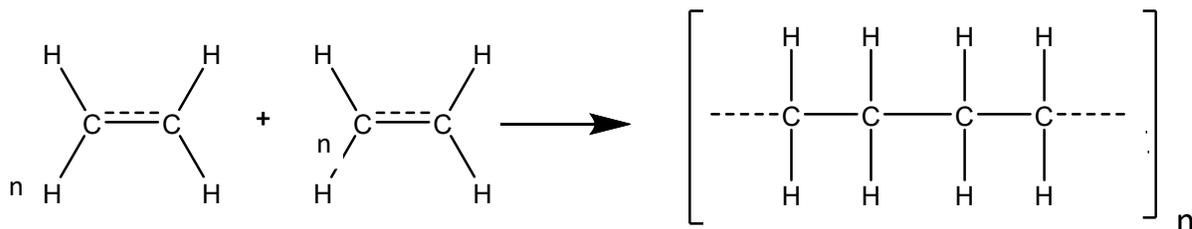
1. ¿Por qué es más adecuado representar la estructura del dímero en forma de líneas en zigzag? \_\_\_\_\_
2. ¿Que representa el punto negro en la figura ovalada sobre el átomo de carbono en el extremo de la molécula? \_\_\_\_\_

La representación simbólica del polímero es:



3. ¿Qué representan los corchetes a los lados de la fórmula desarrollada? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. ¿Que representa la letra *n* fuera del corchete?

La representación simbólica de la polimerización de *n* número de moléculas de etileno en estructura desarrollada:



**Ejercicio.**

¿Que indica la línea puntuada entre dos átomos de carbono?

\_\_\_\_\_

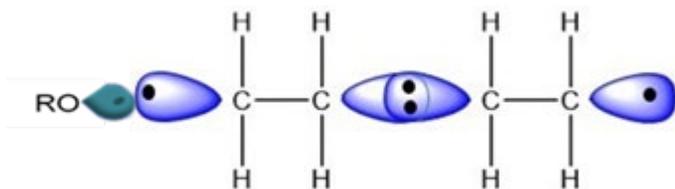
¿Qué indica la línea puntuada al final de la cadena de carbonos?

\_\_\_\_\_



Conexión. Pensamiento científico. Resolución de un problema al aplicar la teoría

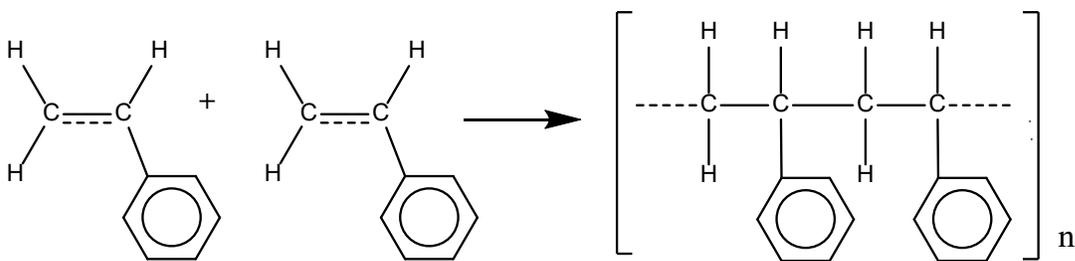
Considera que la polimerización avanza debido a que cada vez que se une un monómero, queda un orbital semilleno (queda un radical libre). ¿Que debe suceder para que la reacción termine, al no poderse unir otro monómero a la derecha de la figura?



Propuesta de solución:



Si se utiliza el monómero estireno, el proceso de polimerización puede abreviarse de la siguiente forma.

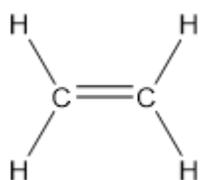


## Polímeros por adición de monómeros derivados del etileno

Los polímeros de adición más comunes, se obtienen al polimerizar monómeros derivados del etileno. Estos derivados se obtienen al sustituir un átomo de hidrógeno del etileno por otro grupo de átomos.

### Etileno

El etileno se polimeriza para producir el polietileno. Una de las representaciones utilizadas para los polímeros es la de esqueleto. En polímeros es especialmente útil esta representación porque abrevia las enormes y complejas estructuras moleculares de los polímeros.

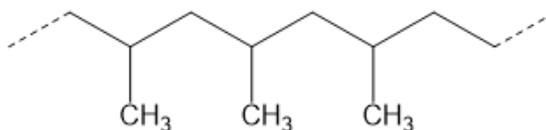
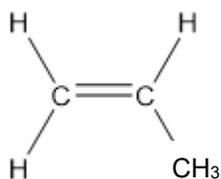


El polímero puede considerarse como un inmenso alcano (hidrocarburo). Debido a su alta masa molecular (30000 g/mol), es sólido. Por la baja diferencia de electronegatividad entre el átomo de H y el átomo de C, que lo forman la molécula es covalente no polar por lo que el polímero no se disuelve en agua y no conduce la corriente eléctrica. Si sus cadenas en su mayoría lineales (forman pocas ramas), el polietileno es de alta densidad. HDPE, flexible, maleable. El punto de fusión es 140° C.

El polietileno muy ramificado es de baja densidad LHPE, esto se debe a que las ramas impiden un buen acomodo de las líneas y el volumen es mayor que el HDPE, si se considera una misma masa.

### Propileno

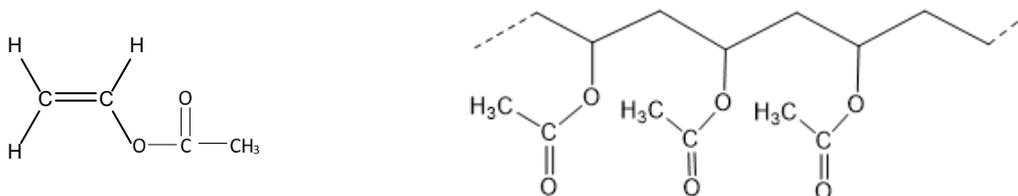
Si se sustituye el H, por el grupo  $-CH_3$ , el resultado es el monómero propileno y el polímero es el polipropileno.



El resultado es una enorme molécula hidrocarbonada, un alcano ramificado. Con propiedades parecidas al polietileno, pero más fuerte, debido a las ramas.

## Poliacetato de vinilo

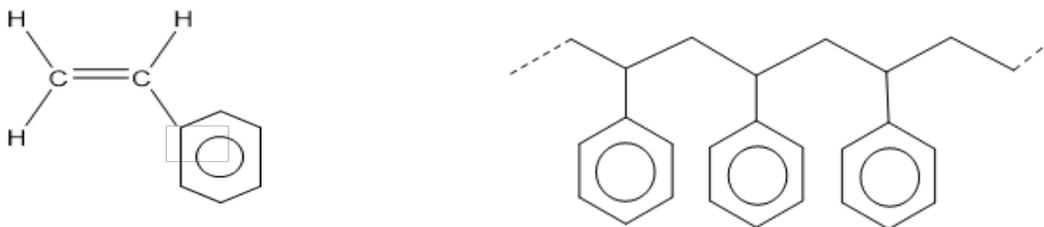
Si se sustituye el átomo de H, por el grupo acetato, se obtiene el monómero acetato de etileno y el polímero es el poliacetato de etileno o poliacetato de vinilo.



Este polímero es hidrofílico, esta propiedad se explica ya que como puede observarse, sus ramas contienen el grupo carbonilo del grupo acetato, el enlace  $\text{C}=\text{O}$ , constituye un dipolo permanente con una parcial de carga negativa sobre el O, y una parcial de carga positiva sobre el C, polos que atraen a las moléculas de agua. Se usa principalmente en la elaboración pinturas y lo encontramos comúnmente en el pegamento que usamos en papelería.

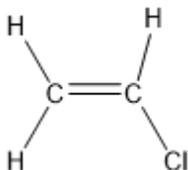
## Poliestireno

Si se sustituye el átomo de H por el benceno, grupo fenilo, el producto es el estireno y su polimerización da como resultado al poliestireno. Es un termoplástico, hidrofóbico, transparente, ligero, brillante, propiedades que se explican porque las cadenas encuentran ordenadas. Si las ramas están en desorden el producto se torna opaco y quebradizo.



## Cloruro de polivinilo, PVC

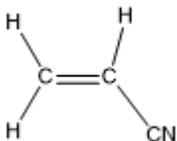
La sustitución de un H por un Cl produce cloruro de vinilo y su polimerización da como resultado el policloruro de vinilo conocido como PVC. Es un polímero fuerte, durable, resistente al clima y al agua. Sustituto del hierro y cobre en plomería, tubos de alcantarilla, desagües.



**Ejercicio 1.** Dibuja en forma de esqueleto, el segmento del polímero resultante.

## Poliacrilonitrilo. PAN

Si el grupo  $C\equiv N$ , sustituye al H en el etileno, se obtiene el acrilonitrilo y de su polimerización se obtiene el poliacrilonitrilo. PAN, fibra orlón. Este polímero se usa en textiles para sustituir a la lana (una poliamida), generalmente solo en parte, se prefiere la mezcla de los dos polímeros el natural y el sintético. Otro destino importante para el acrilonitrilo es su participación en la síntesis de la fibra de carbón, importante en la industria aeronáutica y espacial. La fibra de carbón contiene una parte pequeña de PAN.



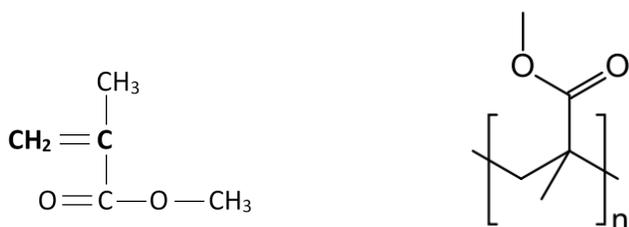
**Ejercicio2.** Dibuja, en forma de esqueleto, el segmento del polímero resultante.

## Polimetil metacrilato. PMMA.

Polímero resistente, durable, transparente, termoplástico. Por su transparencia y ligereza, sustituye al vidrio. En el mercado se la conoce como plexiglás o acrílico. Compite favorablemente con otros polímeros transparentes y resistentes como el poliestireno, los policarbonatos o los derivados de silicato por su resistencia a la intemperie, al rayado. Se usa en cobertizo, en ventanas para aviones. Su cristalinidad a pesar de la complejidad del monómero se explica por la uniformidad que adquieren las cadenas poliméricas. Sus propiedades permiten utilizarlo en prótesis Oseas. Es hidrofílico pero el proceso de fabricación adecuado permite que el acrílico permanezca seco. Su resistencia puede explicarse por los múltiples enlaces intermoleculares que pueden formarse entre las cadenas. \*En la sección dedicada al incremento de la fortaleza en los polímeros se trata este tema.

### El monómero es el metacrilato de metilo

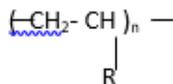
El termino acrílico proviene del ácido acrílico de fórmula  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ , el acrilato es un éster producido de la reacción de este ácido con el alcohol metílico



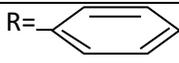
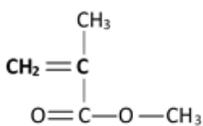
**Ejercicio:** Une con líneas ambas representaciones, la fórmula desarrollada y la de esqueleto: con línea azul, la correspondencia entre el grupo etileno (vinil), con línea roja la rama metil y con línea amarilla al grupo éster.

### Ejercicio

Llena la tabla que se refiere a:



**Tabla. Monómeros, polímeros y usos de polímeros de adición basados en la estructura etilénica (vinilica), de formula simbólica:**

Estructura con el cambio de R	Nombre del polímero	Propiedades	Explicación.
R=H		1. de alta densidad, _____ 2. de baja densidad, hidrofóbico, aislante Reciclable	1. Cadenas lineales, ordenadas, ocupan menos volumen. 2. _____
_____	Polipropileno	Similar al polietileno, pero con mayor rigidez y más resistente al calor	Cadenas ramificadas ordenadas, mayor resistencia y dureza
R= 	_____		Cadenas que pueden estar ordenadas; (es brillante) mayor densidad, cristalino, o en desorden (es opaco), menor PE.
R= Cl	_____ (PVC)	Fuerte, durable, resistente al clima y al agua	
	Poliacrilo nitrilo (PAN)	Como fibra sustituye a la lana. Se usa en cortinas, alfombras. Interviene en el proceso de fabricación de la fibra de carbón, en la que constituye un componente mínimo.	
			Abundantes ramas explican su ligereza (baja densidad) y los enlaces intermoleculares entre sus cadenas explican su fortaleza. A pesar de las ramas, su transparencia es evidencia de una estructura ordenada.

## Copolímeros de adición más comunes

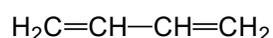
### Etileno- propileno, llamado también etileno-propileno-dieno, EPDM.

La adición del monómero propileno, en la polimerización del etileno dio lugar a un copolímero, un elastómero muy resistente al ambiente y al esfuerzo. Se usa en láminas impermeabilizantes, en mangueras, selladores. La polimerización de estos dos monómeros produce cadenas carbonadas resistentes a los ácidos y bases.

### Goma de estireno- butadieno, SBR

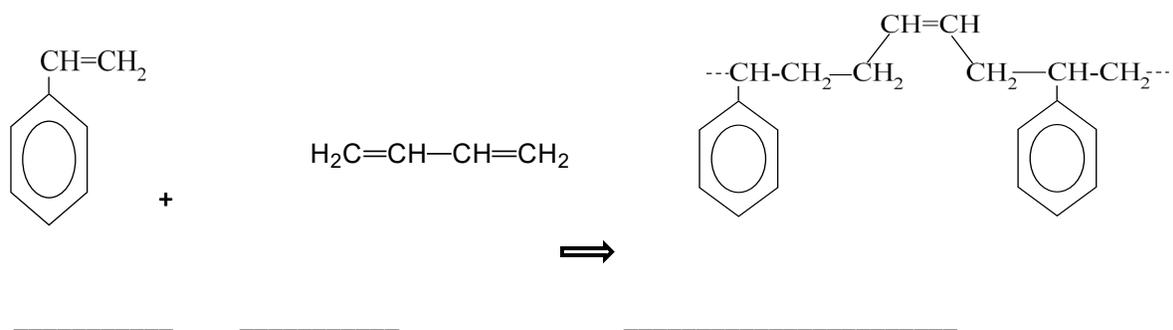
\*(R por goma en inglés)

Como se señaló, el poliestireno es un polímero con excelentes propiedades, sin embargo, estas mejoran si en la elaboración del polímero participan dos monómeros diferentes; uno de ellos es el poliestireno y el otro es el butadieno de fórmula:



Obsérvese que el butadieno tiene dos dobles enlaces, uno en cada extremo de la molécula, condición necesaria para la polimerización.

**Ejercicio. Coloca los nombres de reactivos y producto.**



### Acrilonitrilo- butadieno-estireno, ABS

Este polímero es resistente y durable. Aparatos en el hogar como; lavadoras, refrigeradores, estufas, secadoras, están hechas con este copolímero. Las superficies que contienen ABS, y sufren una tensión, regresan a su forma original cuando se retira tal fuerza. A esta propiedad se debe su uso en la industria automotriz, en superficies de muebles.



La polimerización por condensación sucede cuando los monómeros poseen varios grupos funcionales en su molécula, generalmente en los extremos de una cadena de carbono. Generalmente, en la condensación de dos moléculas chicas, se produce una de mayor tamaño y una molécula pequeña, como el agua, el HCl, CO<sub>2</sub>, o CH<sub>3</sub>OH.

1. HO-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-OH
2. H<sub>2</sub>N - CH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub> - COOH
3. HOOC--CH<sub>2</sub>-COOH
4. H<sub>2</sub>N--CH<sub>2</sub>--CH<sub>2</sub> -NH<sub>2</sub>,

**Ejercicio:** Indica el o los grupos funcionales que podrían participar en una reacción de condensación, en cada uno de los 4 puntos.

- 1.
- 2.
- 3.

Aunque existen diversos procesos de condensación aquí se analizarán solo que llevan a la formación de los poliésteres, las poliamidas y poliuretanos

### **Poliésteres.**

Proceso de polimerización por condensación.

Se ha estudiado que un grupo hidroxilo puede reaccionar con un grupo carboxilo para formar un grupo éster y el desprendimiento de una molécula de agua.

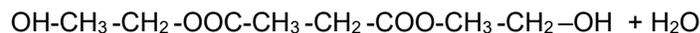
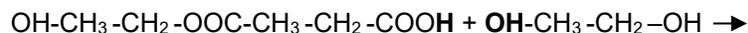
### **Ejemplo del proceso de condensación**

Si se unen dos moléculas de etilenglicol y dos de ácido succínico

Iniciemos con una molécula de cada reactivo. El OH del polirol se une al H del ácido para producir una molécula de agua, el resto de las dos moléculas forma el grupo éster.

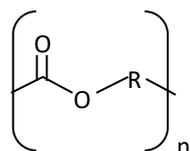
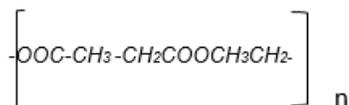


Obsérvese que el éster resultante tiene un grupo hidroxilo y un carboxilo en sus extremos por lo cual el éster sigue teniendo dos grupos muy reactivos en sus extremos a los que pueden seguirse uniendo los monómeros iniciales.



El diéster producido ahora tiene dos grupos hidroxilo en sus extremos, cualquiera de ellos puede combinarse con un carboxilo del monómero ácido succínico. Al formarse este tercer éster, que tendrá en sus extremos un grupo hidroxilo y un grupo carboxilo, se pueden combinar con cualquiera de los dos monómeros. Así hasta formar un polímero con cientos de monómeros.

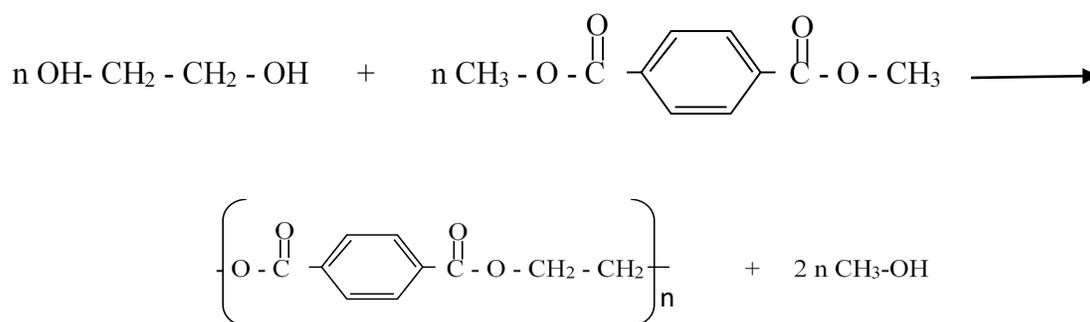
La representación abreviada del polímero es:



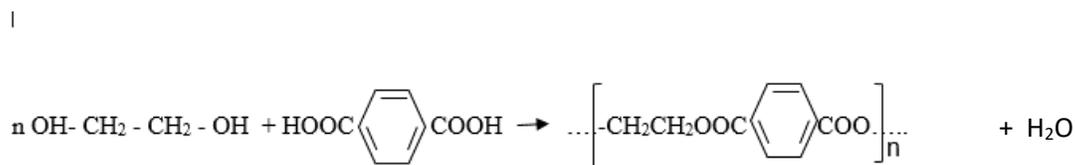
Fórmula general de un poliéster. R representa una cadena de hidrocarburo, lineal o cíclico.

### Poliétilen tereftalato. PET.

Otro proceso es la formación de polietilen-tereftalato a partir de etilenglicol y metiltereftalato con la liberación de alcohol metílico.



La producción del polietilen-tereftalato PET, se logra, también, si se utiliza ácido tereftálico en lugar de etilen tereftalato, la diferencia es la molécula pequeña que se desprende, que en este caso es agua y no alcohol metílico



### Ejercicio

¿Cuál diferencia observas en las dos reacciones? respecto a:

los reactivos \_\_\_\_\_

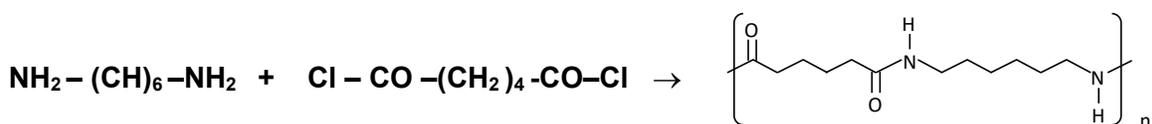
los productos \_\_\_\_\_

## Poliamidas

En el caso de las poliamidas, en lugar de la formación del grupo éster, se forma el grupo amida, a partir de un grupo carboxilo y un grupo amina. La poliamida sintética más conocida es el nylon. El grupo amida también es típico de las poliamidas como el kevlar.

### Nylon 6,6.

El Nylon 6,6 es el polímero que revolucionó los textiles y con ello el desarrollo de los polímeros. Para la producción del nylon se utilizan como monómeros, el ácido adípico y la 1,6 diamino hexano



1,6 diamino hexano      Acido adípico

Nylon 6,6

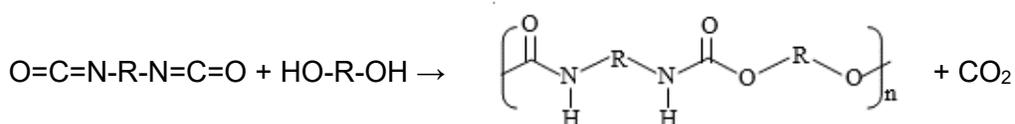
Este polímero forma fibras flexibles y resistentes, que han sustituido a fibras naturales como la seda, a la lana, al lino, todas insuficientes y caras. Las mezclas de fibras naturales y sintéticas han generado telas con mejores características y más económicas.

### Poliaramidas

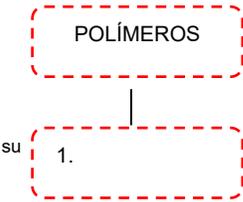
**La diferencia entre las poliamidas y las poliaramidas es el grupo benceno (grupo arilo) de estas últimas. El grupo fenilo o arilo, proporcionan mayor resistencia, ligereza**

### Poliuretanos

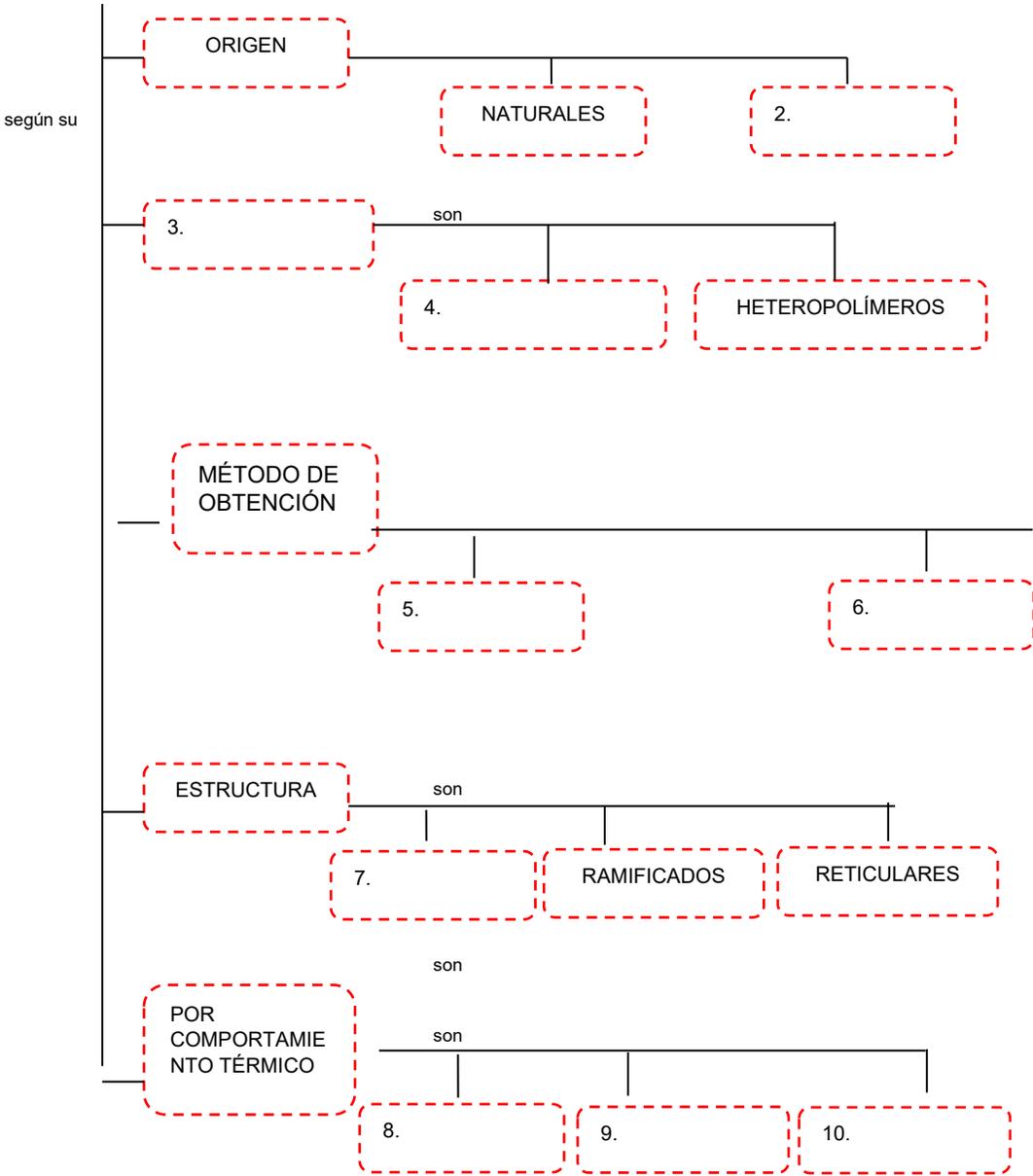
Un poliuretano se forma con la condensación de un isocianato, que contiene el grupo  $-\text{N}=\text{CO}-$ , con un grupo hidroxilo,  $-\text{OH}$ ; una amina  $-\text{NH}-$ ; o un tiol,  $-\text{SH}$ . En la condensación se desprende el gas  $\text{CO}_2$ , el que se aprovecha, en ocasiones, para producir espuma de poliuretano.



Completa el organizador



**Clasificación de los polímeros**



### Tema 3 ¿Cómo se logra mayor resistencia en los polímeros?

- Enlaces intermoleculares y propiedades de polímeros
- Fuerzas intermoleculares: (N3)

- Puente de hidrógeno.
- Dipolo–dipolo. - Dipolo inducido–dipolo inducido.

- Relación enlaces intermoleculares

- Enlace peptídico

- Enlace glucosídico

- Propiedades: (N3)

- Resistencia mecánica y al calor.

- Plasticidad.

- Flexibilidad.

- Permeabilidad al agua.

#### Aprendizajes

**A7. (C, H).** Comprende que las fuerzas inter e intramoleculares modifican las propiedades de un polímero, al observar las propiedades de éstos en un experimento. (N3)

**A8. (C, H).** Reconoce la importancia de las uniones covalentes en los polímeros en general y los enlaces peptídico y glucosídico al analizar fragmentos de cadenas poliméricas en proteínas y

### Relación estructura propiedades de los polímeros con base en las interacciones de las cadenas

---

#### Conexión con aprendizajes previos

Al inicio de la unidad se aprendió que las propiedades de los polímeros pueden cambiar de acuerdo al número de ramas que tengan las cadenas. La presencia de ramas evita un buen empaquetamiento de las cadenas poliméricas y como consecuencia, el polímero tendrá una baja densidad.

Las ramas dificultan la interacción entre las macromoléculas por lo que los puntos de fusión y ebullición serán menores. Como se estableció también, no existe una longitud estrictamente definida de un polímero por lo que, propiedades como la masa molecular se expresa en términos de masa molecular promedio.

Las cadenas poliméricas se enrollan, como hilos de estambre, y en algunas partes de la madeja pueden adquirir algún orden, pero en otras zonas, las cadenas pueden estar muy

enredadas y presentar resistencia a desenmarañarse. Las zonas más ordenadas, cristalinas presentarán transparencia y brillo, mientras que las zonas desordenadas serán opacas.

Además de las ramas, el orden o la longitud de cadena, las propiedades de los polímeros dependen de los enlaces intermoleculares y de la fuerza de estos mismos enlaces, los que se describen a continuación:

### **Enlaces covalentes e interatómicos, entre las cadenas**

Entre las cadenas pueden generarse enlaces covalentes entre átomos de dos cadenas. *Este es el más fuerte de los enlaces que existen entre las cadenas poliméricas*

### **Enlaces intermoleculares**

Cuando la zona de una cadena interacciona con la zona de otra cadena y en estos espacios existen:

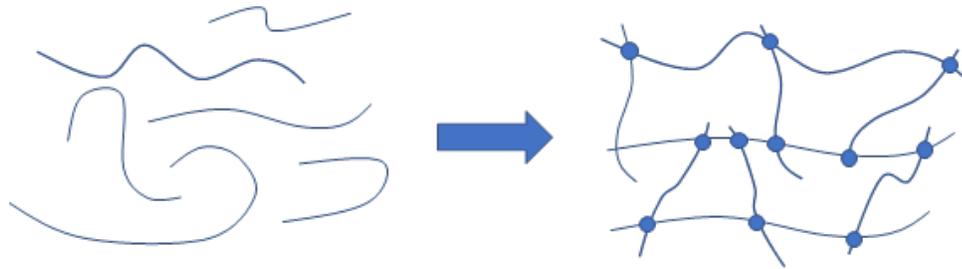
- **dipolos instantáneos.** En polímeros con cadenas hidrocarbonadas solo hay átomos de hidrógeno y carbono, por lo que, únicamente, se producen dipolos instantáneos. Al acercarse a otra cadena con este tipo de dipolos, se atraen, formándose enlaces dipolo instantáneo-dipolo instantáneo. Este es el enlace intermolecular más débil.
- **dipolos permanentes.** En polímeros en los que existen dipolos permanentes debido a la presencia de oxígeno, nitrógeno, cloro o azufre. Estos se atraen formándose un enlace dipolo –dipolo. Estos enlaces son más fuertes
- **dipolos permanentes que pueden formar puente de hidrógeno.** En cadenas poliméricas en las que existen los enlaces: S-H, O-H, N-H, los constituyen dipolos permanentes, pero además con un átomo de hidrógeno, el que forma el enlace *puente de hidrógeno* entre las cadenas, el más fuerte de estos enlaces.



## Los enlaces entre las cadenas poliméricas y el incremento de resistencia

La formación de enlaces entre cadenas da como resultado una mayor resistencia a los polímeros. Esto se debe a que se forman polímeros reticulares.

En la siguiente figura se ilustra el proceso de reticulado debido a la formación de enlaces entre las cadenas. Los enlaces se señalan con los puntos. El polímero reticulado es menos flexible, más resistente.



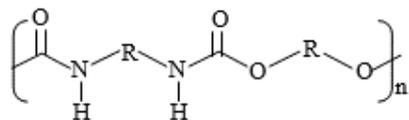
Los enlaces que se forman entre las cadenas pueden ser; covalente (entre átomos) o intermoleculares como; enlace dipolo permanente-dipolo permanente, enlace dipolo instantáneo-dipolo instantáneo y enlace puente de hidrógeno.

### Ejercicio

1. Ordena de mayor a menor fuerza, los enlaces entre las cadenas poliméricas; enlace dipolo permanente-dipolo permanente, enlace dipolo instantáneo-dipolo instantáneo, enlace covalente, enlace puente de hidrógeno.

\_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_

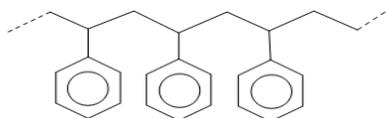
2. ¿Indica de acuerdo al contenido de la cadena, el tipo de enlace entre cadenas que se formaría? enlace dipolo permanente-dipolo permanente, enlace dipolo instantáneo-dipolo instantáneo, enlace covalente, enlace puente de hidrógeno



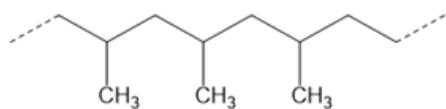
2.1



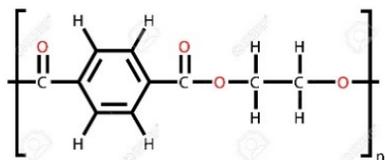
2.2



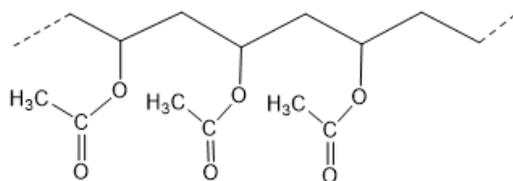
2.3



2.4

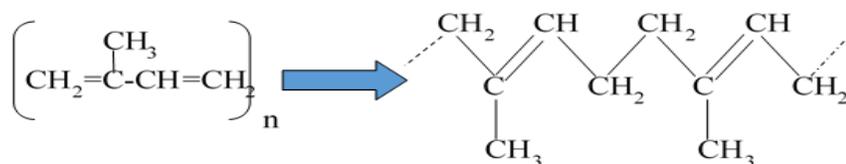


2.5



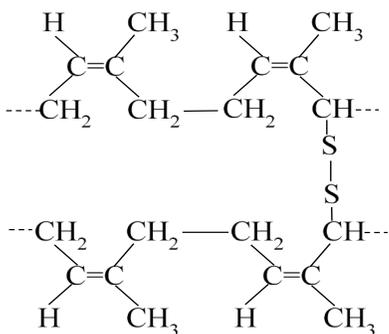
## Vulcanizado del caucho natural. Enlaces covalentes entre las cadenas

El caucho natural es el polímero formado por el monómero 2-metil-1,3-butadieno, de nombre común isopreno y el polímero se nombra poliisopreno. Se obtiene del látex, una emulsión pegajosa extraída de varios árboles tropicales. El mayor uso de este material fue la elaboración de llantas. Más tarde, se descubrió que al calentar al caucho con azufre sus propiedades mejoraron, a este proceso se le llama vulcanizado.



Isopreno

Caucho natural. Poliisopreno



Caucho vulcanizado. Los enlaces C-S-S-C, covalentes (interatómicos), proporcionan mejores propiedades al caucho y es más económico, sin embargo, la búsqueda de mejores polímeros para la fabricación de llantas llevó a la fabricación del caucho estireno-butadieno visto ya.

### Ejercicio.

Después de analizar la información, llena los espacios

#### Vulcanizado.

El caucho natural tiene baja elasticidad y se ablanda fácilmente con el calentamiento. El caucho vulcanizado tiene mayor elasticidad, no se ablanda tan fácilmente y es más resistente. Esto se debe a que, en el vulcanizado, los átomos de azufre forman enlaces covalentes cruzados entre las cadenas de poliisopreno, llamados puentes de azufre. Produciéndose una malla rígida tridimensional, el caucho es entonces un elastómero. *El elastómero* es un material que regresa a su forma inicial después de haberse estirado. Los entrecruzamientos entre la malla rígida hacen que el polímero resista el estiramiento. A concentraciones más altas de azufre, se produce un material más duro denominado ebonita.

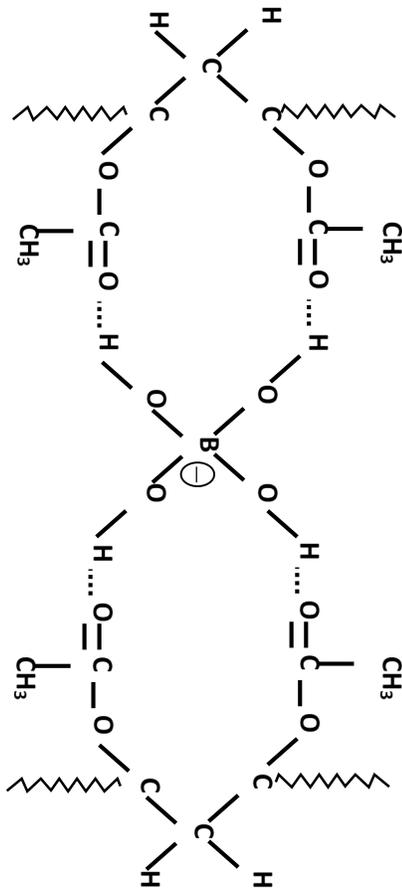
En el vulcanizado se forman enlaces \_\_\_\_\_ entre \_\_\_\_\_ conocidos como \_\_\_\_\_. El resultado es una \_\_\_\_\_ que confiere elasticidad al caucho. La ebonita, un material duro se produce cuando \_\_\_\_\_ de azufre, lo que permite suponer que se formaron más \_\_\_\_\_ en la red polimérica.

## Enlaces puente de hidrógeno entre cadenas poliméricas

La formación de enlaces intermoleculares puede ser impulsado por la adición de alguna sustancia. El acetato de vinilo es un ejemplo de la generación de enlaces intermoleculares, favorecido por una sustancia agregada

, en este caso el bórax.

Cuando se agrega bórax  $\text{Na}^+(\text{B}(\text{OH})_4)^-$  al acetato de polivinilo (pegamento blanco), interacciona con el polímero. Analiza la estructura que resulta y describe las interacciones.



En esta figura, se pueden observar las dos cadenas del acetato de vinilo, una en la parte superior y la otra en la parte inferior de la figura. Las dos cadenas se prolongan hacia la izquierda y hacia la derecha.

El modelo indica que, al agregar bórax en estado sólido, a una muestra de pegamento, hay posibilidad de que cada uno de los grupos  $4 \text{OH}$  del bórax, sea atraído por el dipolo permanente del grupo carbonilo,  $\text{C}=\text{O}$ , de los acetatos, (dos grupos adyacentes de cada cadena).

En este caso el grupo  $\text{OH}$ , es un dipolo permanente que contiene  $\text{H}$ , por lo cual forma enlace de hidrógeno.

El bórax es entonces, una sustancia ajena a las cadenas poliméricas, pero al interactuar con estas, permite la formación de enlaces entrecruzados.

---

Conexión con el pensamiento científico. La práctica de la ciencia

Realiza, o bien, observa en video el experimento que permite tener evidencia de la formación de enlaces entrecruzados en el acetato de vinilo. (pegamento blanco)

Recuerda incluir en tu informe: el objetivo, la hipótesis, el procedimiento, la conclusión. También incluye una T de Observación /Explicación.

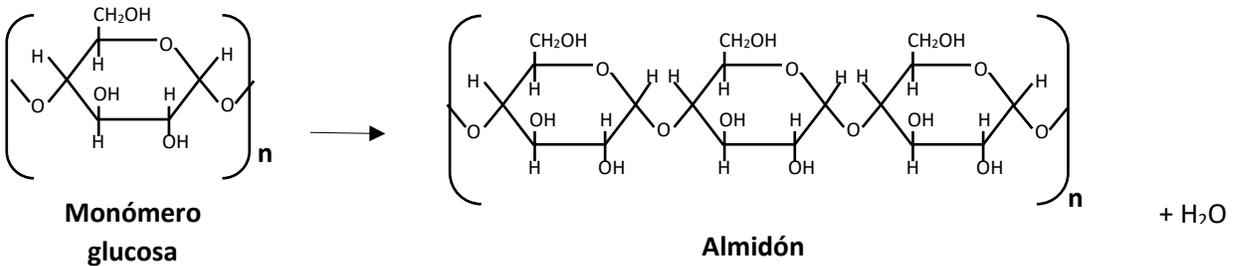
---

### Los carbohidratos y los enlaces intermoleculares

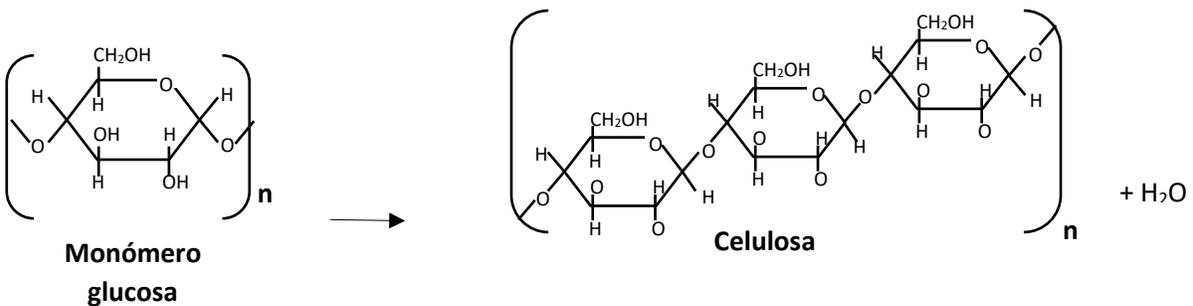
Los carbohidratos como el almidón, la celulosa, y otras fibras, son los primeros polímeros naturales conocidos y utilizados por las personas. Las fibras con las que se elaboraron las telas de los primeros pobladores, son el algodón, el henequén, el lino.

El monómero del que están hechos estos polímeros es la glucosa.

Si se unen  $n$  número de moléculas de glucosa se pueden formar tres polímeros (polisacáridos); almidón, celulosa o glucógeno.

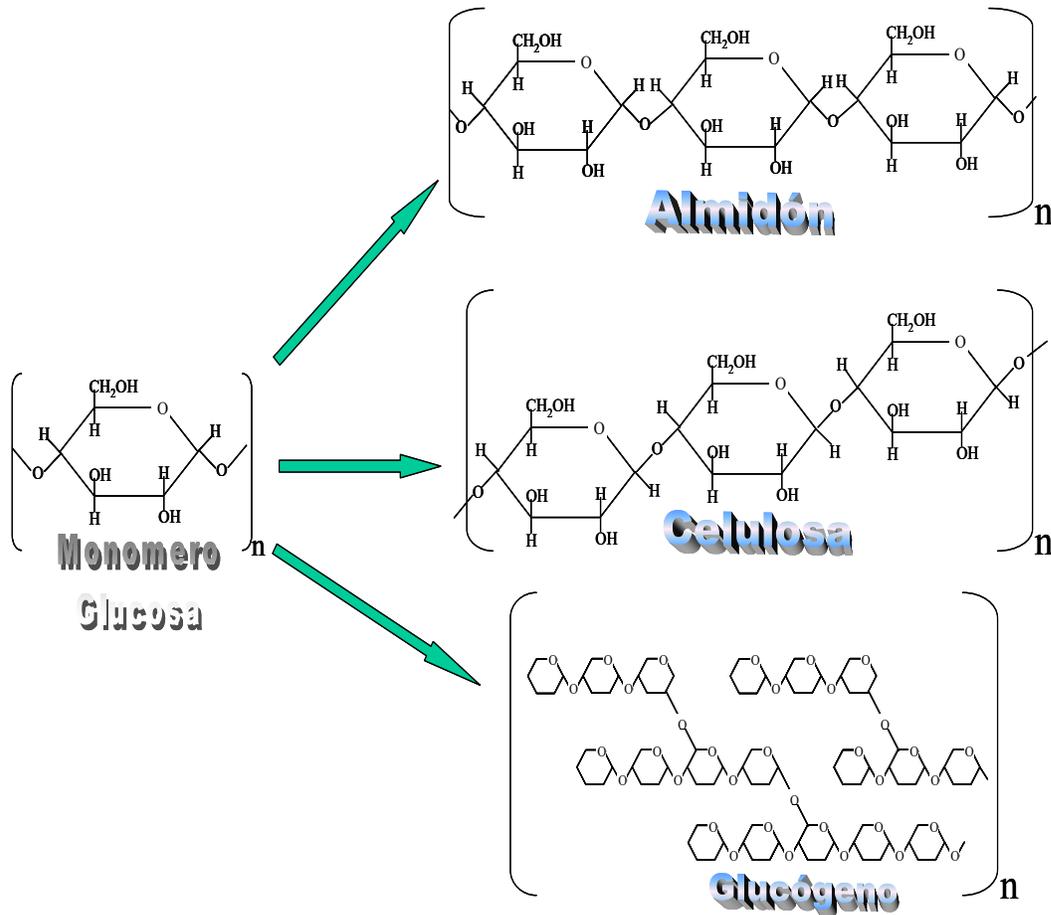


En la formación del almidón se pierde agua en cada unión de glucosas y se forma un grupo éter, (enlace glucosídico). Los enlaces C-O forman un ángulo en el almidón.



En la celulosa, los enlaces C-O del enlace glucosídico son lineales.

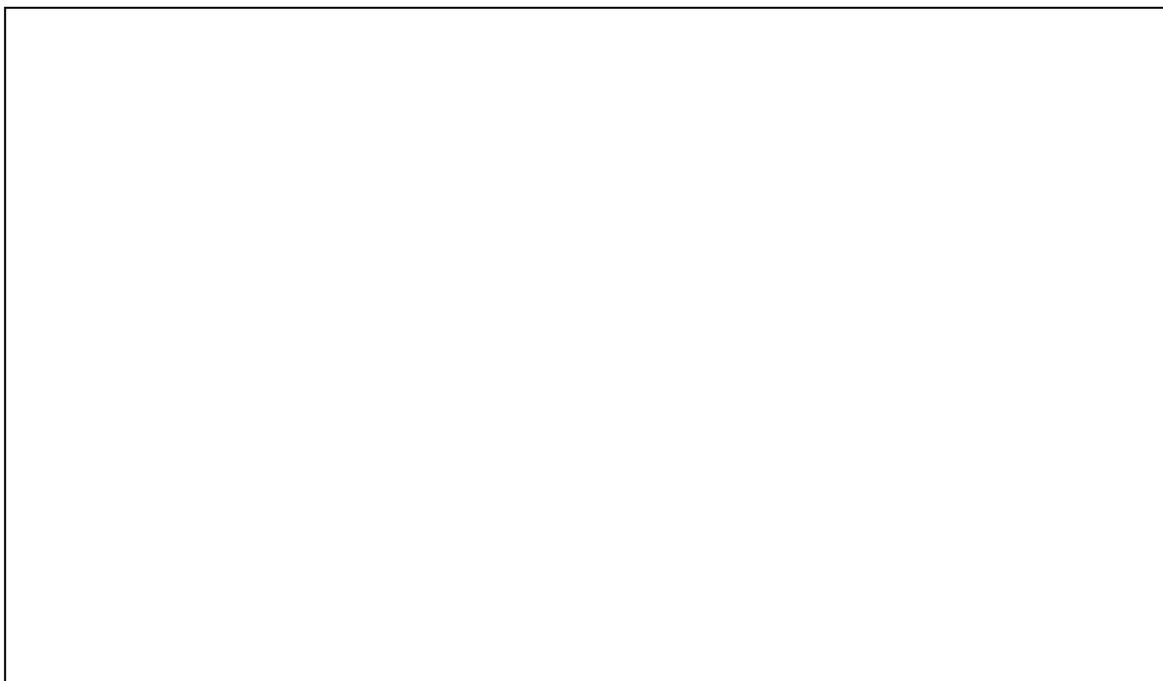
**En el glucógeno sin embargo se pueden formar enlaces glucosídicos cruzados y obtenerse un polímero reticulado:**



**Los enlaces entre los monómeros, glucosas son covalentes, en los 3 casos.**

### **Ejercicio**

Describe las diferencias entre los 3 polímeros formados por la monómera glucosa.



### **Las Proteínas y los enlaces intermoleculares**

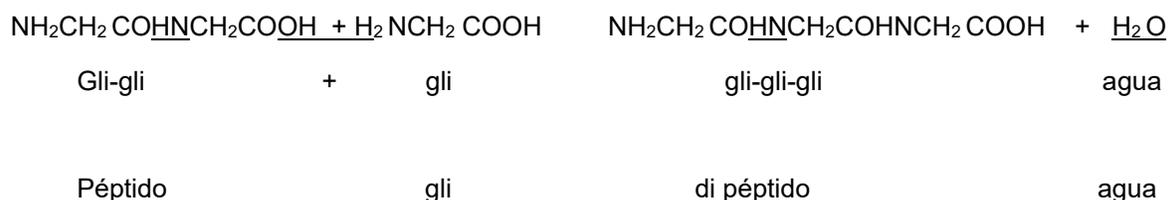
La formación de enlaces intermoleculares entre las moléculas de una poliamida formada de aminoácidos como en una proteína, se puede inferir de la existencia de estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas.

---

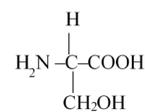
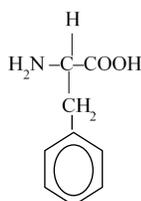
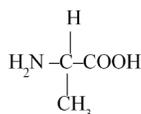
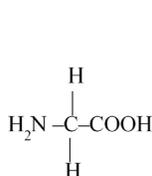
#### **Conexión. Conocimientos previos**

Recordemos del curso de Química 2, que las proteínas se conforman de la condensación de los aminoácidos esenciales.

La molécula más sencilla de los aminoácidos es la de la glicina y se toma como ejemplo para recordar cómo se unen mediante una reacción de condensación, en una cadena para formar una proteína.



En este breve recordatorio se presentan algunos de los más simples, recuerda que se les abrevia con las letras con las que inicia su nombre.



Glicina (gli)

Alanina (ala)

Fenilalanina (fen)

Serina (ser)

Obsérvese que los grupos que se condensan son la amina y el grupo carboxilo, y siempre están al lado de un átomo de carbono, en todos los aminoácidos, el grupo que los diferencia es el que sustituye a uno de los átomos de hidrógeno. En la cadena que formen este grupo diferencial queda como rama. La cadena siempre tendrá una secuencia con los mismos átomos:



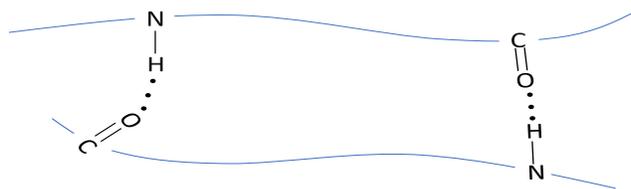
Uno de estos hidrógenos en negritas es el que cambia en la cadena proteica.

## Ejercicios

1. ¿Cuáles son los monómeros que forman las cadenas poliméricas de las proteínas?  
\_\_\_\_\_
2. ¿Cómo se forman las estructuras secundarias de una proteína? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Qué tipo de reacción química da origen a las poliamidas y poliaramidas?

### Formación de enlaces intermoleculares en poliamidas y aramidas

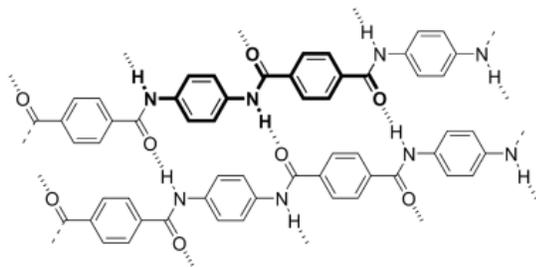
Si se considera que la cadena polimérica de una proteína es flexible similar a un hilo, se puede inferir que se doble, que dé vuelta, que se enrede y haya zonas en las que se encuentren los grupos amida de la misma cadena o de otras. Al estar cerca estos grupos amida, habrá atracciones entre ellos.



Esta figura ilustra la formación de puentes de hidrógeno entre cadenas o en la misma cadena doblada. La cadena o cadenas pueden ser de una amida como el nylon, una proteína, o una aramida como el kevlar.

### Kevlar. Una aramida

El Kevlar es una poliamida por contener grupos amida, formados por la condensación de grupos amina con grupos carboxilo. Sin embargo, se le ha dedicado un término especial, "aramida", por contener un grupo benceno, arilo, fenilo. Tiene propiedades tan valiosas que se utiliza en la fabricación de naves espaciales, de chalecos antibalas por sus propiedades como una alta resistencia al calor y la electricidad, alta resistencia a la tracción y gran estabilidad. Su estructura es la siguiente:

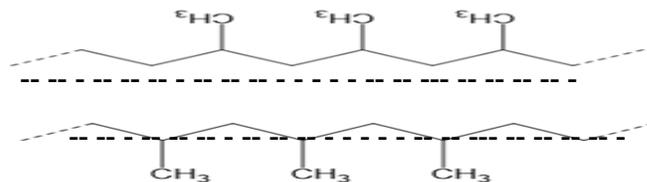


### Ejercicio:

1. ¿A qué se debe que el kevlar se clasifique como aramida? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. ¿Qué tipo de enlace se forma entre las cadenas poliméricas del kevlar? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Infiere cuales son los monómero que forman el polímero kevlar? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Enlaces dipolo instantáneo-dipolo instantáneo

Estas interacciones entre cadenas son las más débiles de los enlaces intermoleculares. Se originan en el movimiento incesante de los electrones.



Las dos cadenas son hidrocarbonadas, están formadas por carbono e hidrógeno, con electronegatividades similares  $C=2.5$  y  $H=2.1$ . Por lo que la macromolécula no tiene dipolos permanentes. Pero los electrones de los átomos de carbono e hidrógeno están en constante movimiento generando en un determinado momento pequeños polos negativos y positivos, llamados dipolos instantáneos. Son estos dipolos los que mantienen unidas las cadenas de las cadenas que no tienen dipolos permanentes.

### Ejercicio.

1. ¿A qué se debe que las interacciones; dipolo instantáneo-dipolo instantáneo, son los más débiles de los enlaces intermoleculares?

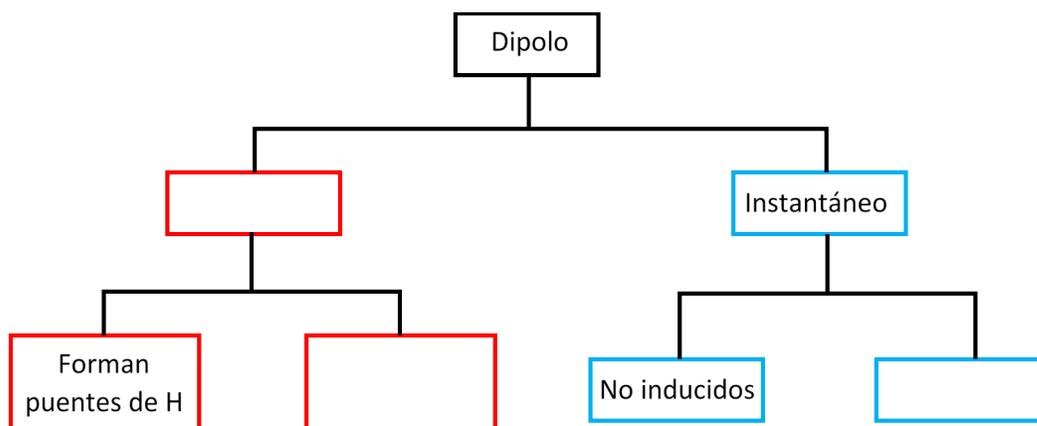
---

---

2. Escribe en la línea el término correcto, elige entre: dipolo instantáneo no inducido, dipolo permanente, dipolo instantáneo inducido,
  - 2.1 Sucede en un enlace entre átomos con diferencia de electronegatividad alta \_\_\_\_\_
  - 2.2 Se debe solo al movimiento de electrones en una molécula \_\_\_\_\_
  - 2.3 Sucede en una molécula y se debe a la influencia de una partícula diferente a la molécula \_\_\_\_\_

### 3. Ejercicio de integración

Llena el organizador con los términos: inducido, no se forman puentes de hidrógeno, permanente.



4. Señala un ejemplo de dipolo instantáneo inducido, de dipolo permanente, dipolo permanente sin formar puentes de hidrógeno.

#### **Tema 4 ¿Cómo impacta a la sociedad el desarrollo de nuevos materiales?**

##### **Materiales poliméricos del futuro**

- Nuevos materiales poliméricos. (N2)
- Polímeros naturales modificados, materiales con memoria,
- Materiales inteligentes, nano materiales, grafeno y superconductores, polímeros biodegradables.
- Identificación de materiales poliméricos por su código

##### **Métodos para el reciclado de polímeros con base en su tipo y composición.**

##### **Aprendizajes**

**A9. (H, V)** Comunica de forma oral y escrita sus investigaciones, respecto a las aplicaciones y al impacto social de los nuevos materiales poliméricos, para valorar las contribuciones de la química a la sociedad. (N2)

**A10. (H, V)** Argumenta la necesidad de hacer un uso responsable de los materiales poliméricos sintéticos, al indagar en fuentes documentales su código de identificación y los métodos de reciclaje. (N2).

#### **Impacto de la elaboración y uso de los polímeros en el ambiente**

Conscientes del impacto negativo de los polímeros en el ambiente, los científicos dedicados a remediar la contaminación por polímeros, ha propuesto varios mecanismos a seguir por la sociedad y una de las primeras acciones fue establecer un código de reciclaje para los polímeros de uso común.

### Código de reciclaje para los 6 principales desechos de polímeros

En los procesos de reciclado es importante contar con los polímeros separados. En la primera etapa los polímeros se funden. Si no hay una separación previa, la calidad de los productos será baja. Para asegurar una buena separación en todo el proceso de recolección se propuso el uso de un código para los 6 principales polímeros que se desechan cotidianamente. En la siguiente tabla se presentan, el nombre, código y uso de estos polímeros.

Nombre del polímero	Código de reciclaje	Uso de los polímeros
Polietilen tereftalato PET	 PET	Bebidas, cuerdas, tapetes, cubiertas de casetes, y computadoras.
Polietileno de alta densidad	 HDPE	Envases de leche, botellas de detergentes, plástico imitación madera, muebles de jardín, macetas, botes de basura, señales.
Cloruro de polivinilo	 PVC	Botellas de aceite de cocina, tuberías para drenaje, mobiliario institucional, tarjetas de crédito,
Polietileno de baja densidad	 LDPE	Bolsas, botellas para pegamentos, películas para envolver, tapas de botellas.
Polipropileno	 PP	Envases para yogurt, baterías para autos, equipo de laboratorio.
1. Poliestireno	 PS	2. vasos desechables, juguetes, señales para tráfico, contenedores y aislantes.

### Ejercicios

1. ¿Con que fin se reciclan los polímeros? \_\_\_\_\_

2. ¿Que se gana al informar a la sociedad el código de reciclado de los polímeros?

---

---

### **Reciclar, remodelar, reformular.**

#### **Re moldear**

La mayoría de los desechos poliméricos no se degradan aun enterrados. Se reciclan algunos poliésteres y poliamidas, debido a sus propiedades plásticas, es decir se funden y se vuelven a moldear.

#### **Descomponer y re formular**

Otro tipo de procedimiento es descomponerlos, una vez separados. Hay dos posibilidades de descomposición:

- Una es descomponer en los monómeros del polímero y reformular el nuevo polímero.
- Otra es descomponer el polímero en diversas moléculas pequeñas para usarse en otros procesos petroquímicos, no necesariamente en la fabricación de polímeros.

#### **Diseñar polímeros degradables**

Recientemente, se están diseñando polímeros degradables mediante dos procesos: uno mediante microorganismos y el otro mediante la radiación solar.

- Diseñar polímeros que puedan ser degradados por microorganismos.
- Diseño de polímeros que contengan en su estructura un grupo sensible a una parte de la luz solar.

#### **Actividad. Investigación documental**

En equipo realizar una investigación sobre cualquiera de estos procedimientos. Hacer el reporte.

### **Nuevos materiales poliméricos**

En este breve estudio de los polímeros, hemos tratado los primeros polímeros desarrollados y que se consideran representativos. Todos, con moléculas formadas de átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre.

Sin embargo, existen polímeros inorgánicos, algunos contienen metales, otros orgánicos con grupos funcionales no tratados aquí.

Día a día se descubren nuevos polímeros con propiedades extraordinarias

Día a día se descubren nuevos polímeros con propiedades extraordinarias. Algunos ejemplos son:

- Fibras y nanotubos de carbono, utilizados en materiales de construcción, catalizadores, abrasivos.
- Polímeros derivados de silicio. Por sus propiedades como fluidez y menor conductividad a bajas temperaturas, o baja atracción entre sus cadenas, son propiedades que permiten usarlos como intercambiadores de calor y termostatos a temperaturas bajas.
- Otros polímeros de silicio se utilizan como membranas que permiten el paso de oxígeno, pero no de agua. Este polímero junto con una capa de cartílago de tiburón y colágeno de bovino se usan como piel artificial en medicina regenerativa. Partes de oreja o nariz se elaboran con este material.
- Otro conjunto de polímeros son los semiconductores.
- Recientemente, se ha reportado investigaciones sobre el uso de polímeros que se reparan al interior de las células. Este tipo de polímeros pueden ser usados también en la reparación de equipo en satélites.
- En regeneración de estructuras como cartílagos se emplean también polímeros en forma de hidrogeles.
- Por estos días se publican investigaciones sobre polímeros que imitan los mecanismos de defensa en las células humanas, contra infecciones como herpes o enfermedades respiratorias incluido el SARS-CoV-2
- **Actividad grupal**  
Realiza en forma individual o grupal una investigación documental en relación con polímeros de nueva generación.

## REFERENCIAS

### Para alumnos

- Atkins, J. (2009). Principios de química. Los caminos del descubrimiento. México: Editorial Médica Panamericana.
- Burns, R. (2011). Fundamentos de química. 5ª edición. México: Pearson Educación.
- Chang, R. (2010). Fundamentos de química. México: McGraw–Hill Interamericana Editores.
- Dingrando, L., Gregg, K., Hainen, N. y Wistrom, C. (2010). Química: materia y cambio. Colombia: McGraw–Hill Interamericana editores.
- Moore, S. (2000). El mundo de la química. Conceptos y aplicaciones. México: Addison Wesley.
- Phillips, J., Strozak, V. (2012). Química. Conceptos y aplicaciones. México: McGraw–Hill Interamericana Editores.
- Spencer, J., Bodner, G., Rickard, L. (2000). Química estructura y dinámica. México: cecsa.
- Timberlake, K. (2013). Química general, orgánica y biológica. México: Pearson Educación de México.

## Básica para profesores y consultadas

- Burton, G., Holman J., Lazomby J., Pilling G., Gaddington D. (2000). *Salter's Advanced Chemistry. Chemical Ideas*. London. Heinemann.
- Burton, G., Holman J., Lazomby J., Pilling G., Gaddington D. (2000). *Salter's Advanced Chemistry. Chemical Storylines*. London. Heinemann.
- Cersonsky R., Foster N., Taeyong A., Hall Ryan., van der Laan H. & Scott Timothy. (2017). Augmenting Primary and Secondary Education with Polymer Science and Engineering. *Journal of Chemical Education*. 94. 1639-1646.
- IMP. (2005). *La transformación del Petróleo*. Biblioteca Visual del Petróleo. Ciudad de México. Programa Editorial Litoral.
- Jenkins, Kessel, H., Tompkins, D. y Lantz, O. (2009). *Chemistry*. Nelson, Canada: International Thomson Publishing Company.
- Kotz. J., Treichel, P., Weaver, G. (2008). *Química y reactividad química*. México: cengage Learning.
- Morrison, R. y Boyd, R. (2000). *Química orgánica*. México: Addison Wesley Longman.
- Najer, A., Blight, J., Ducker C., Gasbarri M., Brown C., Che J., Hogset H., Saunders C., Ojansivu M. (2021). Potent, Virustatic Poly-Lipid Nanomimics Block Viral Entry and Inhibit Malaria Parasites In Vivo. <http://doi.org/10.1021/acscentsci.1c01368>.
- Silberberg, Martin S. (2009). *Chemistry. The Molecular Nature of Matter and Change*. New York McGraw-Hill.