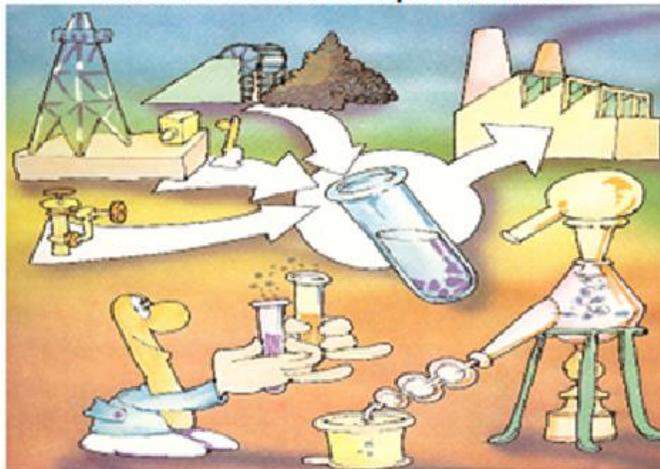




## Área de Ciencias Experimentales



### GUÍA PARA EL PROFESOR DE QUÍMICA IV

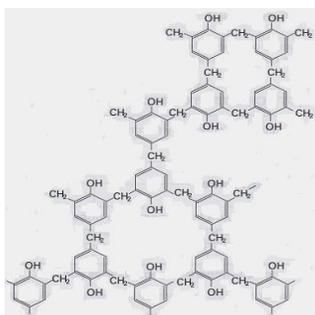
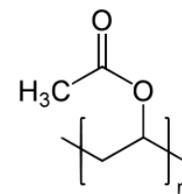
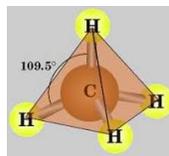
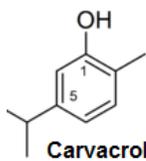
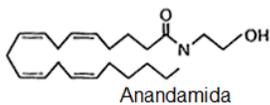
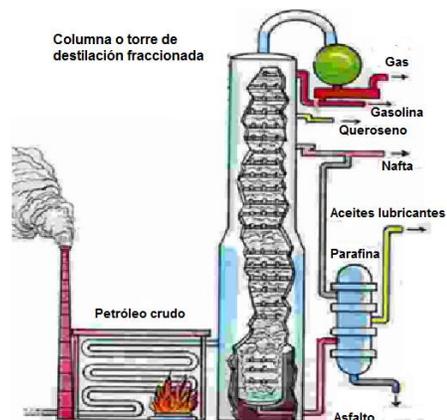
Álvarez Herrera Francisco

Álvarez Hernández Isaías

Aguirre Yuh Elizabeth Dinorah

Dzul Aranda Verónica Elizabeth

Dzul Aranda José Manuel



18 de septiembre de 2020

## Introducción

**El presente material para el curso de Química IV**, considerado como un recurso didáctico, se ha elaborado con las siguientes finalidades: como guía del aprendizaje para proporcionar información, como ejemplo o simulador de la realidad, para incentivar y despertar interés, como espacio de expresión entre las más destacadas. Cabe aclarar que el presente material nunca suplirá todo el proceso educativo, es un sostén, un apoyo para facilitar algunas de las etapas necesarias del aprendizaje, desde la atención y comprensión de lo que se desea aprender de Química hasta su aplicación en la realidad. **En este sentido la selección que el profesor de Química IV** realice a partir de este material para su planeación de clase, o secuencia didáctica dependerá de la etapa del proceso, del nivel de complejidad o tipo de aprendizaje.

**Este recurso didáctico para Química IV** aporta actividades y estrategias variadas que pueden apoyar diversos temas y adaptarse a distintas edades y tipos de destinatarios para facilitar el aprendizaje, la comprensión, la asimilación, la memorización o la recapitulación de los contenidos, por lo que constituyen una alternativa práctica y efectiva para la familiarización de textos o nuevos conocimientos. Es importante establecer que no es el recurso el que tiene el valor didáctico, **sino los usos o planteamientos que de este material elaboren los profesores de Química IV**.

El contenido de las dos unidades es amplio con actividades experimentales o de laboratorio, cuestionarios incluidos para el estudiante y se sugiere **“Ejercicios de cálculo químico”**, con la finalidad de que los estudiantes también adquieran habilidad y destreza así como la comprensión gradual en la resolución de problemas. El término **COMENTARIO** hace referencia a saber más sobre diversos acontecimientos históricos, científicos, tecnológicos y culturales como un eslabón informativo de novedad para reforzar las temáticas de las dos unidades del programa. Sugerimos videos de you tube y páginas de internet para reforzar secuencias o estrategias y lograr los aprendizajes correspondientes con eficacia.

Este material de apoyo que **puede usar el profesor de Química IV** para impartir el curso con sus estudiantes, es el recurso didáctico que facilita la comunicación entre el profesor y los estudiantes o los estudiantes con sus pares, o entre estudiante y su medio. Por lo tanto, la interacción será más eficaz si el estudiante elabora o selecciona el recurso didáctico para su aprendizaje real y duradero.

Se recomienda que el profesor estimule en sus estudiantes una actitud crítica ante el curso **de Química IV**, y una interrelación que les permita evaluar y reflexionar sobre el contenido, y así detectar sus aciertos y sus fallas. Por último, es fundamental que él fomente entre ellos la adquisición de la cultura científica como un reto que les brindará magníficos frutos para el resto de su vida.

**No busco evitarle a nadie el trabajo de pensar**

Ludwing Wittgenstein

## Índice general de contenidos

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

<b>Presentación</b>	<b>15</b>
Propósitos	
<b>Estrategia 1</b>	<b>19</b>
<b>I. ¿Por qué es importante el petróleo?</b>	<b>19</b>
Exploración y explotación del petróleo crudo	21
De las entrañas de la Tierra	22
Productos derivados del petróleo	23
Nuevo término; <b>Petroquímica</b>	24
<b>Cuestionario No. 1</b>	<b>25</b>
<b>Estrategia 2</b>	
<b>II. ¿Qué es el petróleo y cómo se separan sus componentes?</b>	<b>26</b>
El petróleo como una mezcla	
Clasificación de los tipos de petróleo crudo	
<b>Actividad experimental No.1</b>	<b>27</b>
Características de los diferentes tipos de petróleo crudo	29
Nuevo término; volatilidad	29
<b>Cuestionario No. 2</b>	<b>29</b>
Separación de los componentes del petróleo crudo	30
Destilación fraccionada	32
<b>Concepto clave;</b> el punto de ebullición	33
<b>Cuestionario No. 3</b>	<b>34</b>
<b>Actividad experimental No. 2</b>	<b>34</b>
Destilación fraccionada de una mezcla binaria homogénea	
Relación entre el punto de ebullición y el número de átomos de carbono	37
<b>Cuestionario No. 4</b>	<b>38</b>
<b>Estrategia 3</b>	
<b>III. ¿Cómo se clasifican y representan los petroquímicos básicos</b>	<b>40</b>

Los petroquímicos básicos	41
<b>Actividad experimental No. 3</b>	
Obtención del etileno en el laboratorio	43
Tecnologías para la producción de óxido de etileno, usos y aplicaciones	44
La síntesis industrial del óxido de etileno y del etilenglicol	
El propileno	47
El óxido de propeno	48
La obtención industrial de la glicerina	49
<b>COMENTARIO</b>	
La reacción de metátesis	52
Butilenos	52
Reactividad de los butilenos	53
Síntesis del MTBE y del ter-butanol	55
Cadenas productivas de la industria petroquímica	
<b>Cuestionario No. 5</b>	55
<b>Estrategia 4</b>	56
IV. <b>¿Por qué existe una gran cantidad de compuestos del carbono?</b>	58
Características del átomo de carbono	58
<b>Actividad experimental No. 4</b>	59
Tintas invisibles	60
<b>COMENTARIO: la vitamina C</b>	60
Capacidad de combinación del átomo de carbono	60
El carbono tetravalente	61
Carbono: su forma tetraédrica	62
El carbono y su concatenación	63
<b>Concepto clave; concatenación</b>	64
Enlaces sencillos, dobles y triples	65

<b>Propiedades periódicas</b>	67
Distribución electrónica, radio atómico, electrones de valencia. Concepto clave; radio covalente. Afinidad electrónica, electronegatividad, energía de enlace.	67
<b>Concepto clave;</b> radio covalente	68
<b>Cuestionario No. 6</b>	72
El modelo mecánico ondulatorio	72
Concepto de orbital	74
Principio de exclusión de Pauli	75
Configuración electrónica con el llenado de orbitales	77
<b>Cuestionario No. 7</b>	80
Enlace covalente	81
Utilidad de los valores de electronegatividad para predecir la polaridad	82
Teoría de enlace de valencia	83
Orbitales moleculares, hibridación de orbitales	84
Formas geométricas de las moléculas orgánicas	85
La estereoquímica de la molécula de metano	87
<b>Concepto clave;</b> hibridación $sp^3$	88
Forma trigonal, hibridación $sp^2$	89
Forma lineal, hibridación $sp$	91
<b>Conceptos clave;</b> enlaces pi y sigma	93
<b>Cuestionario No. 8</b>	95
Modelo de repulsión del par electrónico del nivel de valencia (RPENV)	96
Predicción de geometrías moleculares	99
Efecto de los electrones no enlazantes y de los enlaces múltiples sobre los ángulos de enlace	101
<b>Concepto clave;</b> resonancia	103
Número de direcciones y forma geométrica de las moléculas	103

<b>Cuestionario No. 9</b>	106
Reactividad química de los hidrocarburos saturados, no saturados y aromáticos	
	108
<b>Actividad experimental No. 5</b>	109
Reactividad	
Isomería estructural, de cadena, de posición y de función	113
<b>Cuestionario No. 10</b>	116
<b>Actividad experimental No. 6</b>	
Isomería	117
Isómeros geométricos	
Cis-trans retinal y en ácidos grasos	118
Propiedades de isómeros estructurales y geométricos	121
<b>Conceptos básicos de la geometría molecular;</b> carbono asimétrico, tautómeros y formas meso	122
<b>Cuestionario No. 11</b>	124
<b>Estrategia 5</b>	
<b>¿Por qué son diferentes las propiedades físicas de los hidrocarburos?</b>	126
V.	
Falta de polaridad de los alcanos	126
Moléculas polares y no polares	126
<b>Cuestionario No. 12</b>	128
Fuerzas intermoleculares de Van der Waals	129
Fuerzas de Van der Waals en los cambios físicos	130
Fuerzas dipolo	132
Las fuerzas de dispersión de London en no polares	133
Las fuerzas de dispersión de London en la naturaleza	134
Propiedades físicas de los alcanos no ramificados	135
Propiedades físicas de los alquenos	136
Propiedades físicas de los alquinos	137
Experimento de materiales superhidrófobos	138
<b>Actividad experimental No. 7</b>	140
Polaridad de las moléculas	

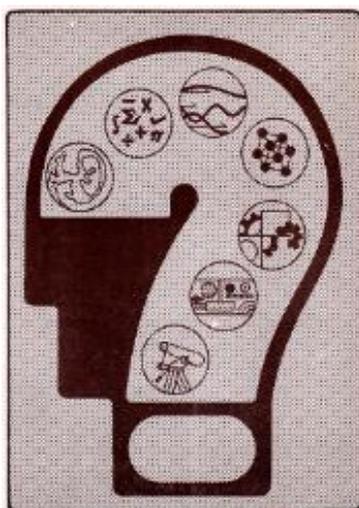
	<b>Cuestionario No. 13</b>	141
	<b>Estrategia 6</b>	
VI.	<b>¿Qué hace la química para obtener un hidrocarburo a partir de otro?</b>	142
	Reactividad del doble y triple enlace	142
	Los carbocationes	143
	Protonación del propeno	143
	<b>Concepto clave;</b> regla de Markovnikov	144
	Las reacciones de los hidrocarburos	144
	Reacciones de eliminación, adición, hidrogenación de alquinos	144
	Pirolisis	145
	Síntesis de alquinos	147
	Cadena productiva para obtener el acetileno	148
		150
	<b>Actividad experimental No. 8</b>	150
	Obtención de acetileno	
	Reacciones de adición nucleofílica	151
	Adición electrofílica de los alquenos	151
	Reacciones de eliminación en cicloalcanos	153
	<b>Cuestionario No. 14</b>	154
VII.	<b>Estrategia 7</b>	
	<b>¿Cómo cambian las propiedades de los compuestos orgánicos por la presencia de átomos de oxígeno o de halógenos?</b>	
	Comparación de propiedades con oxígeno, cloro y bromo derivados del n-butano	156
	Halogenuros	
	Halogenuros y sus reacciones con alquenos y etanol	158
	Reacciones de sustitución en halogenación de alcanos	160

	Analogía y diferencia entre la halogenación del benceno y del propeno	161
	Propiedades de los halogenuros de alquilo	161
	<b>Actividad experimental No. 9</b>	162
	Bromación del licopeno	
	Nomenclatura para los haloalcanos	164
	Nomenclatura para los alcoholes	165
	<b>Cuestionario No. 15</b>	168
VIII.	<b>Estrategia 8</b>	
	<b>¿Cómo se lleva a cabo los procesos de oxidación de los hidrocarburos</b>	171
	Oxidación de hidrocarburos	171
	Reacciones orgánicas de óxido-reducción	172
	<b>Obtención de aldehídos, cetonas, alcoholes y ácidos</b>	173
	Síntesis del etilen-glicol y de 1, 2 propanodiol	174
	Ozonólisis	
	Oxidación de alcoholes	175
	<b>Actividad experimental No. 10</b>	176
	El alcoholímetro	
	Nomenclatura de los aldehídos y cetonas	177
	Nomenclatura de los ácidos	178
	Oxidación y combustión	180
	La dirección de una reacción química	181
	<b>Actividad experimental No. 11</b>	181
	Combustión de un compuesto orgánico	
	<b>Cuestionario No. 16</b>	182
	Compuestos orgánicos oxigenados	184
	Reactividad de los alcoholes	185
	Reactividad de los aldehídos y cetonas	185
	Reactividad de los ácidos orgánicos	187
	<b>Concepto clave; grupos funcionales</b>	187
	<b>Cuestionario No. 17</b>	188
IX.	<b>Estrategia 9</b>	189
	<b>¿Por qué son importantes las reacciones de condensación?</b>	

	<b>Aminas y su nomenclatura</b>	189
	Síntesis de aminas	190
	Amidas y su nomenclatura	191
	Reacciones de condensación; síntesis de amidas	192
	<b>COMENTARIO:</b> la síntesis de aminoácidos; química combinada	<b>192</b>
	Esterificación	193
	Obtención industrial del acetato de bencilo	194
	<b>Actividad experimental No. 12</b>	195
	Esterificación	
	<b>Obtención de éteres</b>	196
	<b>Actividad experimental No. 13</b>	196
	Preparación del éter dietílico	
	<b>Cuestionario No. 19</b>	197
		198
<b>X.</b>	<b>Estrategia 10</b>	
	<b>¿Existen regularidades en la relación estructura y propiedades de los alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos que permitan hacer predicciones?</b>	198
	Importancia de los grupos funcionales en los compuestos orgánicos	
	Estructura de los grupos funcionales	199
	<b>Conceptos clave;</b> grupo funcional y serie homóloga	200
	Propiedades de series homologas	
	Relación propiedades enlaces moleculares	207
	Comparación de propiedades de sustancias con oxígeno y los hidrocarburos con respecto a su polaridad	210
	La polaridad de las moléculas	214
	Fuerzas dipolo-dipolo	215
	<b>Conceptos clave;</b> dipolo y polaridad	215
		217
	Polaridad de los disolventes	218
	<b>Cuestionario No. 20</b>	
<b>XI.</b>	<b>Estrategia 11</b>	
	¿Cómo impacta al ambiente la producción de petróleo y petroquímicos en México?	219
	Contaminación originada por los procesos de extracción y transformación del petróleo	
	<b>Concepto clave;</b> biorremediación	219
	Los efectos de la contaminación por petróleo	220
	Métodos actuales para combatir la contaminación por hidrocarburos	221
	Desulfuración	222
	<b>Cuestionario No. 21</b>	223
	<b>EJERCICIO PARA EVALUAR LA UNIDAD UNO</b>	224

	<b>Presentación de la unidad 2</b>	<b>230</b>
	<b>Unidad 2. El estudio de los polímeros y su impacto en la actualidad</b>	<b>231</b>
<b>I.</b>	<b>Propósito</b>	
	<b>Estrategia 1</b>	
	<b>¿Qué tipo de materiales son los polímeros y cuál es su importancia?</b>	
	Importancia de los polímeros por sus aplicaciones y usos	232
	Clasificación de los polímeros por su origen	232
	La palabra plástico	233
	<b>COMENTARIO:</b> el henequén	233
	<b>Cuestionario No. 1</b>	<b>234</b>
	Propiedades; resistencia y flexibilidad	235
	Aditivos que mejoran las propiedades mecánicas	236
	La estructura química de los polímeros	237
	Estructura lineal, ramificada, entrecruzada y reticular de los polímeros	239
	Relación estructura y propiedades de los polímeros	240
	Elastómeros	241
	<b>COMENTARIO:</b> diseño de un polímero	241
	Tamaño de los polímeros y su forma	242
<b>II.</b>	<b>Estrategia 2</b>	
	<b>¿Cómo se sintetizan los polímeros?</b>	<b>243</b>
	Reactividad de los dobles y triples enlaces de los grupos funcionales	243
	El monómero acrilonitrilo	244
	Ejemplo de cálculo químico	244
	Obtención del acronitrilo	244
	El teflón	245
	El cloropeno	247

<b>COMENTARIO:</b> catálisis	247
Nuevo término: pirólisis	248
<b>Cuestionario No. 2</b>	248
Clasificación en homopolímeros y copolímeros	248
<b>El ABS</b>	249
<b>SBR</b> Butadieno-Estireno	250
Los procesos para obtener los polímeros	251
Termoplásticos	251
<b>COMENTARIO:</b> polimerización viviente	251
Polímeros de alta y baja densidad	252
<b>Cuestionario No. 3</b>	253
Polimerización por adición y condensación	254
Polimerización por adición y condensación	
<b>Actividad experimental No. 14</b>	
Obtención de polimetacrilato de metilo	255
<b>Cuestionario No. 4</b>	256
<b>Polimerización por condensación</b>	257
La reacción de condensación para obtener el nylon 6,6	258



El hombre no domina la naturaleza  
por la fuerza, sino  
mediante la comprensión. Por  
eso la ciencia ha triunfado  
donde la magia ha fracasado:  
porque no busca lanzar un hechizo.

**Jacob Bronowski**

	<b>Actividad experimental No. 15</b>	260
	Polimerización por condensación	
	<b>Concepto clave; resina</b>	263
		263
	Termoestables	
		264
	Vulcanización del hule natural	
	Resinas fenólicas	264
	Los resols y el novlac	
	Resinas epóxicas	265
	El Kevlar	265
	Estructura química del Kevlar y del Nomex	265
	La cristalinidad	266
	<b>Concepto clave; el plástico vs polímero</b>	267
	<b>Cuestionario No. 5</b>	267
	<b>COMENTARIO:</b> recordemos los usos y calidad del guayule	268
	Condiciones de reacción en la síntesis del polietileno y sus aplicaciones	
		269
	Catalizadores, presión y temperatura	270
	Tacticidad	271
	Las formas isómeras del polipropileno	271
	<b>Cuestionario No. 6</b>	272
	Empleo de polímeros en la limpieza de mareas negras	273
	<b>Estrategia 3</b>	274
<b>III.</b>	<b>¿Cómo se logra mayor resistencia en los polímeros</b>	
	Importancia de los enlaces intermoleculares e intramoleculares	
	Fuerzas de atracción	274

Enlaces de hidrógeno	275
Efecto de las fuerzas intermoleculares	276
<b>Concepto clave;</b> Fuerzas intermoleculares	277
Polímeros de unión	
Polímeros adhesivos y formación de uniones a través de reacciones de polimerización y fuerzas intermoleculares	277
<b>Concepto clave;</b> Fuerzas de Van der Waals	
Cristalinidad y plasticidad	279
Plastificantes	280
Fibras sintéticas; nylon y poliéster	280
<b>Actividad experimental No. 16</b>	282
El plástico	
<b>Cuestionario No. 7</b>	283
Polaridad de los polímeros sintéticos	284
Plásticos polares y no polares	284
<b>Cuestionario No. 8</b>	286
Los grupos funcionales de aminoácidos	287
La fenilalanina	287
Clasificación de los aminoácidos no polares, polares y los polares sin carga	289
El enlace peptídico	290
La jerarquía de la estructura de las proteínas	291
Concepto clave; enlace peptídico	292
<b>COMENTARIO:</b> el agua unida a las proteínas	293
	294
<b>Conceptos clave;</b> puente salino, puente de disulfuro e interacción hidrofóbica	
Carbohidratos	295
<b>Cuestionario No. 9</b>	296
Ligaduras <b>O</b> enlaces glucosídicos	297
<b>Concepto clave;</b> enlace glucosídico	297
Enlace <b>O</b> -glucosídico	298
La quitina	299
<b>Cuestionario No. 10</b>	299

<b>IV. Estrategia 4</b>	
<b>¿Cómo impacta a la sociedad el desarrollo de nuevos materiales?</b>	<b>300</b>
<b>Introducción</b>	
Fibras de carbono; poderosos filamentos	299
<b>COMENTARIO:</b>	
Fluorenos y polifluorenos	301
	302
Supermateriales; el futuro ya está aquí	
Exfoliando el grafito, descubriendo el grafeno	302
Peculiaridad de un mundo bidimensional	303
Tecnología espacial para bebés y astronautas	304
<b>Cuestionario No. 11</b>	<b>306</b>
Espuma biodegradable sustituye al unicel	306
Listones; polipropileno-polietileno	309
Identificación de materiales poliméricos por su código	310
El reciclaje y biodegradabilidad de los polímeros	311
Procesos para el reciclaje y biodegradabilidad de polímeros	312
Plásticos solubles en agua	313
<b>Ejercicio para evaluar la unidad 2</b>	<b>315</b>
<b>Bibliografía básica</b>	<b>321</b>
<b>Bibliografía complementaria</b>	<b>322</b>
<b>Fuentes de Internet</b>	<b>323</b>

## Presentación de la unidad 1

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

En el desarrollo de la presente unidad se intenta que los estudiantes logren los aprendizajes de manera eficiente, porque sugerimos estrategias y actividades así como la información necesaria para analizarla y discutirla en el ámbito profesor-estudiante.

En las siguientes temáticas que consideramos con dificultades de aprendizaje se hace énfasis para apoyar al profesor y mejorar el rendimiento académico:

- La separación de los componentes del petróleo; el fundamento de la destilación fraccionada. Equilibrio físico.
- Las formas geométricas de las moléculas; tetraédrica, triangular y lineal.
- Enlace covalente y polaridad.
- Distinguir e identificar entre funciones químicas orgánicas y grupos funcionales.
- La elaboración de las estructuras orgánicas de los compuestos alifáticos, cíclicos y aromáticos.
- Reconocer y elaborar las formas geométricas de los **isómeros cis, trans**.
- Emplear correctamente la nomenclatura **IUPAC** de los compuestos orgánicos.
- Comprender la reactividad química del doble y triple enlace. Enlaces  $\pi$  y  $\sigma$ .
- Conocer y distinguir los tipos de reacciones químicas orgánicas.
- Efectos de la contaminación por la extracción del petróleo crudo y sus productos derivados de la industria petroquímica.

Las industrias del petróleo y de la petroquímica son un buen pretexto para estudiar química, ya que en ellos existen infinidad de fenómenos químicos, por lo que abordaremos y conoceremos **conceptos clave durante las 38 horas de clase**.

Este material cubre satisfactoriamente los **19 aprendizajes** y los propósitos, así como todas las temáticas de manera amplia de acuerdo con las preguntas generadoras que se encuentran dentro de las estrategias sugeridas que indica el programa. Los conceptos clave se desglosan en el índice de contenidos.

De manera continua, sugerimos al profesor series de preguntas que orientan a los estudiantes a adquirir habilidad y destreza en el conocimiento de los conceptos y sus aplicaciones. Así mismo también se sugieren recursos como videos de you tube, paginas web y libros de texto para apoyar al profesor en el curso de QUÍMICA IV.

También contiene **16** actividades experimentales la mayoría presenciales para que el profesor seleccione con relación a su secuencia didáctica.

Finalmente proponemos actividades que orientan al estudiante a aprender eficientemente con el apoyo de la información relevante y las prácticas de laboratorio que son accesibles para realizarse en los espacios apropiados del Área de Ciencias Experimentales. Al término de esta primera unidad se tiene un cuestionario de opción múltiple denominado “**Ejercicio para evaluar**”.



### **Orientaciones generales para el profesor**

Las lecturas que hemos desarrollado en esta guía de acuerdo con el programa de **Química IV** a nivel de bachillerato son para que el profesor tenga la opción de seleccionar información para elaborar su plan de clase de acuerdo a las estrategias que sugerimos conforme al avance del curso cuyos recursos en el aula pueden ser variados como son el uso del pizarrón, rotafolios, mapas mentales o conceptuales, y si el profesor aborda las lecturas a los estudiantes tiene la otra opción del trabajo en equipo para que ellos las argumenten en discusión grupal.

Los cuestionarios están acordes con las lecturas y son de preguntas directas o abiertas para los estudiantes y se proponen para que ellos se estimulen y al mismo tiempo valoren el avance de su aprendizaje. Incluimos **tarea para el estudiante** con la finalidad de que él indague información por medio de páginas web o bibliografía indicada para cada recopilación documental y se argumente en clase.

Las actividades de laboratorio o experimentales que **sugerimos al profesor** las realizará de acuerdo a la secuencia didáctica del programa y sólo depende de las actividades que ha diseñado en su avance programático, el tiempo, los recursos materiales y sustancias disponibles en el aula-laboratorio.

Al final de cada unidad temática se incluye un cuestionario de opción múltiple para que los estudiantes se autoevalúen y el profesor evalúe en el logro del conjunto de aprendizajes estableciendo una reflexión propositiva siempre con la finalidad de alcanzar un buen rendimiento académico.

Recomendamos que el profesor estimule en sus estudiantes una actitud crítica ante el curso **de Química IV**, y una interrelación que les permita evaluar y reflexionar sobre el contenido, y así detectar sus aciertos y sus fallas en el logro de los aprendizajes esperados.



### **Orientación didáctica**

Con relación a la **formación científica**, el profesor debe tomar en cuenta que a medida que se aprende a reconocer y a utilizar los principios y conceptos más importantes de la Química, se está en una mejor posibilidad para apreciar y comprender las teorías que se proponen para explicar las regularidades reveladas en los experimentos.

Los experimentos ayudarán al estudiante a:

- 1) A realizar sus propios descubrimientos sobre las regularidades y principios que unifican el estudio de la Química y la hacen más fácil de entender.
- 2) Que harán hincapié en la ejecución de cuidadosas observaciones y medidas cuantitativas, bajo condiciones experimentales controladas.
- 3) Que pondrán de manifiesto la importancia que tiene la preparación de tablas de datos bien organizados y el tratamiento de tales datos, de forma que se puedan hacer fácilmente deducciones y darse cuenta de las regularidades existentes.
- 4) Generen cuestiones altamente estimulantes para inducirlos a pensar; las cuales ayudarán a aplicar los principios que se hayan aprendido a situaciones nuevas.

Además de la importante información básica obtenida a partir de los experimentos, los estudiantes conocerán, también procesos importantes de la investigación científica; así como variadas técnicas de laboratorio. Es preciso que los discentes se familiaricen con cada una de las experiencias que le hayan sido asignadas antes de iniciar las prácticas experimentales.

Finalmente podemos aclarar que los estudiantes contribuyendo cada uno en equipo ganaran confianza, haciendo que cada experiencia sea un trabajo bien hecho, realizando entre ellos actitud colaborativa.

También es importante considerar que las clases interactivas constituyen el tránsito del presente al futuro de la educación escolar, se caracterizan por ser democráticas, creativas e innovadoras. Son una invitación a la participación protagónica y activa de los estudiantes, los que sienten que sus voces son importantes, que son escuchados, y por ende se comprometen con su propio aprendizaje. Es por ello que en estas clases el proceso de enseñanza-aprendizaje abandona la verticalidad tradicional de la docencia, donde: todos aprendemos de todos (Trimiño Quiala Bernardo, junio-julio 2018. Número 38, Revista Multiversidad Management).

**Entre las teorías del mundo educativo que sirven de sustento científico a las clases interactivas se encuentran:**

♣ **María Montessori** (1870-1952). Contribuyo al desarrollo de la teoría de la conformación de adecuados ambientes escolares como la base para el aprendizaje y el desarrollo personal.

♣ Teoría constructivista del aprendizaje, planteada por el epistemólogo, psicólogo, y biólogo suizo **William Fritz Piaget** (1896-1980). Reconoce que en el aula debe crearse un contexto favorable al aprendizaje, con un clima motivacional de cooperación, donde cada estudiante reconstruye su aprendizaje con el resto del grupo y sus profesores.

♣ El aprendizaje significativo del psicólogo estadounidense **David Paul Ausubel** (1919-2008). Plantea que el proceso de enseñanza se debe relacionar con la experiencia y los preconceptos que dominan los estudiantes, lo cual es básico para el desarrollo de la metacognición y del propio aprendizaje (Trimiño Quiala B., 2018).

### Sugerencias de evaluación

Las formas de evaluación.

♣ Obviamente no debemos dejar de lado la evaluación continua, formativa y sumativa.

#### 👉 **Función formativa de la evaluación.**

En este proceso se le sugiere al profesor obtener datos y valoraciones permanentes acerca de los aprendizajes que va realizando el estudiante y su modo particular de hacerlo (ritmo, estilo, inconveniencia, etcétera), en el momento en que surge una disfunción o especial dificultad es posible poner los medios didácticos adecuados para que pueda superarla sin inconvenientes mayores.

#### 👉 **Función sumativa de la evaluación.**

Los aprendizajes no se suman unos a otros; se reorganizan unos a otros, se apoyan, reestructuran el saber y el hacer del estudiante, conforman el ser que es cuando ha aprendido a serlo.

En específico el logro de los aprendizajes tiene relación directa con la evaluación ya que de acuerdo al siguiente esquema ►

La trayectoria formativa engloba esos tres aspectos fundamentales en el proceso de enseñar y aprender (Casanova Ma. Antonieta, 1998).



**El profesor** es quien se encarga de la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes, y por lo tanto, quien realiza el seguimiento, crea oportunidades de mejora, y realiza adecuaciones o modificaciones necesarias en su práctica de enseñanza para que los **discentes** logren los estándares curriculares y el conjunto de los aprendizajes esperados del curso de **Química IV**.

Por último, es fundamental que **él** fomente entre **ellos** la adquisición de la cultura científica como un reto que les brindará magníficos frutos para el resto de su vida.

“Un docente aprende cuando su poder de acción se construye o aumenta”

**\*Isabelle Vinatier, 2013**

\*Fierro C.-Fortoul B. (2017) Entretejer espacios para aprender y convivir en el aula.

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

Propósitos:

Al finalizar la unidad, el estudiante;

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 solución.

**\*Nota:** Las literales que aparecen entre paréntesis en la primera columna se refieren al tipo de aprendizaje: conocimiento ( C ), habilidad (H), actitud (A) y valor (V). Las notaciones A1, A2, etcétera, que aparecen al final de cada estrategia sugerida señalan el número de aprendizaje. Finalmente. N1, N2 y N3, que aparecen las columnas de aprendizajes y temática, corresponden al nivel cognitivo que se desea alcanzar.

**Tiempo 38 horas**

### Estrategia 1

El profesor solicitará a los estudiantes el desarrollo de una investigación documental.

#### I. ¿Por qué es importante el petróleo?

El profesor promueve mediante una actividad grupal que los estudiantes expresan sus ideas respecto al petróleo y sus derivados.

### Introducción

El petróleo fue conocido por los antiguos pobladores de Mesoamérica. Los nativos lo llamaron Tzapopo-chtlim (chapopote) y lo obtenían de lugares donde afloraba de manera natural, o sea, las chapopoterías que abundaron en las costas de Tamaulipas, Veracruz y Tabasco.

La teoría más aceptada afirma que el petróleo se formó a partir de la fosilización de grandes vegetales y animales que quedaron atrapados en el interior de la Tierra a través de las eras geológicas. Estos depósitos, sometidos a enormes presiones y elevada temperatura, permitieron la formación de los actuales mantos petroleros a grandes profundidades.



## Pero ¿Qué es el petróleo y cómo se formó?

El origen de este líquido negro y viscoso se remonta a 350 millones de años aproximadamente, en que plantas y animales marinos primitivos conocidos como fitoplankton y zooplankton se infiltraron en rocas profundas.

Presiones y temperaturas altísimas producidas por la fricción de las placas tectónicas ocasionaron las reacciones químicas que, a través de millones de años, los convirtió en hidrocarburos, es decir, en compuestos formados por cadenas de carbono e hidrógeno de todas dimensiones.

Más de 200 hidrocarburos diferentes conforman esta **mezcla** y, según los que predominen que depende del lugar y las condiciones en que se hayan formado, es la calidad y el precio del petróleo.



La abundancia del llamado oro negro en Medio Oriente es tal que en Bagdad, desde el siglo **VIII**, se pavimentaban las calles con lo que nosotros llamamos chapopote, que es un subproducto del petróleo.

En otros lugares como Azerbaijan bastaba escarbar con las manos para encontrar petróleo que usaban como combustible.

Cuando en Estados Unidos se descubrieron los primeros yacimientos en el siglo **XIX**, a nadie se le ocurrió que pudiera ser una fuente de energía. Se le adjudicaron propiedades medicinales y se vendía en las farmacias [Otras cuatrocientas pequeñas DOSIS DE CIENCIA, Libros del Rincón, SEP 2013].

En la actualidad todos necesitamos del petróleo, para los automotores, los aviones los barcos y en el hogar. Lo quemamos como combustible, fabricamos una gran diversidad de productos y alimentos para animales. La vida sin este recurso no podría ser como la conocemos.

El petróleo y sus derivados se emplean para fabricar medicinas, fertilizantes, productos alimenticios, objetos de plástico, materiales de construcción, pinturas, y textiles, obtener energía calorífica para fábricas, hospitales y oficinas y diversos lubricantes para maquinaria y vehículos. Hoy en día este recurso natural lo utilizan principalmente para lograr un grado de movilidad por tierra, mar y aire.

### **Nota:**

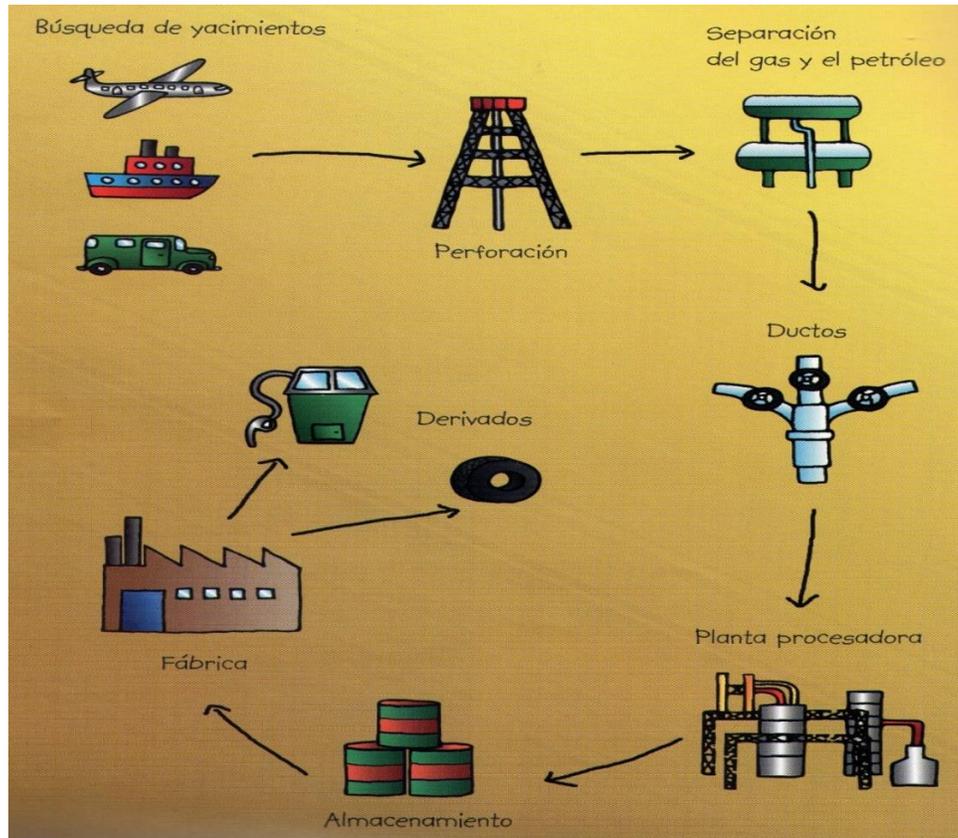
**El chapopote**, descomposición de la palabra *Tzapopochtli*, significa pegamento que produce perfume u olor.

### **Tarea para el estudiante.**

Elaborar un resumen sobre generalidades acerca del petróleo y el gas natural. Para argumentar en clase. Referencia:

Devore-Muñoz Mena. (2000) Química orgánica. Capítulo 50, páginas 561-562. Publicaciones Cultural.

## Exploración y explotación del petróleo crudo



**Referencia:** Instituto Mexicano del Petróleo, (2006) El fascinante mundo del petróleo.

### 👁️ Argumento

No toda la contaminación de aguas oceánicas por petróleo ha sido ocasionada por las actividades humanas. Hay fugas naturales de los yacimientos de petróleo en los fondos marinos, como los que ocurrieron hace milenios en las costas de Florida, México, Cuba y el Golfo Pérsico. La cantidad de hidrocarburos vertidas al mar anualmente es de alrededor de 2.5 millones de toneladas. La mitad proviene de la actividad industrial en el continente, el 43% corresponde a la vertida por los barcos y el 6% a la explotación del petróleo en el mar.

Cuando ocurre un derrame de petróleo, parte del hidrocarburo se evapora, después de algunos días se pierde del 25 al 30%, y lo que queda concentra su toxicidad. Agentes como el detergente o los pesticidas potencian el efecto contaminante de los hidrocarburos ya que emulsionan la mancha y la dispersan. Físicamente, el petróleo también cubre como un manto negro a la fauna y flora bentónica y reduce sus posibilidades de oxigenación y alimentación. Los ecólogos han reportado que se observan alteraciones en la conducta de ciertos organismos en los lugares donde ha habido derrames de petróleo [Lavín M. (2007) Planeta azul, planeta verde. ADN. Libros del Rincón. SEP ].

## **De las entrañas de la tierra**

Después de varios días de intensa búsqueda, al llegar a una profundidad de 500 metros, los trabajadores empezaron a escuchar un ruido extraño, un rugido que provenía que provenía de las entrañas de la Tierra, y aumentaba segundo a segundo. Aterrados, aventaron sus herramientas y corrieron despavoridos lejos del lugar. Apenas se habían alejado unos pocos metros cuando se produjo una explosión, parecida al estallido de una bomba de gran potencia o quizás a de un volcán que despertará de improviso de un profundo sueño e hiciera erupción.

Pero no se trataba de nada de eso; en realidad era un grueso chorro de gas transparente, que comenzaba a salir por un orificio de la misma tierra con tal fuerza que todos los instrumentos y equipos de perforación volaron por los aires; horas más tarde, es gas se había oscurecido y brotaba aceite negro: acababan de encontrar un depósito de hidrocarburos, un pozo de petróleo.

Esto ocurrió la mañana del 10 de febrero de 1916; se trataba del Pozo Cerro Azul como uno de los pozos mexicanos más productivos del planeta (aproximadamente 41 335 metros cúbicos diarios de petróleo crudo, igual 260 mil barriles diarios).

Actualmente la información que obtienen los satélites que giran alrededor de la Tierra se utiliza con fines de investigación y como apoyo en la búsqueda de yacimientos de petróleo.

Generalmente, el petróleo se encuentra a grandes profundidades, ya sea en la tierra o en el mar. Para extraerlo es necesario perforar muchos metros y esto se hace con máquinas especiales.

## **Productos derivados del petróleo**

El petróleo se ha convertido no sólo en nuestra principal fuente de energía para generar calor, electricidad y transportarnos de un lugar a otro. También a partir del petróleo se obtienen los materiales básicos indispensables para elaborar miles y miles de productos. Piensa simplemente que la cubierta de este libro, la tinta con la cual está impreso, la silla en la que estás sentado, los cables que conducen la electricidad que te permite leer e, incluso la misma luz de los focos no serían posibles sin el petróleo.

No habría llantas para los automóviles o autobuses ni tampoco gasolina. No tendrías discos, ni películas, ni muchas medicinas, globos ni pelotas, aunque algunos productos pueden fabricarse con materias primas naturales actualmente se hacen a partir de compuestos obtenidos del petróleo. Desde esta perspectiva, el petróleo parece tener posibilidades infinitas.

¿Te gustaría saber qué hay detrás de esta mezcla de hidrocarburos, que brota de las profundidades de la Tierra, que ha protagonizado cambios fundamentales en nuestra forma de vida? Asómate en esta Unidad 1: “El petróleo recurso natural y fuente de compuestos de carbono para la industria química” al impresionante mundo de nuestra más importante fuente de energía.



El profesor promoverá diversas actividades tales como organizar exposición de la industria del petróleo y de la petroquímica para analizar información.

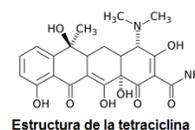
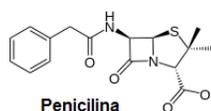
**En la industria química.** La mayoría de los compuestos químicos orgánicos tienen su origen primordial en los **alcanos** obtenidos a partir del petróleo crudo.

Estos compuestos petroquímicos tienen una amplia gama de usos en la fabricación de fibras, perfumes, saborizantes, adhesivos, productos farmacéuticos, caucho sintético y recubrimientos.

El petróleo no sólo es útil por generar grandes cantidades de combustibles, sino por los innumerables productos químicos que se obtienen a partir de la petroquímica.

Disolventes. Los más sencillos y los primeros que se obtuvieron directamente de la destilación del petróleo figuran el alcohol etílico y el éter. Algunos de importancia son los alcoholes, éteres y las querosenas.

**Medicamentos.** Unos ejemplos muy comunes que realiza la petroquímica son la síntesis de la aspirina y los antibióticos como la penicilina y la tetraciclina.



Todos necesitamos del petróleo, para los automotores, los aviones los barcos y en el hogar. Lo quemamos como combustible, fabricamos una gran diversidad de productos y alimentos para animales.

El petróleo y sus derivados se emplean para fabricar medicinas, fertilizantes, productos alimenticios, objetos de plástico, materiales de construcción, pinturas, y textiles, obtener energía calorífica para fábricas, hospitales y oficinas y diversos lubricantes para maquinaria y vehículos.

La vida sin este recurso no podría ser como la conocemos.

El desarrollo económico en México favoreció la concentración territorial de la industria petroquímica, la cual es una rama de actividad productiva que abarca los establecimientos dedicados a la producción de sustancias químicas básicas de derivados del gas natural y el petróleo; etano, hexano, etileno, propileno, etcétera.

### Tarea para el estudiante.

Investiga que es la industria petrolera. ¿Qué es el petróleo?  **Videos** en:

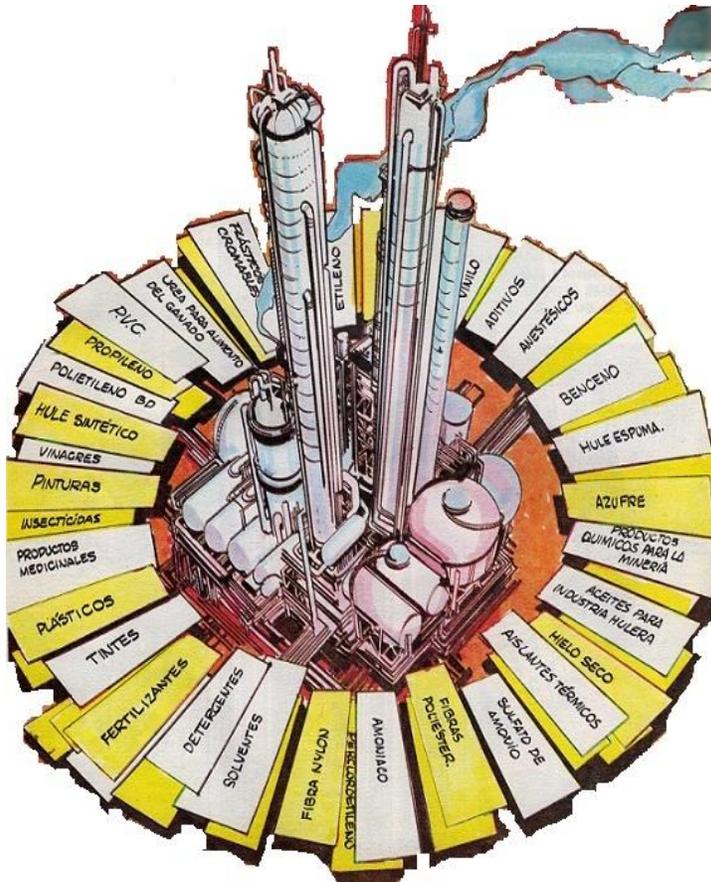
- <https://micarrerauniversitaria.com/c-ingenieria/ingenieria-petrolera/>



El profesor solicita a los estudiantes una investigación sobre las industrias del petróleo y de la petroquímica, sus productos e impacto económico en México; organiza una discusión grupal para analizar la información.

**La gran variedad de petroquímicos obtenidos a partir del petróleo crudo:**  
 Benceno, hielo seco, hule sintético, pinturas, aditivos, amoníaco, solventes, plásticos, insecticidas, propileno, anestésicos, sulfato de amonio, detergentes, urea, PVC, hule espuma, azufre, fertilizantes, etileno, fibra de nylon.

La industria petroquímica sirve de plataforma para apoyar el desarrollo y crecimiento de México, además de que sirve para la conformación de cadenas productivas. Ella abastece a más de 40 ramas de la actividad industrial y demanda de bienes y servicios de 30 industrias. Las principales cadenas que son apoyadas por la petroquímica son: textil, automotriz/transporte, detergentes y cosméticos, calzado, empaque/bebidas, alimentos, agricultura, construcción y vestido ▶



### Nuevo término

- **Petroquímica** es la industria de la transformación que utiliza petróleo, gas natural o de refinería como materias primas.

Nota:

La palabra chapopote proviene de los vocablos náhuatl “**chíahuatl**”, que significa grasa y “**poctli**”, humo. [Valek Valdés Gloria. (2006). “El fascinante mundo del petróleo”. IMP. México].



Como conclusión, el estudiante reconoce la importancia del petróleo al plantear argumentaciones relacionadas con el aprovechamiento de este recurso, como fuente de materias primas para una gran cantidad de productos útiles.

## Cuestionario No. 1

1. ¿Por qué al petróleo se le denomina crudo?
2. Sabemos que el petróleo crudo está formado por una mezcla de sustancias orgánicas. ¿Qué predomina en esas mezclas?
3. ¿Cuál es el principal uso mundial de derivados del petróleo?
4. ¿Por qué se dice que la composición del petróleo crudo es variable?
5. Menciona dos funciones o actividades que desarrolla la industria petrolera
6. ¿Cuál es el principal uso del chapopote?
7. ¿Cuáles son las zonas petrolíferas en la república mexicana?
8. ¿Por qué se dice que el petróleo es un recurso finito?
9. ¿En México ¿Cuál es el petróleo crudo que más predomina; aquel de base alifática o el de base nafténica? Argumentar.

**Referencia:** Dunhe-Ortegón-Domínguez. (1976) Química general y orgánica.

### 10. Investiga:

- a) ¿Cómo se llama la máquina con la que se extrae el petróleo?  
➤ [https://www.google.com/search?q=a\)+%C2%BFC%C3%B3mo+se+llama+la+m%C3%A1quina+con+la+que+se+extrae+el+petr%C3%B3le](https://www.google.com/search?q=a)+%C2%BFC%C3%B3mo+se+llama+la+m%C3%A1quina+con+la+que+se+extrae+el+petr%C3%B3le) (27 mar. 2021)
- b) ¿Qué es el bombeo hidráulico?  
➤ [https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/h/hydraulic\\_pumping.aspx](https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/h/hydraulic_pumping.aspx)
- c) ¿Qué utilidad tiene el sulfato de bario (barita) en la perforación y extracción del petróleo o industria petrolera mexicana? Argumentar.  
➤ <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/26551/An%C3%A1lisis%20de%20la%20influen%C3%A1ncia%20de%20la%20barita%20.pagina%2019> (4 de diciembre de 2018)
- d) ¿Cómo y cuáles son los métodos para extraer el petróleo crudo?  
➤ <https://www.textoscientificos.com/petroleo/extraccion>.

**A1. (C, H, V)** Los estudiantes reconocen 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)**

## Estrategia 2

El profesor promueve que los estudiantes realicen una investigación documental sobre la composición del petróleo, el tipo de compuestos que lo forman, la clasificación del crudo mexicano (ligero, pesado y súper ligero) y la relación con su valor económico.

### ¿Qué es el petróleo y cómo se separan sus componentes?

#### Lectura

El petróleo como una mezcla

El petróleo es un líquido oleoso, es decir, de cualidades aceitosas muy densas; básicamente **es una mezcla de hidrocarburos**. Por lo general, al extraerlo va mezclado con sustancias y compuestos oxigenados, sulfurosos y nitrogenados, además de grandes cantidades de tierra y agua.

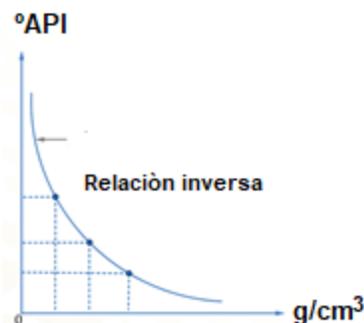
Esta **mezcla de hidrocarburos** varía de color; desde amarillo hasta negro brillante, dependiendo de su composición. Para su extracción de los mantos se utilizan las torres que conocemos con el nombre común de pozos petroleros. El líquido obtenido se transporta por medio de tuberías, denominadas oleoductos por su construcción especial, hasta una planta de refinación.

El petróleo, que en este momento recibe el nombre de crudo, se somete al primer proceso industrial mediante el cual se separan el lodo, el agua, la tierra y la mayor parte de las sales orgánicas.

#### Clasificación de los tipos de petróleo por su densidad

La industria mundial de hidrocarburos líquidos clasifica el petróleo de acuerdo con su densidad **API** (parámetro internacional del Instituto Americano del Petróleo, que diferencia las calidades del crudo).

Aceite crudo	Densidad (g /cm <sup>3</sup> )	Densidad, grados API
Extrapesado	> 1.0	10.0
Pesado	1.0 -0.92	10.0 – 22.3
Mediano	0.92 – 0.87	22.3 -31.1
Ligero	0.87 – 0.83	31.1 – 39
Superligero	< 0.83	>39



#### Tarea para el estudiante.

Recopilar información de los petróleos mexicanos. Para argumentar en clase.

- <https://prezi.com/4q1pyiuoziyg/clasificacion-de-los-tipo-de-petroleo-en-mexico/>
- <https://prezi.com/nvhrcxshahge/clasificacion-de-los-petroleos-mexicanos/>

Para exportación, en México se preparan tres variedades de petróleo crudo:

- ISTMO** Ligero con densidad de 33.6 grados °API y 1.3 % de azufre en peso. (Cretácico, proviene del área Chiapas y Tabasco).
- MAYA** Pesado con densidad de 22 grados °API y 3.3% de azufre en peso. (Marino, se localiza en la zona de Campeche).
- OLMECA** Superligero con densidad de 39.3 grados °API y 0.8 % de azufre en peso. (Se obtiene de los pozos de Huimanguillo, Tabasco y Reynosa Tamaulipas).

 Los estudiantes comprueban experimentalmente que el petróleo es una mezcla, al determinar algunas propiedades físicas de algunas muestras de crudo, entre otras, color, fluidez, densidad, aspecto, para reconocer que esas diferencias indican que las muestras son mezclas con diferente composición.

### **Actividad experimental No. 1**

Características de los diferentes tipos de petróleo crudo

**PROPÓSITO.** Identificar cualitativamente diferentes tipos de petróleo.

### **MARCO TEÓRICO**

Los diferentes tipos de petróleo se distinguen cualitativamente por sus características físicas, tales como su olor, color, textura, viscosidad, volatilidad y densidad.

Un fluido (líquido o gas) de viscosidad elevada se mueve con mayor dificultad y corre muy lentamente, la miel, por ejemplo. Un fluido con baja viscosidad corre fácilmente; la gasolina es un ejemplo. **La viscosidad depende en gran medida de la temperatura.**

Cuando un líquido se calienta se reduce su viscosidad y fluye más fácil. Ésta es la razón por la que en invierno el aceite crudo se calienta antes de ser bombeado a través de los oleoductos. Los gases, en cambio, incrementan su viscosidad cuando se vuelven más calientes.

Si durante un invierno el aceite **SAE 30** se aplicará a un motor en Alaska, sería difícil encender el motor frío y el aceite no circularía en forma apropiada si el motor marchara. Si en verano se pone aceite **SAE 10** a un motor en Arizona, se adelgazaría demasiado y atravesaría los anillos del émbolo y otros sellos del motor. Los aceites multigrados para motor tienen una curva de viscosidad más uniforme y pueden usarse en condiciones más diversas que los aceites de un solo grado.

**Viscosidad.** Es la medida de la tendencia a fluir, siendo de gran importancia en los aceites lubricantes y fuel-oil. Es usualmente el tiempo necesario para que un volumen dado de aceite, a una temperatura definida, fluya a través de un pequeño orificio. Se mide con viscosímetro.

Todos emplean en general el mismo principio. Se controla la temperatura dentro del vaso de precipitados y en el baño cuidadosamente, y cuando se ha alcanzado la temperatura deseada, se abre el orificio y se deja fluir el líquido a un frasco de capacidad conocida. El tiempo necesario para llenar el frasco es la viscosidad requerida (Saybolt Universal y Saybolt Furol). En el Engler se toma con respecto al agua.

**Volatilidad.** En los diferentes tipos de petróleo la volatilidad depende de la ligereza del crudo. Esta característica se refiere a la tendencia de un líquido a vaporizarse al estado gaseoso y está relacionado con el punto de ebullición.

### **Hipótesis**

Los hidrocarburos al ser insolubles en agua, a esto se debe la peligrosidad cuando se derraman en los puertos, o cuando es necesario combatir incendios en los tanques de almacenaje.

Solicitar las muestras de petróleo existentes en frascos etiquetados.

### **Material**

Vasos de precipitados, vidrios de reloj, agitador o varilla de vidrio, embudo, probeta de 10 o 50 mL, balanza, cronómetro, termómetro y viscosímetro.

### **Procedimiento**

1. Colocar una pequeña cantidad de los tipos de petróleo crudo en vidrios de reloj y determinar su olor característico, color, textura o aspecto, inclusive comparar entre ambos cual es más volátil o menos volátil.
2. Usar la probeta y la balanza para determinar la densidad de cada muestra.
3. Con el embudo observar cual es más viscoso o menos viscoso, colocar en él una pequeña cantidad de petróleo crudo y medir el tiempo con la cual fluye a través del orificio.

☞ **El estudiante elabora un cuadro para reportar las observaciones.**

Analiza los resultados y escribe conclusiones.

☞ **Contestar las siguientes preguntas para incluir en el reporte:**

1. ¿De que factores depende la viscosidad? \_\_\_\_\_
2. ¿Por qué el petróleo flota en el agua? \_\_\_\_\_
3. ¿Cuál es la característica que explica la flotación o sobrenado del petróleo en el agua? \_\_\_\_\_
4. ¿Por qué el agua no disuelve al petróleo? \_\_\_\_\_
5. ¿Cuál de las muestras de petróleo crudo, es menos volátil? \_\_\_\_\_

Los estudiantes realizan un reporte de los resultados de su investigación experimental y documental, valoran sus hipótesis, y concluyen que el petróleo es una mezcla compleja de hidrocarburos de calidad diferente. **A2**

### Nuevo término

➤ Volatilidad

Propiedad de una sustancia por la que pasa fácilmente al estado de vapor, por su bajo punto de ebullición o de vaporización, o lo que es lo mismo, por su elevada presión de vapor.

### Cuestionario No. 2

1. Con relación a la gráfica de producción energética mundial ►  
¿Por qué el petróleo es el de mayor consumo?



2. ¿Cuál de las tres variedades de petróleo crudo que prepara México para su exportación consideras que contiene gran cantidad de hidrocarburos en la fracción de las gasolinas? ¿Por qué?

3. ¿Cuál es la diferencia entre viscosidad y volatilidad?

Si un barril de petróleo crudo equivale a **159 litros** y también a **42 galones**,  
 4. ¿Cuántos barriles existen en 1000 litros de crudo? ¿A cuántos galones equivalen?

5. ¿Qué relación existe entre las densidades ( $\text{g/cm}^3$ ) y los de grados  $^\circ\text{API}$  (considerar valor medio) de los petróleos crudos? **Elabora una gráfica y concluye sobre la línea trazada.**

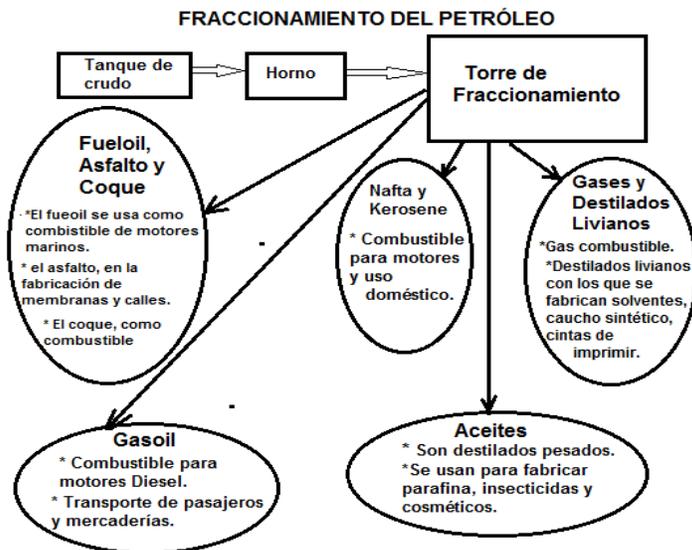
**A2. (C, H)** Los estudiantes reconocen al petróleo como una mezcla compleja de hidrocarburos cuya composición determina sus propiedades y valor económico. **(N3)**

### Separación de los componentes del petróleo crudo (N3)

El petróleo parcialmente refinado es precalentado y transportado a la torre de destilación en la cual se obtienen las siguientes fracciones como separación de los hidrocarburos con base a sus **temperaturas de ebullición**.

En una torre de destilación fraccionada, se aplican distintas temperaturas al **petróleo crudo** para separar tres porciones de productos: gaseosos, líquidos y sólidos ▶

- ✓ Mezcla de gases. En la parte más alta de la torre se registran temperaturas muy bajas a menos de  $40^\circ\text{C}$  y se obtienen los hidrocarburos de cadenas muy cortas y se usan para la elaboración del gas L.P.
- ✓ Gasolinas. En el rango de  $40$  a  $200^\circ\text{C}$  se obtienen estos líquidos sumamente volátiles y altamente combustibles.
- ✓ Naftas y kerosene. La temperatura para estas fracciones están entre los  $175^\circ\text{C}$  y  $275^\circ\text{C}$ . También son líquidos a la temperatura ambiente, pero son menos volátiles que las gasolinas.



- ✓ Gasoil y combustibles pesados. La fracción debe fluctuar entre 200 y los 300°C y básicamente son los siguientes; gas avión, diésel y aceites lubricantes.
- ✓ Aceites lubricantes y productos residuales. Es la mezcla de los hidrocarburos más pesados, básicamente los aceites. Éstos se obtienen a temperaturas de unos 300°C.
- ✓ A mayores temperaturas es posible obtener las grasas, de las cuales destacan las parafinas y las mismas grasas lubricantes.
- ✓ Como última fracción se obtiene el asfalto, que se utiliza para la construcción de caminos.

**Las naftas son una mezcla** de hidrocarburos que se encuentran refinados, parcialmente obtenidos en la parte superior de la torre de destilación atmosférica. El mayor número de los derivados del petróleo permiten la combustión y se utilizan para ello. Esta cualidad hace del petróleo una de las riquezas más importantes de un país para la generación de su propia energía.

Los petróleos crudos con base a las condiciones de ubicación en el subsuelo determinarán su composición y cualidades. Para conocerlas se llevan a cabo rigurosos análisis de sus propiedades químicas.

El petróleo de Arabia Saudita por ejemplo es muy viscoso, con gran cantidad de componentes sulfurados, y es conocido como “crudo joven”. Su condición se debe a que las altas temperaturas del interior de la tierra no han roto sus cadenas moleculares, al encontrarse a relativamente poca profundidad. En cambio, en **las profundidades el calor rompe los enlaces químicos**, creando un líquido menos viscoso, con poca densidad y bajo contenido de azufre; es el crudo ideal porque requiere poco refinado y resultan productos de mejor calidad.

Pero este tipo, llamado “viejo profundo”, constituye menos del 5% de las reservas mundiales de petróleo. Los mejores crudos se encuentran en el noreste de Pensilvania, y el término “crudo Pensilvania” se usa para referirse a un estándar de excelente calidad. De acuerdo con su contenido de azufre puede ser amargo 1.5% o dulce 0.5%.

Los crudos mexicanos se dividen en ligeros y pesados: Comercialmente se preparan para su exportación tres variedades:

1. **Istmo.** (Cretácico). Petróleo crudo ligero, proviene de Chiapas y Tabasco.
2. **Maya.** (Marino). Petróleo crudo pesado, se encuentra en Campeche.
3. **Olmeca.** Petróleo crudo muy ligero, se obtiene de los pozos de Huimanguillo, Tabasco, Reynosa y Tamaulipas.

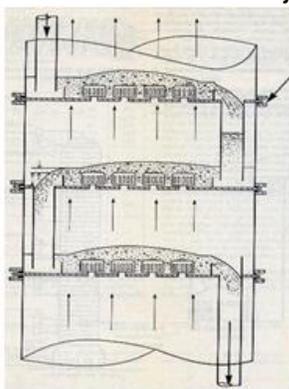
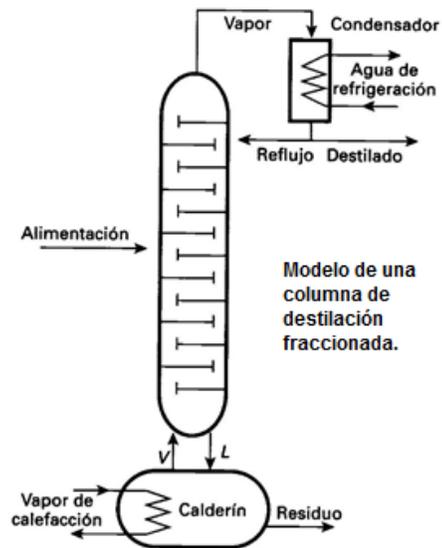
### Destilación fraccionada (N3)

La destilación fraccionada se lleva a cabo en distintas etapas donde por medio de una columna de destilación se llevan a cabo continuamente numerosas evaporaciones y condensaciones.

Al ir avanzando a lo largo de la columna, la composición del vapor es más concentrada en el componente más volátil y la concentración del líquido que condensa es más rica en el componente menos volátil.

Este tipo de destilación es mucho más eficiente que una destilación simple y que mientras más etapas involucre, mejor separación se obtiene de los componentes ►

En los procesos de destilación fraccionada del petróleo crudo, es práctica común reducir la presión para conseguir que un líquido hierva a temperatura más baja. Este principio se emplea en las refinerías para separar los aceites y las parafinas del residuo de petróleo crudo después que la gasolina se ha destilado. Se aplica también para destilar agua dulce del agua de mar y en la elaboración de algunos licores destilados. Ejemplo la



Sección interior de una torre de destilación fraccionada.

### Destilación fraccionada del aire líquido

En todo tipo de mezcla líquida por ejemplo la destilación fraccionada del aire líquido, tiene **un proceso de equilibrio físico** donde intervienen principalmente dos factores; la temperatura de ebullición y la **fracción mol**, con estas variables se realizan gráficas de curva de equilibrio entre la fase líquida y vapor. La **mezcla de aire gaseosa** se comprime, enfría y expande hasta que se llega a la licuefacción. Al evaporarlo parcialmente, el nitrógeno, que tiene un punto de ebullición más bajo, hierve primero, dejando al residuo rico en oxígeno.

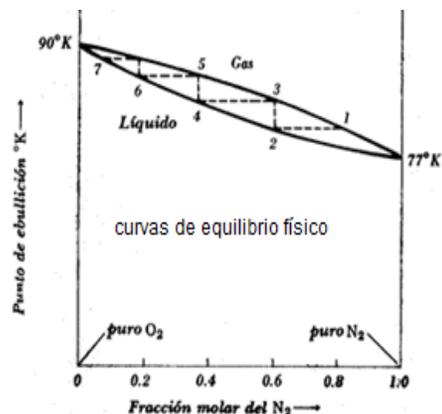
### Tarea para el estudiante.

Obtener más Información descriptiva acerca de la columna de destilación fraccionada en:

- [https://es.wikipedia.org/wiki/Columna\\_de\\_fraccionamiento](https://es.wikipedia.org/wiki/Columna_de_fraccionamiento) (hacer un resumen, y argumentar en clase).

El ciclo se repite y al final se obtiene el oxígeno con una pureza del 99.5%.

La siguiente gráfica ► idealizada indica que la curva inferior representa al líquido y la superior al gas, las líneas punteadas horizontales son las temperaturas que unen al líquido con el gas. Las líneas punteadas verticales indican la evaporación total cuando se evapora totalmente en la fase gaseosa un líquido de cierta composición expresada en fracción mol. La progresión en forma escalonada de derecha izquierda indica licuefacción seguida de una evaporación en proceso repetitivo.



La interpretación inicia con la curva de gas en el punto **1** donde se tiene 80% de  $N_2$  y 20 % de  $O_2$  y se licúa parcialmente para establecer el equilibrio líquido en el punto **2** es decir 60% de  $N_2$  y 40 % de  $O_2$ .

Se toma ahora este líquido y se evapora totalmente (punto 3). El vapor en el punto **3** se licua parcialmente para dar en el equilibrio, así el líquido en el punto **4** tiene la composición del 40% de  $N_2$  y 60 % de  $O_2$ .

Otra vez el líquido se evapora por completo para dar el vapor en el punto **5** y la licuefacción parcial en este punto da lugar al líquido en el punto **6** cuya composición es 20% de  $N_2$  y 80% de  $O_2$ .

Para obtener oxígeno puro subimos la escalera gráfica de derecha a izquierda; el proceso se denomina licuefacción fraccionada. Para obtener  $N_2$  puro, descendemos por la escalera de izquierda a derecha; este proceso se denomina destilación fraccionada. La escalera que se forma entre las dos curvas son las unidades de transferencia de masa, denominadas etapas o platos. [Sienko- Plane (1986) QUÍMICA, PRINCIPIOS Y APLICACIONES. Capítulo 14. Mc Graw-Hill].

#### Concepto clave:

➤ El punto de ebullición

Es la temperatura en la que la presión de vapor resulta igual a la presión del medio que está situado en torno al líquido.

Podemos decir que es el punto a la cual un líquido comienza a burbujear o hervir, dando origen el cambio de estado de líquido a vapor, mientras la temperatura permanece constante y depende de la presión que se ejerce. En un sistema abierto influye la presión atmosférica.

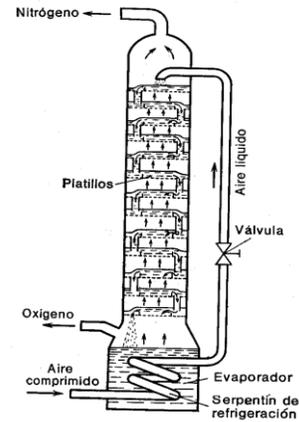
#### Nota:

La destilación es útil en la extracción de principios activos, ejemplo:

El alcanfor se extrae mediante **destilación** del árbol del mismo nombre, el cual crece en Formosa, China, y Japón. El líquido lo contiene en todas las partes de la planta pero generalmente se extrae de las hojas. Fórmula  $C_{10}H_{16}O$ .

### Cuestionario No. 3

1. ¿Qué es la destilación?\_\_\_\_\_.
2. ¿Cuál es la función del condensador en el proceso de la destilación?\_\_\_\_\_
3. ¿Qué se entiende por una mezcla binaria miscible? Por ejemplo\_\_\_\_\_.
4. ¿Por qué en la destilación de aire líquido el nitrógeno sale por la parte superior?▶
5. ¿Cuál de los dos componentes del aire (N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>) tiene el punto de ebullición más alto?
6. ¿Cuales son las diferencias entre el Gas Natural y el Gas LP? <https://www.heatwave.com.mx/noticias/diferencia-gas-natural-gas-lp/>



▶ El profesor promueve a los estudiantes mediante una actividad práctica, y a partir de una lectura que ilustre la destilación del petróleo para comprender que es el método más adecuado para realizar la separación de líquidos miscibles la separación de los componentes de una mezcla miscible (A3).

### Actividad experimental No. 2

Destilación fraccionada de una mezcla binaria homogénea

Aunque **el petróleo es una mezcla compleja**, se pueden obtener componentes de hidrocarburos purificados, especialmente los que tienen **seis carbonos o menos**. Estos compuestos constituyen la materia prima para un gran número de productos petroquímicos.

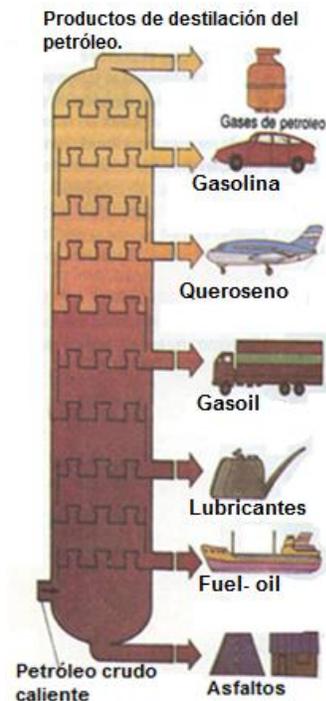
En esta actividad se realizará la destilación fraccionada de una mezcla miscible alcohol-agua.

#### HIPOTESIS:

Al mezclar dos líquidos solubles, la volatilidad de cada uno de ellos es modificada a causa del otro. Por lo tanto al tener alcohol con agua y realizar la destilación fraccionada, el alcohol se separara del agua más rápidamente ya que presenta menor **punto de ebullición** y es sumamente volátil.

📖 **Regla de fases de Gibbs:**

$$F + P = C + 2$$



C= número de componentes  
 P = número de fases  
 F = número de grados de libertad

Cuando en un sistema de dos componentes está presente una sola fase el número de grados de libertad es:  $F = 2 - 1 + 2 = 3$

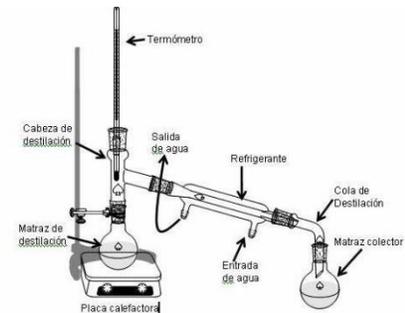
Esto significa que debemos especificar tres variables a fin de describir la condición de la fase, la presión, la temperatura y la concentración de uno de los componentes. De esta manera, es posible presentar las diversas relaciones de los sistemas de dos componentes en una gráfica bidimensional, de dos de las tres variables mencionadas. Visitar:

➤ <https://www.uam.es/docencia/labvformat/labvformat/practicas/practica1/gibbs.htm>

### Propósitos a realizar en la práctica.

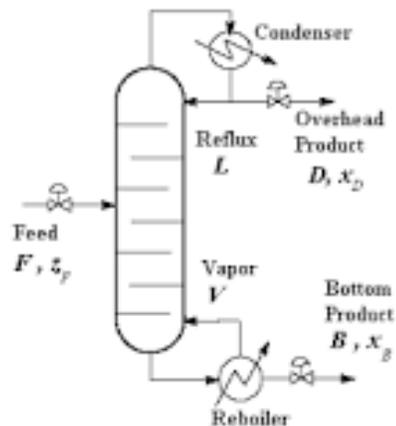
El propósito principal de la práctica de destilación fraccionada es separar los componentes de una mezcla agua y alcohol ►

Considerando como base que llevando a cabo en la torre de destilación continuamente numerosas evaporaciones y condensaciones. Al ir avanzando a lo largo de la columna, la composición del vapor es más concentrada en el componente más volátil y la concentración del líquido que condensa es más rica en el componente menos volátil.



### Materiales

- 46 gramos de alcohol etílico.
- 18 gramos de agua destilada.
- Un refrigerante.
- Un equipo de destilación con salida lateral.
- Dos mangueras.
- Una pinza para matraz.
- Una probeta de 100 mL.
- Tres vasos de precipitados.
- Un matraz de destilación.
- Dos soportes.
- Un mechero o parrilla eléctrica y una balanza.



Recomendamos dos referencias que apoyan a la temática y la actividad de la destilación fraccionada:

- <http://www.industriaquimica.net/destilacion.html>
- <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=rectificaci%C3%B3n+en+destilaci%C3%B3n>

## Procedimiento

1. Se arma el equipo de destilación fraccionada.
2. Se vierten los 46 g de alcohol etílico y los 18 g de agua destilada dentro del matraz.
3. Se calienta dicha disolución.
4. Vamos vertiendo agua fría dentro del refrigerante.
5. El alcohol debe alcanzar su **punto de ebullición** para que el proceso de separarse del agua se lleve a cabo.

**Nota:** en los procesos de la destilación fraccionado es común utilizar el concepto de **la fracción molar (x)**.

Es una unidad química usada para expresar la concentración de soluto en solvente. Nos expresa la proporción en que se encuentran los moles de soluto con respecto a los moles totales de solución, que se calculan sumando los moles de soluto(s) y de disolvente.

### Ejemplos de Cálculo de Fracción Molar:

Ejemplo 1: Calcular la fracción molar de cada una de las sustancias de la disolución de: 10 moles de metanol, 1 mol de etanol y 8 moles de agua.

$N_t = \text{moles totales de la disolución} = n_{\text{metanol}} + n_{\text{etanol}} + n_{\text{agua}} = 10 + 1 + 8 = 19$

$X_{\text{metanol}} = n_{\text{metanol}} / n_t = 10 / 19 = 0.53$

$X_{\text{etanol}} = n_{\text{etanol}} / n_t = 1 / 19 = 0.05$

$X_{\text{agua}} = n_{\text{agua}} / n_t = 8 / 19 = 0.42$

Podemos comprobar que la solución es correcta ya que la suma de las tres es igual a 1:

$$x_{\text{metanol}} + x_{\text{etanol}} + x_{\text{agua}} = 0.53 + 0.05 + 0.42 = 1$$

➤ <http://www.quimicas.net/2015/05/ejemplos-de-fraccion-molar.html>

### Los estudiantes desarrollan las siguientes actividades

Con respecto a la separación de la mezcla binaria alcohol-agua:

#### ¿Qué se necesita para convertir los gramos de cada componente a mol?

Determina la fracción molar de los componentes que usamos en nuestra práctica. Conociendo los puntos de ebullición de cada componente (alcohol-agua), elabora una simulación de gráfica del equilibrio físico, similar al ejemplo de la gráfica de la destilación del aire líquido.

#### ¿En que extremos de la gráfica de equilibrio físico (x) tendremos agua pura y alcohol puro?

**Investigar** ¿Qué es la rectificación en destilación? Argumentar en clase.

➤ <http://fciencias.ugr.es/practicadocentes/wp-content/uploads/guiones/RectificacionMezclasBinarias.pdf>

Los estudiantes comunican sus conclusiones. **A3**

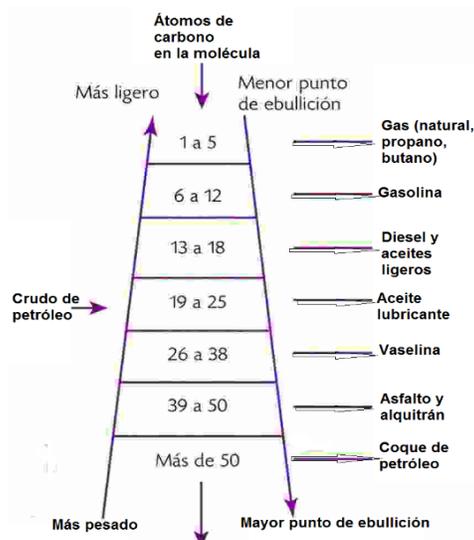
 Con las orientaciones del profesor, los alumnos indagan cómo se relacionan los puntos de fusión y de ebullición de los alcanos con su masa molar y con el número de átomos que tienen las moléculas que los constituyen (3)

## Relación entre el punto de ebullición y el número de átomos de carbono (N3)

Los estudiantes indagan cómo se relacionan los puntos de fusión y de ebullición de los alcanos con su masa molar y con el número de átomos que tienen las moléculas que los constituyen. **A3**

El siguiente esquema es una simulación de una columna de destilación fraccionada donde se observa por el sentido de las flechas que los hidrocarburos más ligeros por tener, puntos de ebullición bajos ascienden por la columna para separarse en el domo, y los más pesados al tener punto de ebullición bastante alto se quedan como residuos ►

La siguiente tabla proporciona una idea de los productos primarios existentes en el petróleo crudo; la relación de la masa molar en función del número de átomos de carbono, **sus puntos de ebullición** y algunos usos:



Fracción	%	No. De átomos de carbono	Límites de punto de ebullición en °C	Usos
Gas natural	2	1 a 4	-44 a 20	Combustible
Éter de petróleo ( <b>thinner</b> )	2	5 a 6	20 a 60	Solvente de grasas, pinturas, barnices y para lavado en seco
Ligroína	10	6 a 7	60 a 100	Combustible
Gasolinas	32	6 a 12	30 a 305	Combustibles para motores
Keroseno (Petróleo diáfano)	18	12 a 18	175 a 325	Diésel y combustible para calefacción, jets y obtención de gasolina
Combustóleo		15 a 38	250 a 400	Calefacción industrial, obtención de gasolina
Gasóleo	20	15 a ...	250 a 400	Combustible
Aceites lubricantes	20	19 a....	250 a 400	Ceras y aceites lubricantes
Residuo		20 a....	más de 350	Parafina y asfalto

El aceite lubricante viene después junto con la cera. Las fracciones pesadas de la base de la columna producen un aceite para uso de los barcos, es más denso que el gasoil.

La fracción más pesada es el betún, una sustancia pegajosa, llamada asfalto, que se utiliza para carreteras, techados e impermeabilizantes.

Algunas de las fracciones se mezclan fácilmente entre sí y con otros productos químicos. De esta manera es posible fabricar materiales plásticos con una utilidad diversa.

La lista de productos es inacabable. Reciben el nombre de hidrocarburos por contener hidrógeno y carbono. Toda la materia viva contiene carbono, y esto nos recuerda que el petróleo y sus derivados fueron plantas y pequeños animales hace millones de años, por lo que estos compuestos formados son parte de lo que conocemos como química orgánica.

#### **Cuestionario No. 4**

1. En los siguientes dos párrafos completa sobre la línea punteada con una palabra:

En el cuadro anterior se observa que mientras menos \_\_\_\_\_ de carbono tengan los alcanos, más \_\_\_\_\_ será el punto de ebullición y serán más volátiles.

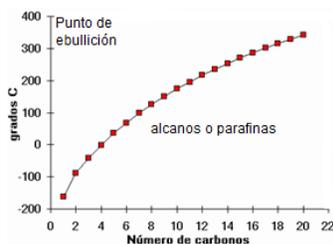
A mayor \_\_\_\_\_ de átomos de carbono, mayor es la masa molar y mayores el punto de ebullición y la \_\_\_\_\_ disminuye.

Los alcanos normales forman un grupo de compuestos llamado serie homóloga, por lo que una serie como ésta provee un cuadro interesante sobre la relación entre la estructura y las propiedades físicas. Las propiedades de los compuestos son una función de la composición atómica, de la masa molar, del tamaño y forma de las moléculas y de los tipos de las uniones.

Nombre	Masa molar	Punto de ebullición (° C)	Formula Condensada
Metano	16	-162	CH <sub>4</sub>
Etano	30	-89	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
Propano	44	-42	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
n-butano	58	-1	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
<b>n-pentano</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>C<sub>5</sub>H<sub>12</sub></b>
<b>n-hexano</b>	<b>86</b>	<b>69</b>	<b>C<sub>6</sub>H<sub>14</sub></b>

2. Traza una gráfica de punto de ebullición (Y) contra las masas molares (X), de estos seis hidrocarburos, y argumenta con la tendencia de la línea obtenida.

Para más argumentos, visitar: <http://www.sabelotodo.org/quimica/alcanos.html>.  
Elabora un informe.



Como se observa en la gráfica, el incremento en el punto de ebullición en esta serie, se nota en los compuestos que tienen una longitud de cadena sistemáticamente mayor, y este crecimiento es mayor para los miembros más pequeños de la serie en donde la longitud adicional de **metilenos (-CH<sub>2</sub>-)** representa una fracción más grande de la molécula total.

El avance en el punto de ebullición disminuye gradualmente y es prácticamente constante a 13°C por unidad **-CH<sub>2</sub>-** cuando la cadena está formada por 20 carbonos aproximadamente. [QUELLETE (2004) **INTRODUCCIÓN A LA QUIMICA ORGANICA**, páginas 72-73. HARLA].

3. Completa los siguientes enunciados seleccionando la palabra adecuada:

Los puntos de fusión / ebullición reflejan el tamaño y la forma de las moléculas así como la polaridad de las uniones de las mismas.

En el caso de sustancias puras a una presión fija, **el proceso de ebullición** o de vaporización ocurre a una sola temperatura; conforme se añade calor la temperatura permanece constante hasta que todo el líquido ha hervido.

Los alcanos comprenden solamente enlaces covalentes no polares carbono-carbono y **carbono-hidrógeno / hidrógeno-hidrógeno** y por eso los puntos de ebullición estarán controlados por la **masa atómica / molecular** y la forma de las moléculas.

4. ¿Cuál es la diferencia entre destilación simple y destilación fraccionada?

5. Se tiene una disolución de 70 gramos de glicerina (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>), 20 gramos de metanol (CH<sub>3</sub>-OH) y 250 gramos de agua (H<sub>2</sub>O). Calcular la fracción molar de cada uno de los componentes. Visitar la página:

➤ <http://www.quimicas.net/2015/09/solucion-ejercicio-de-fraccion-molar.html>

6. Se mezclan 80 gramos de n-pentano y 60 gramos de n-hexano.

a) ¿A que temperatura se debe calentar el destilador para separar ambos componentes?

b) ¿Cuál es el componente menos volátil?

c) ¿Qué porcentaje en masa existe en la mezcla miscible?

d) Calcula la fracción molar.

e) Elabora la simulación de una gráfica de equilibrio físico donde se observe la curva de la fase líquida y gaseosa con base a sus puntos de ebullición y las fracciones mol.

7. ¿Cuáles son los usos del queroseno y las naftas?

8. ¿Cuáles son los gases que se separan en el domo de la columna?

9. ¿La gasolina es solo un componente de hidrocarburo? Argumentar.

10. Escribe la fórmula semidesarrollada del **n-octano** ¿Cuántas estructuras posibles tiene este hidrocarburo de ocho carbonos? ►



### Dato curioso

Es un error pensar que la gasolina está formada por octanos. En realidad la razón por la que se habla de octanos u octanaje para clasificar la gasolina es que el trimetilpentano tiene ocho átomos de carbono.

La gasolina comercial está formada por una mezcla de heptano y trimetilpentano, este se va quemando en los motores suavemente, por lo que es un excelente combustible, así que se le asigna un índice de octanos de 100. El heptano arde de forma explosiva, así que no es un buen combustible, por lo que se le asigna un índice de octanos de 0. La gasolina de 95 octanos es en realidad una mezcla del 95% de trimetilpentano y un 5% de heptano (García Bello Deborah, 2016).

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

### Estrategia 3

#### ¿Cómo se clasifican y representan los petroquímicos básicos?



Los estudiantes identifican los petroquímicos básicos y los productos derivados de éstos, al analizar cadenas de producción. Describen las cadenas con el uso de nombres y fórmulas de los petroquímicos básicos. Industria petroquímica.

### Lectura

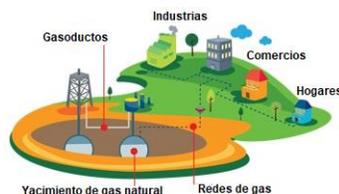
**La industria petroquímica** es una de las empresas más importantes de nuestro país, de los petroquímicos básicos se desarrollan numerosas aplicaciones que sirven de base para todas nuestras necesidades [Espriella G. (2012) Ingeniería Química].

**La elaboración, transporte, almacenamiento, distribución y las ventas de primera mano de aquellos derivados del petróleo y del gas, que sean susceptibles de servir como materias primas industriales básicas y que constituyen petroquímicos básicos, que a continuación se enumeran:**

Etano, propano, butano, pentanos, hexano, heptano, naftas, metano. Se utilizan principalmente como insumos industriales y combustibles.

### Cadenas productivas a partir del petróleo crudo

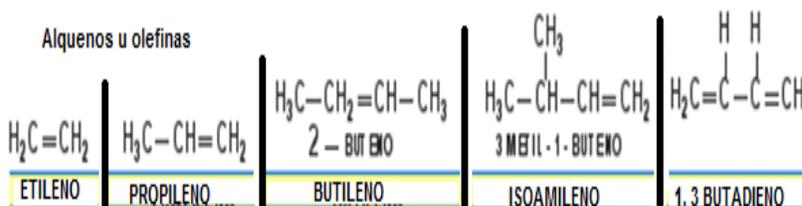
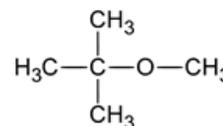
Del petróleo se obtienen determinados compuestos que son la base de diversas cadenas productivas que determinan en una amplia gama de productos denominados petroquímicos que se utilizan en las industrias de fertilizantes, plásticos, alimenticia, farmacéutica, química y textil, entre otras. Las **principales cadenas petroquímicas** son las del gas natural, las olefinas ligeras (etileno, propileno y butenos) y la de los aromáticos.



La industria petroquímica usa productos derivados de petróleo crudo para hacer plásticos, fibras sintéticas, detergentes, medicinas, conservadores de alimentos, hules y agroquímicos.

El petróleo ha transformado la vida de las personas y la economía de las naciones, su descubrimiento creó riqueza, modernidad, pueblos industriales prósperos y nuevos empleos, motivando el crecimiento de todas las industrias.

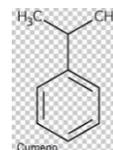
A partir del **gas natural** se produce el gas de síntesis que permite la producción a gran escala de hidrógeno, haciendo posible la producción posterior de amoníaco por su reacción con nitrógeno, y de metanol, materia prima en la producción de metil-terbutil-éter entre otros compuestos.



Del **etileno** se producen un gran número de derivados, como las diferentes clases de polietileno, cloruro de vinilo, compuestos clorados, óxidos de etileno, monómeros de estireno entre otros que tienen aplicación en plásticos, recubrimientos, moldes, etc.

Del **propileno** se producen compuestos como alcohol isopropílico, polipropileno y acrilonitrilo, cumeno, ácido acrílico, dodeceno; dodecilbenceno, el polímero polipropileno, y otros que tienen gran aplicación en la industria de solventes, pinturas y fibras sintéticas.

Una cadena fundamental en la industria petroquímica se basa en los **aromáticos** (benceno, tolueno y xilenos). El benceno es la base de producción de ciclohexano y de la industria del nylon; así como del cumeno para la producción industrial de acetona y fenol. Los xilenos son el inicio de diversas cadenas petroquímicas, principalmente las de las fibras sintéticas.

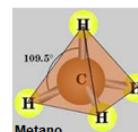


## Los petroquímicos básicos

### ✓ Metano

(cuando provenga de carburos de hidrógeno, obtenidos de yacimientos ubicados en el territorio nacional y se utilice como materia prima en procesos industriales petroquímicos).

El metano también se produce por la descomposición de material vegetal y animal, y a veces se le ve burbujear en la superficie de las ciénegas; de ahí que se le conozca comúnmente como “**gas de los pantanos**”.



El metabolismo de las bacterias del aparato digestivo también produce metano, por lo que es un componente importante de los gases intestinales [Burns Ralph A. (2011) Fundamentos de Química. Pearson].

Tarea para el estudiante:

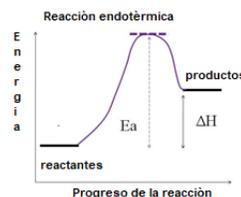
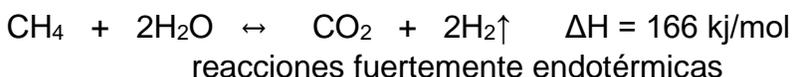
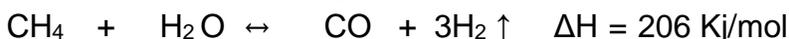


Los estudiantes investigan y realizan ejercicios sobre nomenclatura de hidrocarburos sencillos siguiendo las reglas de la **IUPAC. A4**

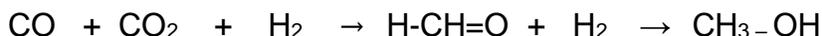
- a) Alcanos o parafinas lineales con fórmula general; **C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub> + 2**
  - b) Alquenos con una doble ligadura lineales con fórmula general; **C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>**
  - c) Alquinos con una triple ligadura lineales con fórmula general; **C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub> - 2**
- <https://www.google.com/search?q=tabla+de+nomenclatura+de+hidrocarburos&client=>

A partir del **metano** se produce el gas de síntesis que permite la producción a gran escala de hidrógeno, haciendo posible la producción posterior de amoníaco por su reacción con nitrógeno, y de metanol, materia prima en la producción de metil-terbutil-éter, entre otros compuestos.

El metano (CH<sub>4</sub>) lo utiliza Petróleos Mexicanos como materia prima para obtener el **gas de síntesis** y elaborar el alcohol metílico, llevándose a cabo las reacciones interpretadas con las siguientes ecuaciones ►



En la reacción de reformación del gas natural, la relación de hidrógeno a monóxido de carbono es de **3 a 1** para el metano puro, por lo tanto, es necesario añadir dióxido de carbono al gas antes de reformarlo para reducir la relación hidrógeno a monóxido de carbono, para llevar a cabo la siguiente reacción en dos etapas ►



Los gases reformados se enfrían con agua, el agua condensada se separa y el gas de síntesis se comprime a la presión deseada.

#### Destilación:

El metanol gas que sale del reactor, debe ser purificado, por lo cual, en primer lugar éste pasa por un intercambiador de calor que hace bajar su temperatura, consiguiendo que se condense el metanol. A través de un separador, se separa el metanol, emitiéndose gases. El metanol cuando se encuentra en estado líquido sale del separador alimentando a una columna con vapor de agua a bajas presiones. Finalmente de la torre de destilación saldrá el metanol en condiciones normales.

- <https://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/obtencion-del-metanol>

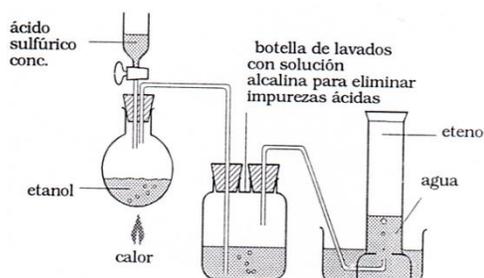
Recomendamos visitar la siguiente página para conocer los procesos petroquímicos de metanación, síntesis de amoníaco y urea.

- <http://www.textoscientificos.com/quimica/urea/produccion>. Argumentar en clase.

### Actividad experimental No. 3

Obtención del etileno en el laboratorio.

El eteno es un gas incoloro, con un olor ligeramente dulce, es ligeramente soluble en agua y arde con una llama brillante. Debido a su **doble enlace**, es muy reactivo y forma fácilmente numerosos productos como el bromoetano, el 1, 2-etanodiol (etilenglicol) y el polietileno.



Sugerimos ver el **video de youtube** para la obtención del etileno

- [https://www.youtube.com/watch?v=k\\_xyBFgQaBI](https://www.youtube.com/watch?v=k_xyBFgQaBI)
- <https://www.google.com/search?q=Obtenci%C3%B3n+de+etileno+en+el+laboratorio&client=firefox-b->

Elaborar un reporte.

En agricultura se utiliza como colorante y agente madurador de muchas frutas, tiene un punto de fusión de  $-169.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  y un punto de ebullición de  $-103.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### La importancia del eteno o etileno

El etileno o eteno es una olefina que sirve como materia prima para obtener una enorme variedad de productos petroquímicos. La mayoría de los productos derivados del etileno se denominan **secundarios**, porque resultan de las reacciones de adición de diferentes moléculas de hidrocarburos. Por sus propias características, varios de esos compuestos son productos terminados, como son los solventes y aditivos para las gasolinas y otros utilizados en alimentos, cosméticos, y varios más.

La industria petroquímica obtiene el etileno por procesos tales como por la ruptura mediante vapor (*steam cracking*) de hidrocarburos de refinería como el etano principalmente. La obtención industrial del etileno se lleva a cabo por deshidrogenación del etano.



Es una reacción endotérmica, por eso se lleva a cabo por pirolisis a unos 1000°C, a esta temperatura se produce el rompimiento de enlaces, así que la formación de etileno se ve acompañada de productos secundarios que son separados posteriormente por los procesos físicos de destilación o absorción:

Es un gas inflamable, generalmente se obtiene del etano, que viene mezclado dentro del gas natural y se separa por **criogenia**. Es decir, el gas se enfría y llega el momento en que el etano se licua y el componente principal del gas, el metano, mantiene su estado gaseoso.

El etileno también es la cabeza, el producto inicial, de una cadena petroquímica muy amplia. A partir de él entre otros, se produce el polietileno, tanto de baja densidad como de alta densidad. Estos productos tienen muchas aplicaciones y también son el punto de partida de otros petroquímicos. Además se producen a partir del etileno: etanol (alcohol de caña, aunque en este caso no viene de ella), óxido de etileno, benceno, etilbenceno, de ahí se puede llegar al estireno y de ahí a plásticos y al hule sintético.

El autor **Mc Murry. Química Orgánica**, propone el siguiente esquema:

Molécula útil



Es un monómero de varios productos ►

**Etileno o eteno**, es un alqueno de la serie de las olefinas (hidrocarburos insaturados).

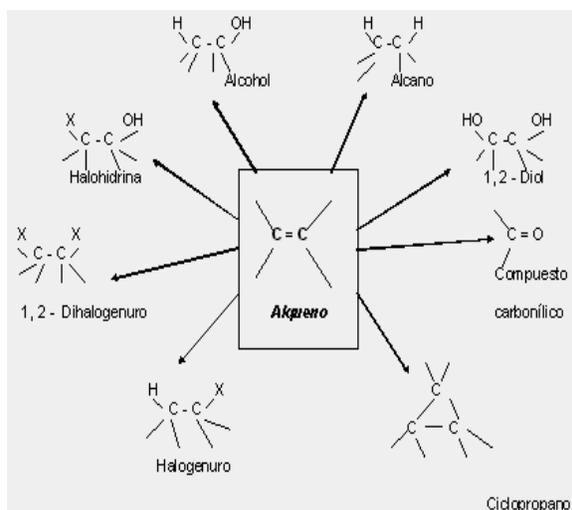
Los productos químicos secundarios se derivan del etileno, propileno, butenos, butadienos, benceno, tolueno y xileno.

Ejemplo, el etanol para uso comercial se produce por la reacción del etileno con el agua a elevadas presiones (200 atm) y temperaturas (300°C) y catalizador. Se emplea como disolvente para perfumes, esmaltes y algunos medicamentos como la tintura de yodo. El gashol o alcanafita es una mezcla de etanol y gasolina que se utiliza como combustible.

A continuación se describen las cadenas de los petroquímicos básicos:

### Tarea para el estudiante.

Contesta ¿cuales fueron los primeros productos petroquímicos obtenidos en escala comercial? Consultar; Devore-Muñoz Mena. Página 564.

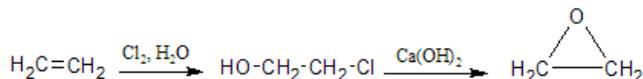


- **Tecnologías para la producción de óxido de etileno**

Las licencias de tecnología actualmente existentes para la producción de óxido de etileno por oxidación directa pertenecen a las empresas Shell, Scientific Design (SD), Unión Carbide Corporation (UC, subsidiaria de Dow Chemicals (Co), Japón Catalytic, Snam Progetti y Huls.

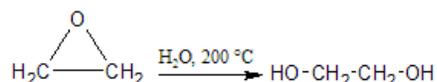
Todas las tecnologías son muy similares, aunque existen diferencias dependiendo principalmente si se emplea aire u oxígeno como oxidante. Las plantas de Shell solo utilizan oxígeno como agente oxidante mientras que Scientific Design y Unión Carbide Corporation han desarrollado también plantas basadas en la oxidación con aire.

**Reacciones antiguas de síntesis**



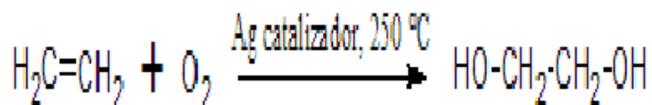
**del óxido de etileno y del etilen –**

**glicol ►**



También por su hidratación directa se obtiene el glicol o etilen-glicol (p.e.= 197°C)

En el proceso más reciente se prepara por oxidación directa del etileno con aire o con oxígeno en presencia de un catalizador de plata. (<https://www.textoscientificos.com/quimica/oxido-etileno>).



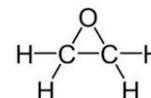
**Ejemplos de aplicaciones**

El 1, 2 etanodiol o etilenglicol se utiliza como anticongelante. También es un disolvente para pinturas, tintas y plásticos, y se utiliza en la, producción de fibras sintéticas como el Dacrón.

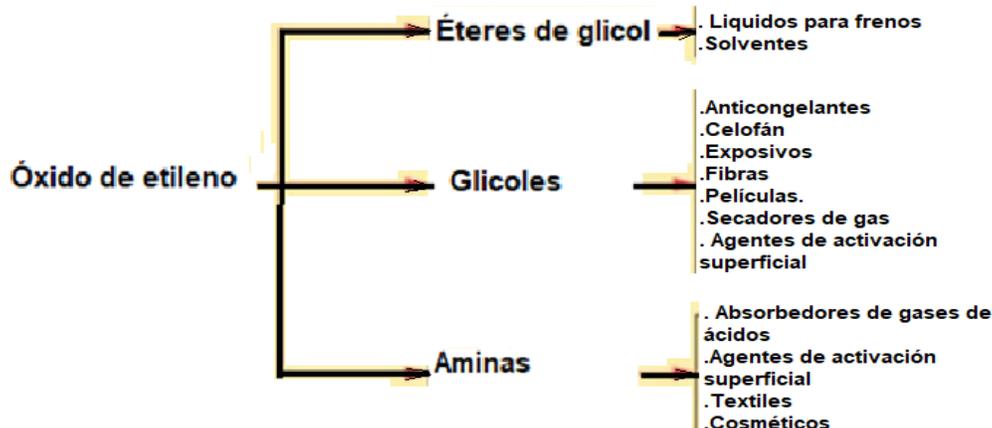
El glicol se utiliza en grandes cantidades para la preparación de soluciones anticongelantes. Una solución acuosa de 25 % de volumen de glicol no empieza a helarse hasta los -13°C. Con 35% se consigue que no se congela hasta los -21°C y con el 45 % en volumen hasta los -32°C.

🔍 **Nota.** Los primeros productos obtenidos en escala comercial son; propanol y etilenglicol, en Nueva Jersy y Virginia (Estados Unidos) en el año 1929.

El óxido de etileno es un gas incoloro, inflamable, tóxico, muy reactivo y que es técnicamente el epóxido más importante.



### Usos y aplicaciones

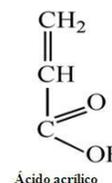


Su uso en los hospitales es como esterilizador.

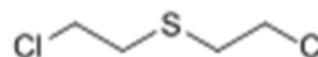
### Referencia:

- <https://es.slideshare.net/AbrahamJACG/oxido-de-etileno>

El ácido cianhídrico (**H-CN**) se combina directamente con el óxido de etileno calentando moderadamente en presencia de un catalizador para obtener etilencianhidrina siendo la base para preparar el ácido acrílico en IUPAC Ácido Prop-2-enoico ▶

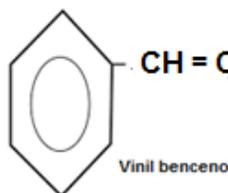
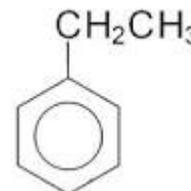


La iperita (**C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>Cl<sub>2</sub>S**) se obtiene por acción directa del cloruro de sulfurilo (**S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>**) sobre dos mol de etileno ▶  
 ↳ bis(2-cloroetil)sulfano.



### ○ El proceso de la etilación del benceno por etileno

El etileno reacciona directamente con el benceno a 100 °C en presencia de cloruro de aluminio, dando una cierta porción de etilbenceno.



El etilbenceno deshidrogenando a 66°C en presencia de óxido de cinc activado (cracking deshidrogenante), da vinilbenceno o estireno.

El estireno, fabricado en grandes cantidades es un monómero muy interesante para síntesis por polimerización y copolimerización. (Devore-Muñoz, 2000)

- **El propeno o propileno**

**Es una olefina que se licua fácilmente (punto de ebullición -48°C)**

↳ Hay varias vías de obtención además del craqueo térmico.

↳ La segunda en importancia es el cracking catalítico (fcc)

↳ Dos vías recientes: deshidrogenación de propano y metátesis.

- <http://simulacionprocesosindustriales.blogspot.com/2016/04/planta-de-propileno-y-polipropileno.html>

**La deshidrogenación de propano puede llevarse a cabo de dos maneras:**

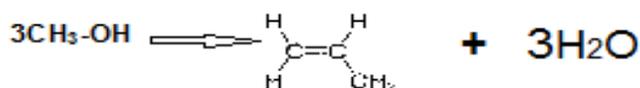
**Oxidativa:** en donde es mezclado con oxígeno, produciendo agua como subproducto. Las reacciones de este tipo son endotérmicas y deben ser catalizadas. La presencia de O<sub>2</sub> limita la coquización y extiende la vida útil de los catalizadores.



**No oxidativa:** por medio de reacciones catalíticas se da la deshidrogenación de forma endotérmica, se obtiene hidrógeno como subproducto, por lo que se ve como una alternativa atractiva, dado el uso que se le puede dar a este subproducto para producción de energía.



También se puede obtener a partir de metanol. Este se pasa por el catalizador **zeolita**, el cual promueve su deshidratación y conduce a la formación de propileno.



El propeno o propileno es el segundo compuesto orgánico en volumen de producción y constituye después del etileno la materia prima más importante para la preparación de productos orgánicos.

En la industria química se utiliza como materia prima para la producción y síntesis de numerosos derivados.

**Tarea para el estudiante.**

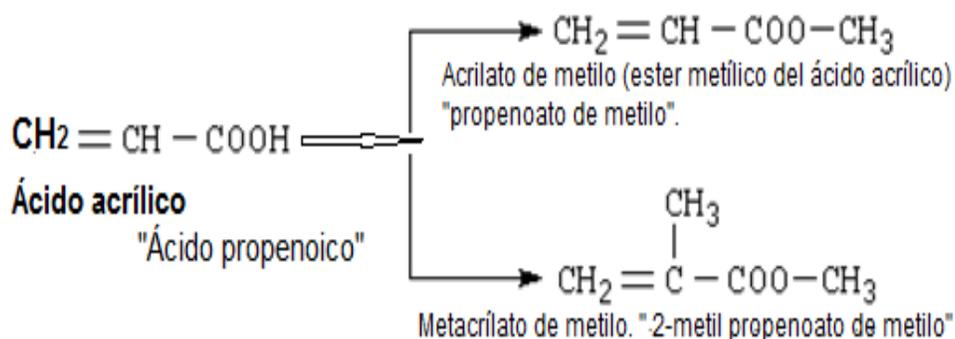
¿Qué son las zeolitas? ¿Cuales son sus aplicaciones y usos industriales? Videos.

<https://www.zeocat.es/spanish/usosindustriales.htm>

La importancia del **propileno** crece de año en año. De éste se obtiene por hidratación alcohol isopropílico, el cual es un buen disolvente; por oxidación, óxido de propileno; por oxo-síntesis, el aldehído n-butírico e isobutírico; por interacción con el amoníaco y oxígeno (reacción de amonólisis oxidante) se obtiene el acrilonitrilo, semiproducto para la producción de sustancias macromoleculares.

El acrilonitrilo obtenido del propileno es casi dos veces más barato que el del acetileno. Entre los productos obtenidos del **propileno**, el isopropilbenceno ocupa el primer lugar, y el segundo el polipropileno.

Reacción de oxidación a partir del propeno para la obtención del ácido acrílico:



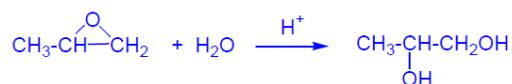
### ○ El óxido de propeno

El óxido de propileno es conocido como el reactivo universal por sus excelentes propiedades químicas. La mayor parte de la producción se emplea directamente como materia prima para la obtención de polioles y glicoles; sin embargo, otra parte se destina a la venta a clientes, quienes a su vez lo utilizan en la producción de detergentes, tensoactivos, siliconas, disolventes y otras especialidades.

El óxido de propeno, independientemente de su empleo como disolvente de las nitrocelulosas es un agente de síntesis comparable al óxido de etilo.

El propilenglicol se obtiene por hidratación del OP con un gran exceso de agua en presencia de catalizadores ácidos o básicos.

Es posible fijar selectivamente el propeno por ácido sulfúrico al estado de sulfato ácido de isopropilo ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{-HSO}_4$ ) en esta condición por hidrólisis se obtiene el isopropanol ►



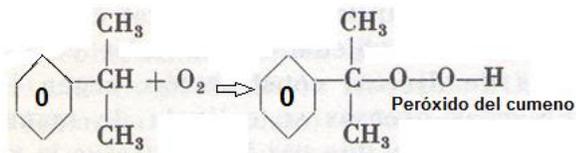
Una reacción interesante es la preparación del cumeno, también llamado isopropilbenceno. Se hace pasar propileno por benceno caliente, que contiene cloruro de aluminio como catalizador, mientras se agita constantemente.

Por adición el **propeno** con el **benceno** en presencia de  $\text{AlCl}_3$  se produce el cumeno o isopropil benceno. Utilizado como carburante de aviación por su elevado índice de octano ▶

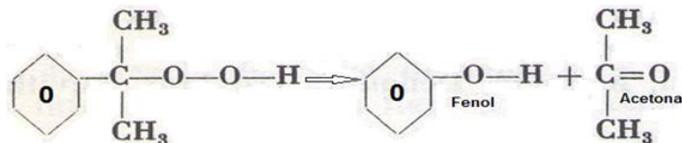


Su principal uso es como materia prima en la producción de fenol y acetona.

El cumeno se puede oxidar fácilmente a peróxido por el oxígeno del aire ▶



El peróxido bruto se lleva, sin purificarlo, a un ácido sulfúrico del 10 % y a  $50^\circ\text{C}$ , en el que se desdobra en acetona y fenol ▶

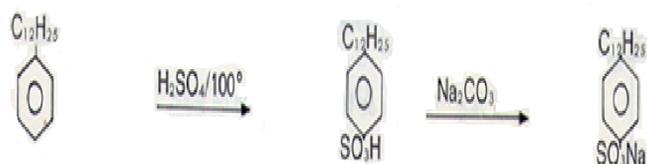


De los detergentes sintéticos en México se manufacturaron exclusivamente los alquil sulfonatos. Petróleos Mexicanos elabora el dodecilbenceno, materia prima para estos productos de derivados del petróleo

Sus reacciones químicas son ▶  $4 \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2 \xrightarrow[\text{catalizador}]{\text{HF}/\text{O}^\circ} \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_9-\text{CH}=\text{CH}_2$   
dímero                      trímero                      Tetrámero

El dodeceno (tetrámero) se separa del dímero y el trímero por destilación fraccionada, luego se hace reaccionar con benceno, formándose dodecilbenceno, que sirve para obtener los  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_9-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{C}_6\text{H}_6 \longrightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{25}-\text{C}_6\text{H}_5$  detergentes ▶

A partir del dodecilbenceno se obtiene sulfonato por medio de las reacciones ▶



Debido al volumen de la cadena de alquilo, predomina la sustitución en **para**.

El dodecilsulfonato de sodio y detergentes similares no son atacables por microorganismos, por lo cual se van acumulando en ríos donde descargan las aguas negras. Así, el río se llena de espuma y mueren los peces. Esto ha originado prohibiciones para usar estos detergentes.

### ☞ **Argumento**

Los detergentes van al mar y a los ríos como producto de desecho doméstico o industrial; su distribución allí depende de los patrones de circulación del agua, agitación y sedimentación de las partículas. Los contaminantes sedimentados en el fondo afectan a la fauna bentónica- los organismos que ocupan el estrato más profundo del mar-. Los detergentes alteran los intercambios de las membranas celulares, las fases de la activación respiratoria y la conducción del sistema nervioso de muchos organismos. En ciertos moluscos bivalvos se ha reportado una disminución en el movimiento de sus valvas y la pérdida del reflejo para enterrarse. Las dificultades para alimentarse repercuten en la talla de los peces.

Los detergentes interfieren en el proceso de autopurificación de las aguas marinas que son capaces de destruir bacterias fecales en menos de ocho días. Es necesario enfatizar el uso de los jabones de pasta [Lavín Mónica. (2007) Planeta azul, planeta gris. Libros del Rincón. ADN].

Al estudiar los químicos el problema, descubrieron que los microorganismos no podían romper las cadenas de alquilo muy arborescentes, originadas por la isomerización del dodecilo durante su introducción al benceno. Se ha encontrado condiciones de reacción que impidan la isomerización, por lo que ya se producen detergentes del tipo dodecilsulfonato de sodio que son biodegradables.

### **Referencia:**

Dunhe-Ortegón-Domínguez. (1978) Química General y Orgánica. McGraw Hill. México.

### **Tarea para el estudiante.**

Elabora un mapa mental con todos los productos derivados del propileno. Ver,

- <http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/organica/directorio/jaime/PrBuAr.pdf>

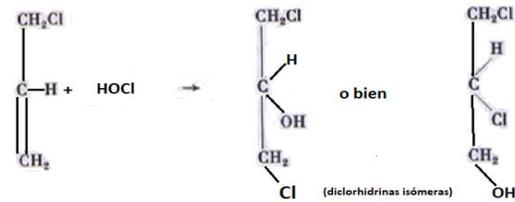
○ **La síntesis de la glicerina**

El propileno se transforma con cloro, a alta temperatura, en cloruro de alilo ►



Es interesante saber porque el cloro sustituye en el carbon 2 al hidrógeno; posteriormente se explicará con el conocimiento de la estabilidad de los carbocationes.

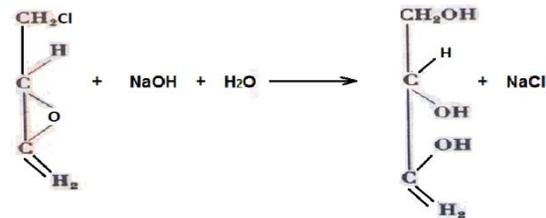
El cloruro de alilo se combina con el ácido hipocloroso y da lugar a la diclorhidrina ►



La diclorhidrina se conduce a una columna, en la que al mismo tiempo se introduce hidróxido de calcio, que a 50°C separa cloruro de hidrógeno de las dos diclorhidrinas formándose la epiclorhidrina ►

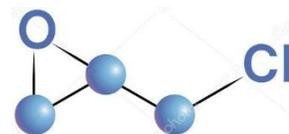


La epiclorhidrina reacciona con lejía de sosa cáustica, formándose glicerina ► (Mayer Ludwig, pp. 141-142).



☞ **Argumento**

La glicerina o **1, 2, 3-propanotriol** es un líquido viscoso. La presencia de varios grupos polares -OH en la estructura de este alcohol hace que tenga una buena afinidad por el agua. Lo que convierte a la glicerina en un suavizante idel para la piel en productos como lociones corporales, cosméticos, cremas de afeitado, jabones líquidos y gel antibacterial (Timberlake Karen, 2011).



**Tara para el estudiante.**

¿Qu es la epiclorhidrina? Cuales son sus usos.

➤ [https://www.gab-neumann.com/Aplicaciones/\\$/Epiclorhidrina/156](https://www.gab-neumann.com/Aplicaciones/$/Epiclorhidrina/156)

La glicerina tiene una gran importancia técnica:

- ↳ Por nitración con ácido nítrico se obtiene la nitroglicerina.
- ↳ Se usa como líquido para baños calientes y como anticongelante
- ↳ Es materia prima para una serie de ésteres sintéticos y otros productos.

#### Referencia:

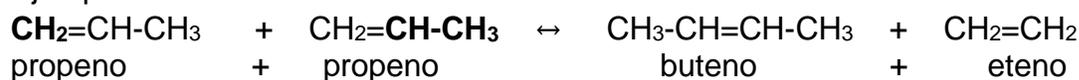
Mayer Ludwig. (1976) Métodos de la Industria Química Orgánica. Parte 2 orgánica. Editorial Reverté, S.A.

## COMENTARIO

### ❖ La reacción de metátesis

En cualquier reacción química, los enlaces que hay entre átomos diferentes se rompen y se forman nuevos. En este tipo de procesos, “**la metátesis representa un cambio de posición**; en las olefinas o alquenos, los átomos unidos por el doble enlace cambian de lugar con otros átomos similares”.

Ejemplo de reacción ►



En esta reacción de metátesis, una de las moléculas de propeno intercambia su grupo **-CH<sub>2</sub>-** por el grupo **CH<sub>3</sub>-CH-** de otra molécula de propeno. El resultado es buteno y eteno. Para que la reacción ocurra se requiere de un catalizador, el cual no se consume durante la reacción.

Tiene gran potencial comercial en las industrias farmacéutica, biotecnológica y de generación de alimentos. Son múltiples aplicaciones, algunas relacionadas con la producción de polímeros de mayor resistencia y alta especialidad; por ejemplo, implantes intraoculares y recubrimientos antibalas, además de la creación de productos de uso industrial a partir de fuentes naturales o de desecho.

(Gaceta UNAM, 27 de octubre de 2011 Número 4376, página 8).

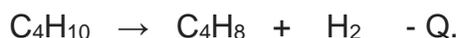
#### ○ Butilenos

Los productos naturales del petróleo contienen hidrocarburos saturados de cuatro carbonos. Estos productos aparecen como vapores pesados en el gas natural húmedo y en el petróleo crudo. Los productos C<sub>4</sub> también se producen a partir de otros hidrocarburos durante los diversos procesos de refinación del petróleo. Los **butilenos y butadieno no son naturales**, sino que se derivan de C<sub>4</sub> saturados o de otros hidrocarburos, ya sea como productos principales o como subproductos.

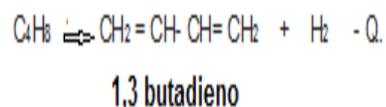
- <http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/organica/directorio/jaime/PrBuAr.pdf>

○ **Deshidrogenación del n-butano y de los butilenos**

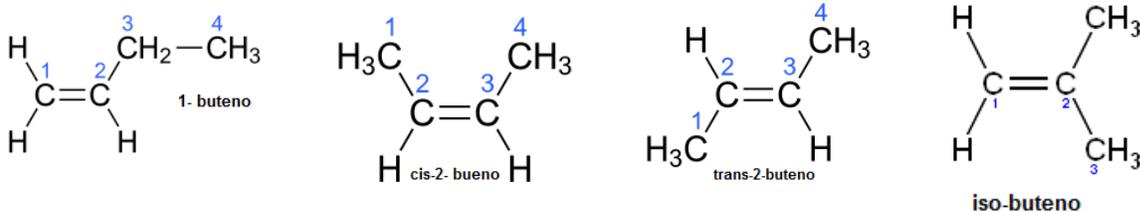
Si el butano y los butilenos se calientan en ausencia de catalizadores, prevalecen las reacciones de ruptura del enlace **C -C**, puesto que la energía de ruptura de este enlace (272 KJ/mol) es menor que la del enlace **C-H** (369 KJ/mol). Durante la **pirolisis** se forman metano, etileno, propileno, etano, propano, sustancias resinosas y coque [Epstein. (1977) **Química en la Industria**. Editorial Mir Moscú]. En la deshidrogenación del **n-butano** se forma una mezcla de **n-butilenos** ►



Durante la deshidrogenación los butilenos se transforman en divinilo, directamente o con isomerización acompañada de traslado del enlace doble ►



Las diversas estructuras del 1-buteno todas con propiedades físicas y químicas diferentes ►



Las reacciones de los butenos son las habituales de los dobles enlaces y destacan:

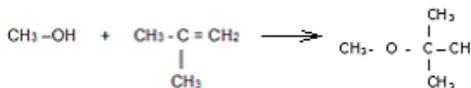
- Reacciones de adición catalizadas por ácidos.
- Isomerización.
- Polimerización.
- Los dos isómeros menos reactivos son los 2-butenos, mientras que el isobuteno presenta la máxima reactividad, especialmente en adición y en polimerización.
- Las diferencias en la reactividad permiten separar unos butenos de otros mediante reacciones químicas selectivas.

☞ **Reactividad:**

Isobuteno >> 1-buteno > 2-buteno

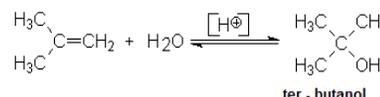
- **Síntesis del Éter Metil Tert-Butílico (MTBE)**

Compuesto orgánico que se obtiene a partir de una reacción catalítica entre metanol e isobuteno (isobuteno) ►



Es un éter, incoloro, líquido inflamable de olor característico desagradable, contiene **18.2%** en peso de oxígeno, ligeramente soluble en agua, miscible en cualquier tipo de gasolina. Es un líquido utilizado como aditivo para las gasolinas al 8%

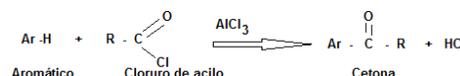
Hidratación de 1-buteno en presencia de ácido mineral diluido con formación de ter-butanol y su consiguiente desdoblamiento de nuevo en 1-buteno y agua ►



El terbutanol es miscible en agua y hierve a 82°C tiene olor similar al alcanfor.

- **Obtención de cetonas por acilación de Friedel – Crafts**

Se usan cloruros de ácido en lugar de haluros de alquilo ►



### Alquilación de Friedel-Crafts

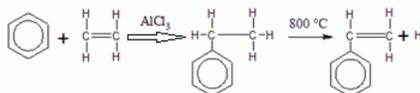
Esta reacción se realiza cuando el benceno se mezcla con  $\text{AlCl}_3$  o el  $\text{FeCl}_3$  (ácidos de Lewis).

El benceno en sus reacciones típicas sirve como fuente de electrones, es decir, como base de Lewis. Los compuestos con los cuales reacciona el benceno tienen una deficiencia de electrones, lo que quiere decir que son electrofílicos (aceptan electrones) o reactivos ácidos de Lewis.

La síntesis de Friedel-Craft constituye un método muy importante de preparación de hidrocarburos aromáticos sustituidos. Tiene lugar por la reacción del benceno con halogenuros de alquilo o con halogenuros de ácido en presencia de catalizadores ácidos de Lewis, como  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ .... Produciendo arenos alquilados o cetonas aromáticas respectivamente.

### Obtención del Estireno

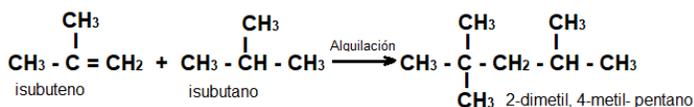
También llamado vinilbenceno, se prepara a partir del benceno y eteno mediante la reacción de Friedel-Crafts ►



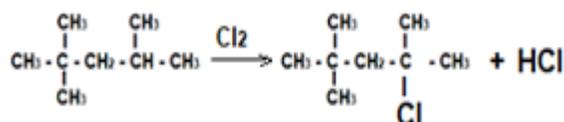
○ **La alquilación en la industria petroquímica**

**La alquilación** es una serie de reacciones que tienen la característica de incorporar un grupo alquilo con determinado grupo de átomos de carbono a un agente alquilante que puede ser un alqueno, un alcohol o un haluro de alquilo.

En petroquímica, la alquilación el objetivo es convertir los hidrocarburos de **C<sub>4</sub>** tales como; buteno, isobuteno, butano e isobutano en una mezcla compleja de alcanos ramificados; gasolinas ►



Si se requiere fabricar el 2-cloro-2, 4, 4-trimetilpentano se realiza una reacción de sustitución usando **Cl<sub>2</sub>** molecular ►



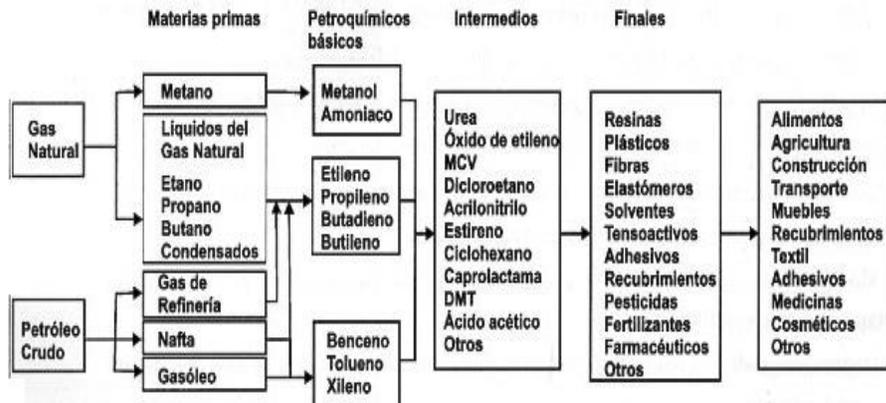
📖 **Nota:**

Sugerimos ver mecanismos de reacción en Brown William H. (2002). Capítulo 9: páginas 242-243. “Alquilación y acilación de Friedel-Crafts, realizadas en 1877.



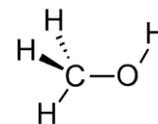
Los estudiantes clasifican los petroquímicos básicos y concluyen sobre la importancia de las cadenas productivas en la economía.

**Principales cadenas productivas de la industria petroquímica**



📖 **Argumento**

El metanol se emplea en la fabricación de plásticos, medicinas y combustibles. En las carreras de coches se utiliza como combustible, ya que es menos inflamable y tiene más octanaje que la gasolina (Timberlake K. 2011).



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

## Cuestionario No. 5

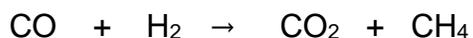
### 1. Definición de petroquímica.

➤ <https://definicion.de/petroquimica/>

( ) Petroquímica básica	A) gasolinas, metanol, acetona.
( ) Petroquímica primaria	B) productos de limpieza, aditivos alimenticios, medicinas.
( ) Petroquímica secundaria	C) metano, etano, etileno, butileno.

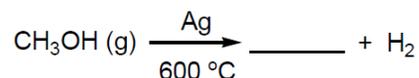
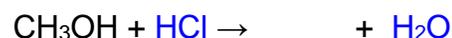
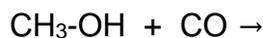
### 2. Relaciona ambas columnas ►

### 3. Balancear las siguientes dos ecuaciones químicas:



### 4. ¿El amoníaco es un producto petroquímico? Por qué.

### 5. ¿Qué petroquímicos se obtienen al hacer reaccionar el metanol con monóxido de carbono, con ácido clorhídrico y en presencia de un catalizador de plata?



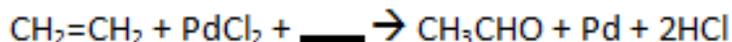
### 6. ¿Cuál es el nombre en IUPAC del producto en la siguiente ecuación química:



### 7. En la siguiente **reacción de adición**, ¿Qué producto se obtiene? ¿Cuál es su nombre en IUPAC?: Ver; <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-05.php>



### 8. ¿Qué reactivo se necesita para obtener el acetaldehído?



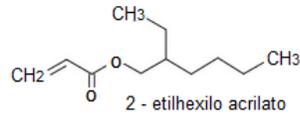
El acetaldehído se usa: en la industria química en una inmensa cantidad de procesos, siendo un producto muy inflamable tanto en líquido o sus vapores.

### Tarea para el estudiante.

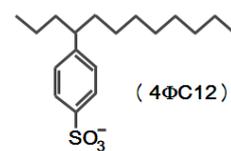
¿Por qué sabe a frutas mi refresco? Factores que intervienen en la generación de acetaldehído en el PET. **Cómo participa la formación de acetaldehído en el procesamiento del PET.** Ver la pagina de fecha 01/03/2018

➤ <https://www.pt-mexico.com/art%C3%ADculos/c%C3%B3mo-participa-la-formaci%C3%B3n-de-acetaldeh%C3%ADdo-en-el-procesamiento-del-pet>

9. ¿Cuál es la materia prima para obtener el acrilato de n-butilo y el 2-etil hexil acrilato? El **metacrilato de metilo** por la IUPAC es 2-metil, **propenoato** de metilo Investiga ¿Cuáles son los usos de cada uno?



10. ¿Qué nombre recibe la siguiente estructura si el radical sulfito se complementa con un átomo de hidrógeno?



Si el hidrógeno en el **SO<sub>3</sub><sup>-</sup>** se sustituye por un átomo de sodio ¿Qué tipo de compuesto se forma?

➤ [https://es.wikipedia.org/wiki/Sulfonato\\_de\\_alquilbenceno\\_lineal](https://es.wikipedia.org/wiki/Sulfonato_de_alquilbenceno_lineal)

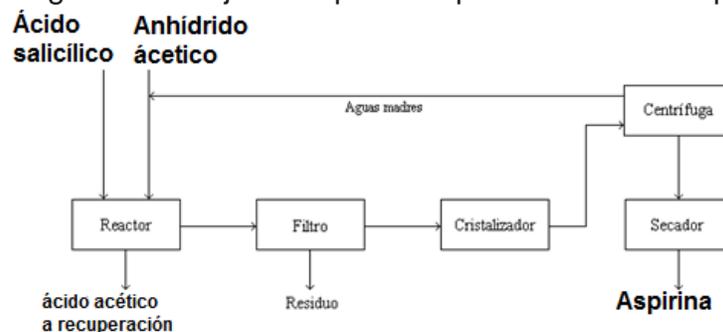
De estos dos petroquímicos, etileno y propileno

11. ¿Cuál de las dos olefinas produce mayor cantidad de productos químicos?

Élabora un organizador gráfico de los butilenos.

➤ [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/sec\\_13.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/sec_13.html)

12. El siguiente diagrama de flujo es el proceso para obtener la aspirina



a) Investiga las estructuras químicas de los reactantes; ácido salicílico, anhídrido acético y la aspirina, escribe sus nombres en IUPAC.

b) Escribe con fórmulas químicas la ecuación química de la reacción que realiza en el reactor. ¿Qué catalizador se usa durante la reacción?

➤ Brown William H. (2002) Introducción a la Química Orgánica. Primera edición en español. Página 351.

➤ <https://www.google.com/search?q=obtencion+de+la+aspirina+reaccion&tbm=isch&source=i>

## Estrategia 4

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



El profesor promueve que los estudiantes realicen las siguientes actividades:

Que los estudiantes Investiguen a que se debe la existencia de gran cantidad de compuestos de carbono, a diferencia de los inorgánicos. **A5**

Analizan la información seleccionada para que el profesor conduzca a los estudiantes a comprender la diversidad de compuestos de carbono debido a su capacidad para formar cadenas, ciclos, ramas, isómeros, enlaces múltiples (sus longitudes, ángulos y energías de enlace), además de reconocer la mayor energía de los enlaces de carbono que la de los enlaces de silicio que tiene también cuatro electrones de valencia.

### Lectura

Características del átomo de carbono (N1)

El carbono es no metal por lo que no es maleable, tampoco tenaz ni ductil. No tiene brillo.

La posición del carbono dentro de la clasificación periódica lo ubica como un elemento peculiar en sus propiedades: su número atómico es 6, es el elemento no metálico que encabeza la familia **IVA**.

Sus isótopos son el **C-12**, C-13 y C-14. Sus **alótropos** son el grafito, el diamante y el carbono amorfo.

El **C-12** es el que forma parte de los compuestos del carbono algunos de la química inorgánica como son el CO, CO<sub>2</sub>, el NaCO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, CaC<sub>2</sub> y el NaCN.

A temperaturas normales, el carbono se caracteriza por su baja reactividad. A altas temperaturas, reacciona directamente con la mayoría de los metales formando **carburos (CaC<sub>2</sub>, Fe<sub>3</sub>C, TiC, VC, WC, TaC, NbC y Nb<sub>2</sub>C)**, y con el oxígeno formando monóxido de carbono (**CO**) y dióxido de carbono (**CO<sub>2</sub>**).

Por pertenecer al grupo **IV** tiene cuatro electrones en su nivel externo por lo que es un elemento con valencia de **4** en estado basal.

El carbono tiene la capacidad única de enlazarse con otros átomos de carbono para formar compuestos en **cadena y cíclicos muy complejos**. Esta propiedad conduce a un número casi infinito de compuestos de carbono en química orgánica, siendo los más comunes los que contienen carbono e hidrógeno.

Existen algunos elementos como el **boro**, **silicio** y el **azufre** que también forman cadenas, sin embargo, el número de compuestos que producen es menor y son menos estables.

Las propiedades del carbono permiten formar una cantidad superior de compuestos a la de cualquier elemento de la tabla periódica.

## Actividad experimental No. 4

### Tintas invisibles

**PROPÓSITO.** Reconocer la existencia del carbono en las sustancias orgánicas.

### MARCO TEÓRICO

Algunas sustancias cambian de color cuando se calientan o se enfrían, o cuando entran en contacto con otras sustancias como el cloro. Las sustancias que cambian de color (se oscurecen) porque “se queman”, se conocen como sustancias orgánicas porque se pensaba que sólo podían encontrarse en los organismos. Sustancias orgánicas, como el azúcar, se queman con mucha rapidez y se pueden usar para fabricar tintas invisibles.

Cuando mencionamos azúcar, no sólo nos referimos al azúcar que conocemos; en química, hay otros azúcares, que dan sabor dulce a los alimentos como la leche o las frutas. También se quema con facilidad **la vitamina C**, que es la que utilizamos como tinta invisible cuando escribimos con el jugo de limón.

Los indicadores son sustancias que cambian de color al entrar en contacto con otras que se llaman ácidos y bases. Muchas flores y verduras deben su color a que contienen indicadores, por ejemplo, la col morada y el rábano. Con éstas se puede hacer tintas invisibles o tintas que cambien el color de lo que se escribe en el papel.

**Hipótesis**\_\_\_\_\_

### Material y sustancias

- Hojas de papel blanco o de color.
- Jugo de limón.
- 100 mL de leche.
- Té de rábano o col morada.
- Un objeto de madera con punta afilada, cerillos y vela pequeña.

### Procedimiento

1. Mojar la punta del objeto de madera en el jugo de limón, leche o té.
2. Escribe o dibuja una figura.
3. Dejar secar la tinta en el papel.
4. Pasa la vela encendida por debajo de la hoja del papel a una distancia de tal manera que no se queme la hoja.

### Observa y contesta para incluir en el reporte.

¿Qué le sucede al jugo de limón al acercarle la flama?\_\_\_\_\_

¿Crees que se podría usar como tinta invisible otra clase de jugo, por ejemplo de manzana o de naranja?\_\_\_\_\_

¿Crees que se podría usar como tinta invisible otro tipo de tés, por ejemplo, té negro, de canela o de bugambilia? Si tienes oportunidad realiza la prueba.

## Elabora tus observaciones y conclusiones

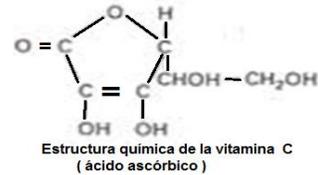
### 📖 Nota:

Pigmento. Sustancia que muestra un color debido a las longitudes de onda que refleja.

## COMENTARIO

### ❖ La vitamina C

El jugo de limón contiene vitamina **C**, (ácido ascórbico) sustancia que se quema fácilmente al reaccionar con el oxígeno, convirtiéndose en carbón. Es un ácido orgánico, con propiedades antioxidantes proveniente del azúcar ▶



El ácido ascórbico, o Vitamina **C**, es una vitamina hidrosoluble, emparentada químicamente con la glucosa, que solamente es una vitamina para el hombre.

Al pasar el cerillo, el carbón queda sobre el trazo y se puede ver lo escrito.

**La leche contiene azúcar en forma de lactosa, que al igual que la vitamina C,** se convierte en carbón. En lugar de leche pueden usarse otros jugos de frutas que contienen fructosa, aunque el dibujo que se obtenga quizá sea más pálido.

En cuanto a los tés vegetales, en algunos observarás un cambio de color, en otros verás solamente un trozo oscuro al acercarle a la flama de la vela.

En ocasiones, lo escrito puede aparecer si humedeces el papel con un poco de agua de jabón corriente o

con vinagre fuerte.

Analiza las observaciones de ésta actividad, reflexiona acerca del comentario y concluye

### 📖 Nota:

**Tinta** es un líquido que contiene varios pigmentos o colorantes utilizados para colorear una superficie con el fin de crear imágenes o textos. Comúnmente se considera que la tinta es utilizada en bolígrafos o pinceles; sin embargo, es utilizada extensivamente en toda clase de impresiones.

**Color.** Propiedad de la luz determinada por la longitud de onda.

**Colorante.** Sustancia química, pintura, tinta, lápiz o tiza, que da color a los materiales.

## Tarea para el estudiante.

¿Cuáles son algunos de los efectos de la vitamina **C** en la salud?

➤ <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-DatosEnEspañol/>

## Capacidad de combinación del átomo de carbono

El estudio de las propiedades del átomo de carbono permite explicar que este elemento sea prácticamente el único que dé lugar a numerosos compuestos. Bastará recordar que el carbono es tetravalente, lo mismo actúa como elemento electronegativo (en el metano por ejemplo) que como elemento electropositivo (en el CO<sub>2</sub> o CCl<sub>4</sub>). Por otro lado las cuatro valencias del carbono son idénticas. Los átomos de carbono tienen la propiedad de unirse entre sí para formar cadenas lineales o ramificadas o bien ciclos. Los carbonos pueden unirse intercambiando una sola valencia, pero también dos o tres valencias. Estas cadenas de átomos de carbono constituyen los esqueletos de todas las moléculas orgánicas. (García Pérez, et al, 2000).

Este elemento proporciona el mayor número de compuestos, debido a que sus átomos pueden enlazarse covalentemente entre sí, formando cadenas, anillos o cíclicos, estructuras ramificadas, etcétera, formando compuestos orgánicos cuya existencia es bastante amplia.

La mayor parte de los compuestos orgánicos se derivan del grupo de compuestos conocidos como hidrocarburos (derivados del petróleo crudo) debido a que están formados solo por hidrógeno y carbono. Con base en la estructura, los hidrocarburos se dividen en dos clases principales: alifáticos y aromáticos. Los hidrocarburos alifáticos no contienen el grupo benceno o anillo bencénico, en tanto que los hidrocarburos aromáticos contienen uno o más anillos bencénicos.

Los hidrocarburos son el grupo de compuestos orgánicos más básico debido a su formación de carbono e hidrógeno únicamente. Es suficiente el considerar a los petroquímicos básicos para que de ellos se genere una gran diversidad de cadenas productivas, como se explicó anteriormente en el aprendizaje 4.

El carbono da **compuestos inorgánicos iónicos** sólo con los elementos más electropositivos para formar carburos.

### El carbono tetravalente

Los datos experimentales disponibles muestran que el carbono es un elemento tetravalente, por ejemplo; comparte sus cuatro electrones con los de cuatro átomos de hidrógeno, formando un compuesto al que le llamamos metano.

### Tarea para el estudiante.

📖 **Tema de interés.** Alótropos del carbono: grafito, diamante y fullerenos.

Más como Buckminsterfullereno y nanotubos de carbono.

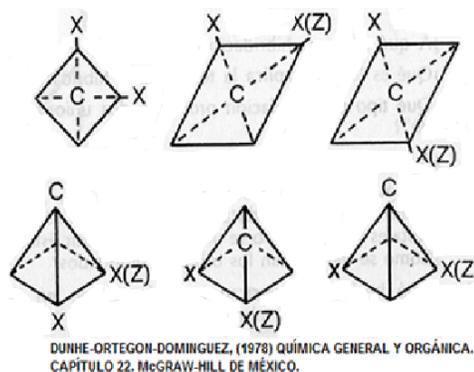
**Referencia:** Vollhardt-Schore (2005) Química orgánica. Capítulo 15, página 656.



### Dato curioso

La dureza del diamante es la responsable de su nombre, ya que la palabra “diamante” proviene del griego **adamás**, que significa “invencible”, “inalterable”, “irrompible”. En cambio, el término “grafito” proviene del griego **graphein**, que significa “escribir” (García Bello Deborah, 2016).

Los cuatro enlaces son covalentes y, como sólo se conoce un derivado monosustituido del metano,  $\text{CH}_3\text{X}$  y un solo derivado disustituido,  $\text{CH}_2\text{X}_2$  ó  $\text{CH}_2\text{XZ}$ , se deduce que las cuatro valencias del carbono son iguales y el átomo de carbono debe ser inscrito en un tetraedro regular con sus cuatro valencias dirigidas hacia los vértices. Si el carbono estuviera en el centro de un rectángulo o en el ápice de una pirámide, habría dos compuestos de fórmula  $\text{CH}_2\text{X}_2$  ó  $\text{CH}_2\text{XZ}$  ►



La hipótesis del carbono tetraédrico en el carbono saturado, había sido concebido por Pasteur (1860) y por Wislicenius (1873) y desarrollada por Le Bel y Van't Hoff (1874) en relación con la isomería óptica. La hipótesis, respecto de las representaciones planas que suponía dos isómeros para los derivados del metano ( $\text{CH}_4$ ) con sustituyentes iguales o diferentes, ha resultado contradictoria con la experiencia; en cambio, se ha observado que un tetraedro regular, en el espacio, se ajusta más a la realidad, ya que la isomería sólo aparece cuando las cuatro valencias del carbono están saturadas por cuatro radicales, todos diferentes.

Sin embargo, la tetravalencia del carbono, tal como aparece en casi todos los compuestos orgánicos, se logra **sólo si existen cuatro electrones desapareados**, lo que requiere que se efectúe una mezcla de orbitales puros originando un orbital híbrido, para lo cual se invierte cierta energía dando lugar a que los compuestos **C-H** partan del centro del carbono, formando entre sí, ángulos iguales de  $109^\circ 28'$  con lados de igual longitud, lo que determina la formación de un tetraedro regular. **Este tipo de hibridación se llama tetraédrica.**

### Carbono: su forma tetraédrica

Cuando un átomo de carbono comparte sus cuatro electrones exteriores con otros cuatro átomos, el resultado es un compuesto tal como  $\text{CH}_4$ . En este compuesto, el átomo de carbono central está enlazado con cada uno de los cuatro átomos de hidrógeno.

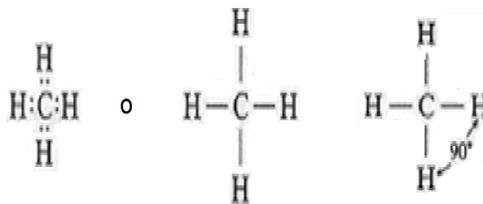
Una forma gráfica que nos ayuda a simplificar la estructura de estos compuestos es con el **modelo de Gilbert Lewis** quien en **1916** introdujo el concepto del **enlace electrónico**, que consiste en compartir los electrones externos, y se indican con puntos o cruces alrededor del **símbolo del elemento**.

📺 **APOYO, VIDEO DE YOU TUBE**

**Demostración del ángulo de enlace tetraédrico, 23 DE MARZO 2021 (6.57minutos)**

- <https://es.khanacademy.org/science/organic-chemistry/gen-chem-review/hybrid-orbitals-jay/v/tetrahedral-bond-angle-proof> (**argumentar en clase**)

Podemos escribir la estructura electrónica de Lewis, de puntos de la forma usual ►

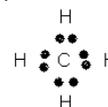


Estos diagramas dan la impresión de que los enlaces carbono-hidrógeno están en ángulos de 90° unos con otros. Sin embargo, **esta no es la fórmula como la molécula que existe en verdad.**

**Las moléculas son tri-dimensionales, no bidimensionales.** Y los cuatro electrones exteriores en el carbono se mueven tal lejos unos de otros como sea posible, ya que los electrones se repelen unos a otros.

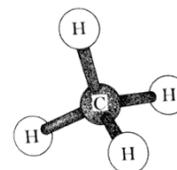
Los electrones pueden alejarse tanto como sea posible si los enlaces carbono-hidrógeno forman un tetraedro (Sherman-Russikoff, 1999 : capítulo 19.1).

Al combinarse el carbono con **cuatro hidrógenos** para compartir cuatro pares de electrones se forma el metano ►



Las fórmulas de Lewis indican el mismo concepto estructural que las fórmulas de Kekulé, y cada enlace puede ser definido como un par de electrones compartidos.

Cada ligadura representa un par de electrones compartidos, formando así, enlaces covalentes, y en este caso **tetravalente por tener cuatro enlaces** ►



### El carbono y su concatenación

La gran abundancia de los compuestos del carbono justifica que la química orgánica Constituye un campo amplio de esta disciplina. Por tener todas las sustancias orgánicas el elemento carbono, podemos definir la química orgánica, como la química de los compuestos del carbono.

Es común representar las moléculas orgánicas **por unión de tetraedros**, fundamentándose en la teoría del carbono tetraédrico de Van t Hoff. Según esta teoría, el metano se representa por un tetraedro en cuyos vértices están situados los cuatro átomos de hidrógeno.

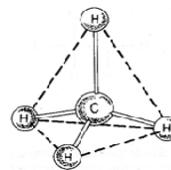
**Jacobus Henricus van 't Hoff** was born in Rotterdam, the Netherlands, and earned his doctorate in Utrecht in 1874. He was a professor in Amsterdam for many years, but in 1896 he moved to Berlin, where he was offered a position with more research and less teaching. He formulated the osmotic pressure law, but also was important in stereochemistry, which studies molecular structure. Jacobus Henricus van 't Hoff is considered one of the founders of physical chemistry. A key step in establishing this new field was the start of Zeitschrift für Physikalische Chemie in 1887.

### Tarea para el estudiante.

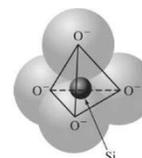
📖 Elaborar un resumen de las investigaciones científicas de **Jacobus Henricus Van't Hoff**. En

- [https://www.ecured.cu/Jacobus\\_H.\\_Van%27t\\_Hoff](https://www.ecured.cu/Jacobus_H._Van%27t_Hoff) Argumentar en clase.

Sin embargo, para hacer más patente la configuración geométrica de las moléculas, se recurre a modelos atómicos espaciales, los más utilizados son el de esferas y varillas, En estas representaciones, cada átomo de la molécula está simbolizado por una esfera de color diferente, según la clase de átomo que representa ►



El silicio al combinarse con cuatro oxígenos forma también un tetraedro. Como cada oxígeno del tetraedro de silicato tiene un electrón disponible para enlazarse, se pueden producir diferentes tipos de estructuras de silicato. El silicio se encuentra en el tercer periodo de la tabla periódica y tiene un número atómico de **14**. La diferencia es que el silicio casi tiene el doble de diámetro que el carbono de modo que forma enlaces más grandes y débiles ►



La **concatenación** y la fuerza característica de los enlaces tipo carbono-carbono, hacen posible la formación de un gran número de moléculas, muchísimas de ellas esenciales para la vida, dando a este tipo de enlaces gran importancia, así como al carbono en general, tema de estudio en la química orgánica, que es rama de la química dedicada al estudio del carbono y sus combinaciones.

Las cadenas de enlaces **C-C**, forman verdaderos esqueletos carbonados, a menudo con ramificaciones. En dichas ramificaciones podemos diferenciar distintos tipos de carbono, dependiendo del número de carbonos que estén enlazados, es decir, dependiendo de cuantos carbonos tenga como vecinos un átomo de carbono.

Es práctica común preparar tetraedros con envases de boing, quitando sus caras laterales e incrustar una esfera de unicel con cuatro palillos orientados a los vértices de la figura geométrica, con esas unidades se elaboran grandes cadenas para comprender el concepto de concatenación.

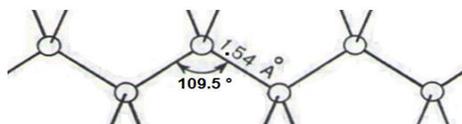
### Concepto clave:

#### ➤ Concatenación

En Química la **Concatenación** se define como la tendencia del átomo de carbono para formar enlaces covalentes con otros átomos de carbono en largas cadenas y ciclos. Esto se debe a que presenta una energía de enlace simple carbono-carbono de 345 Kj/mol, que es una de las energías de enlaces homonucleares más altas.

El carbono aporta cuatro y el hidrógeno un electrón. Son ocho electrones de enlace, cuatro enlaces covalentes, electrones sin compartir ninguno.

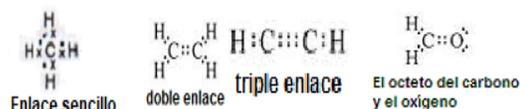
El estudio radiológico de las moléculas que contienen cadenas de átomos de carbono indica, que **los átomos de carbono que forman tales cadenas** no se encuentran situadas en línea recta, sino formando una línea quebrada, zigzagueando.



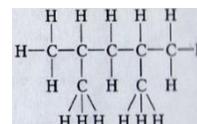
Esto se debe a que las cuatro valencias del átomo de carbono están, unas con relación a otras, dirigidas de un modo determinado: la disposición que guardan entre sí corresponde con las líneas que van del centro de tetraedro a los vértices del mismo [B.V. NEKRASOV. (1990) Química General. Editorial Mir Moscú].

## Enlaces sencillos dobles y triples. (N1)

La estructura de Lewis permite visualizar los 4 electrones de valencia que tiene el carbono y que se acomodan de formas variadas dando lugar a enlaces simples dobles y triples ►

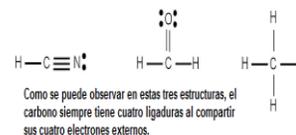


Los enlaces sencillos los conforman las parafinas o alcanos en cadenas lineales o ramificadas, donde cada carbono está saturado con cuatro ligaduras compartiendo un par de electrones entre ellos mismos o con hidrógeno, ejemplo ►



Una peculiaridad es que el carbono forma enlaces múltiples consigo mismo y con el nitrógeno y oxígeno, en forma lineal y cíclica y heterocíclica comparado con el silicio este elemento no forma cadenas con ramificaciones. El carbono y el hidrógeno son átomos pequeños que forman enlaces que dan lugar a moléculas estables.

Otros elementos que no sean el hidrógeno por ejemplo; nitrógeno, oxígeno, azufre, y halógenos, pueden saturar en parte otras valencias del carbono, lo que amplía el estudio de los compuestos del carbono a sustancias como: alcoholes, aldehídos, cetonas, haluros, tioles, ácidos y ésteres, aminas, amidas, carbohidratos, aminoácidos, aromáticos y heterociclos como la piridina.



En la combustión y el metabolismo de los compuestos orgánicos el producto final del carbono es  $CO_{2(g)}$  y el producto análogo del metabolismo del dióxido de silicio es  $SiO_{2(s)}$ . El silicio no forma enlaces múltiples. Las moléculas de dióxido de silicio se polimerizan para formar el cuarzo.

Al comparar las energías de enlace del carbono y el silicio con el hidrógeno ►

Energía de enlace	
C-C	348 KJ/mol
C-H	413 KJ/mol
Si-Si	226 KJ/mol
Si-H	323KJ/mol

Se observa que hay más estabilidad en **C-C** y **C-H**.



**Tarea para el estudiante.** (Thomas Anderson (1843), un químico escoses).

¿Qué es la piridina ( $C_5H_5N$ )?, ¿Cuáles son sus aplicaciones?

► <https://www.lifeder.com/piridina/>

El silicio, al igual que el carbono, es capaz de formar enlaces consigo mismo. Las cadenas complejas de silicio no tendrían la estabilidad suficiente para formar estructuras complejas compatibles con la vida. El silicio solo forma enlaces sencillos consigo mismo y ni siquiera son lo suficientemente estables como para mantener la integridad de moléculas grandes.

Las moléculas que tienen un esqueleto de átomos de silicio alternados con átomos de oxígeno son más estables en estas condiciones. Pero eso es precisamente porque son bastante inertes, lo que limita su potencial para formar compuestos complejos con otras moléculas de su entorno.

Los átomos de silicio por ser más grandes que los del carbono les cuesta mucho más trabajo enlazar átomos de otros elementos a su alrededor y formar moléculas tan grandes y complejas como las que forma el carbono **en química orgánica**.

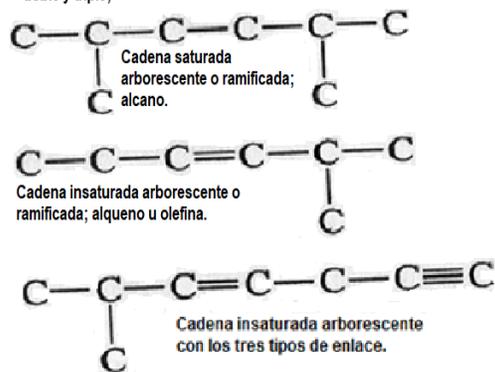
### El carbono tiene la capacidad de concatenar

cadenas arborescentes donde sus átomos comparten dos o tres pares de electrones, esos son las parafinas, las olefinas y los acetilénicos.

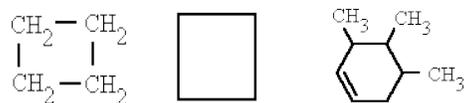
Se entiende que todos los carbonos se tienen que complementar con **hidrógenos**,

es decir saturar las cadenas siempre con cuatro enlaces o ligaduras. Los nombres de cada uno se asignan de acuerdo a las reglas de **IUPAC**.

Ejemplos de esqueletos de hidrocarburos con enlaces sencillo, doble y triple;



También existen estructuras cíclicas saturadas e insaturadas ►



Las características más importantes de los compuestos orgánicos son las relativas a su composición, naturaleza covalente de sus enlaces, combustibilidad y abundancia.

**La abundancia de los compuestos del carbono es que existen moléculas orgánicas con la misma fórmula condensada pero con diferente estructura**, por ejemplo los alcanos o parafinas a partir de 4, 5, 6, 7 carbonos incrementan las moléculas de cada caso en función de **los isómeros** que existen del n-butano, n-pentano, n-hexano, n-heptano, donde n= cadena normal (o lineal). Al igual que los alquenos, existe el 1-buteno, 2-buteno (trans 2-buteno y cis 2-buteno) y el isobutileno, ya anteriormente en el aprendizaje 4 se abordaron los butilenos dentro de sus cadenas productivas, página 53.



Los estudiantes analizan en la tabla periódica: radio atómico, electronegatividad, distribución electrónica, electrones de valencia, de los átomos de carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, oxígeno, silicio y a partir del estudio establecer que:

- El átomo de carbono posee una electronegatividad intermedia y una mayor capacidad para formar enlaces que los elementos del segundo periodo.
- Es de menor tamaño que el átomo de silicio. **A5**

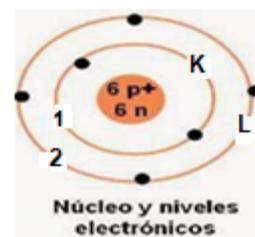
## Propiedades periódicas (N2)

### Lectura

#### Distribución electrónica

Podemos decir que la distribución de los electrones en los átomos tiene relación con el número de periodo y el número de familia de los elementos representativos. Para los metales de transición es preferible usar los subniveles establecidos en el esquema de las diagonales de Keller.

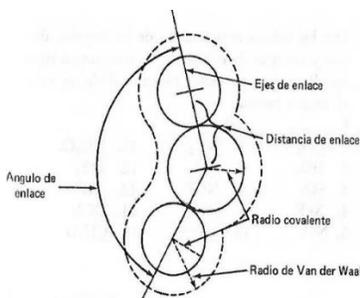
Con el uso del modelo de Bohr la distribución de los electrones en los átomos de los elementos representativos se elabora considerando el número de periodo al que pertenece el elemento en la tabla periódica, en el caso del carbono este se encuentra en el número 2, por lo que sus electrones están distribuidos en dos niveles de energía ►



### Radio atómico

El tamaño atómico se determina por la carga nuclear del átomo y por la configuración electrónica. Resulta evidente que para un número dado de electrones, mientras mayor sea la carga nuclear, más grande será la atracción y más pequeño el volumen ocupado por los electrones. Con una carga nuclear dada, mientras mayor sea el número de electrones en un átomo o ion, más grande será la repulsión interelectrónica y, por lo tanto más grande es el volumen. Así los iones positivos serán más pequeños que los átomos neutros que contienen el mismo número de electrones, mientras que los iones negativos serán más grandes que los átomos neutros que poseen la misma carga nuclear (Dillard-Goldberg, 1977:Capítulo 10).

De acuerdo con el modelo ondulatorio del átomo la nube electrónica no tiene límites específicos. Cuando dos átomos forman un enlace, describimos el tamaño de la molécula en términos de la distancia internuclear media entre los átomos, pero las disminuciones del perímetro de la nube son arbitrarias, y los valores que representan los tamaños de los átomos, moléculas o iones sólo sirven para compararlos.



◀El radio de una capa electrónica imaginaria se llama radio de Van Der Waals. Las distancias interatómicas se determinan en el laboratorio usando el método de difracción de electrones y los valores obtenidos así indican que en los enlaces covalentes del mismo tipo, ya sean simples, dobles o triples, los átomos de un elemento siempre tienen el mismo radio atómico, sin importar el otro elemento

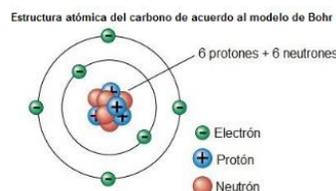
que hay en el enlace (Guayasamin Guerrero,1987).

La siguiente tabla muestra los radios covalentes de los elementos más comunes en Angstrom ▶

Elemento	Enlace simple	doble	triple
H	0.30		
C	0.77	0.67	0.60
N	0.70	0.60	0.55
O	0.66	0.55	
S	1.04	0.94	

## Electrones de valencia del carbono

El carbono en la tabla periódica se encuentra en la familia **IV** por lo que se relaciona con los cuatro electrones externos, siendo estos los que conocemos como **electrones de valencia** ▶



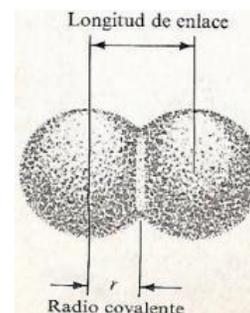
Cuando cede sus cuatro electrones su estado de combinación es de  $C^{+4}$ , el signo positivo indica que tiene cuatro protones en exceso porque ha perdido cuatro electrones que y en ciertas reacciones llega a formar compuestos donde se considera que gana cuatro electrones para completar su octeto y su estado de combinación es de  $C^{-4}$

En las reacciones químicas donde existe intercambio de electrones, las valencias, o números de valencia se interpretan como los números de oxidación o estados de combinación.

### Concepto clave:

- Radio covalente

Cuando se determina en forma experimental la distancia de enlace de una molécula homonuclear, como  $F_2$  o el  $Cl_2$  se considera arbitrariamente que la mitad observada es el radio covalente de enlace simple de los átomos individuales ▶



### Tarea para el estudiante.

El estudiante define “energía de ionización” y con una tabla periódica o gráfica determina las tendencias de los valores por periodo y grupo. **Opciones:**

Timberlake (2011). Química; capítulo 3, paginas 109-110. PEARSON.

- <http://www.quimicafisica.com/energia-de-ionizacion.html>

(Elaborar un organizador gráfico para exponer en clase)

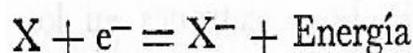
## Afinidad electrónica

Para formar un ion negativo, debe suministrarse un electrón al átomo neutro. Cuando sucede esto, se emite una cantidad de energía, que es una medida de la afinidad electrónica de ese elemento. En este caso se aplican los mismo, factores que gobiernan la energía de ionización, es decir 1) el tamaño de átomo que forma el ion y 2) el número de electrones que intervienen en la formación del ion.

El tamaño del átomo neutro tiene un efecto mayor cuando se forma un ion negativo que cuando se forma un ion positivo, es decir, en el primer caso el átomo más pequeño atrae al electrón con más facilidad y por tanto, forma iones negativos más fácilmente que un átomo más grande. Por ejemplo, este es el caso de los halógenos ►

Elemento	Radio atómico
F	0.64 Å
Cl	0.99 Å
Br	1.14 Å
I	1.33 Å

Como vemos, del flúor al yodo, aumenta el radio atómico, y por consiguiente el tamaño del átomo es mayor, por lo que el flúor al tener el radio atómico más pequeño acepta un electrón más fácilmente que los otros elementos: el cloro le sigue en afinidad electrónica y el yodo es el menos reactivo. La ecuación siguiente representa la ionización de un no metal ►



X = no metal

El resultado de esta reacción es la formación de un ion estable. Esto es semejante a la formación de un ion positivo, es decir, es tan difícil añadir un electrón para formar un ion negativo, como desprender un electrón para formar un ion positivo. Y como en el caso de los iones positivos, es más fácil formar un ion con una carga de -1, que un ion con una carga de -2. Cada vez que se añade un electrón hay aumento en el tamaño de la nube electrónica y, por lo tanto los electrones se encuentran más alejados del núcleo, es decir, hay una disminución relativa de la carga nuclear, lo que produce una fuerza de atracción más débil entre el núcleo y los electrones.

La facilidad con la que un átomo neutro forma iones negativos depende principalmente de su habilidad para atraer los electrones de otro átomo y formar enlaces con él. Esta habilidad se mide en términos de electronegatividad.

La tabla de electronegatividades la hizo el Químico Linus Pauling y se basa en la comparación cuantitativa del efecto de la combinación de la energía de ionización con la afinidad electrónica. **Los valores son arbitrarios y no miden la actividad química del elemento, sino que predice la naturaleza del enlace que se forma entre dos elementos** (Guayasamin, 1987: Capítulo 6).

### Tarea para el estudiante.

Define “afinidad electrónica” y con una tabla periódica de valores de energía determina sus variaciones en forma horizontal y vertical.

- Brown-LeMay-Bursten (1998) Química: Capítulo 7; páginas 232-233. Fig.7 (muestra las afinidades electrónicas de los elementos representativos de las cinco primeras filas de la tabla periódica).



El átomo de carbono posee una electronegatividad intermedia y una mayor capacidad para formar enlaces que los elementos del segundo periodo. Es de mayor tamaño que el átomo de silicio. **A5**

## Lectura

### Electronegatividad

H	2.1												
Li	1.0	Be	1.5	B	2.0	C	2.5	N	3.0	O	3.5	F	4.0
Na	0.9	Mg	1.2	Al	1.5	Si	1.8	P	2.1	S	2.5	Cl	3.0
K	0.8	Ca	1.0	Ga	1.6	Ge	1.8	As	2.0	Se	2.4	Br	2.8
Rb	0.8	Sr	1.0	In	1.7	Sn	1.8	Sb	1.9	Te	2.1	I	2.5
Cs	0.7	Ba	0.9	Tl	1.8	Pb	1.8	Bi	1.9	Po	2.0	At	2.2
Fr	0.7	Ra											

**“Es la capacidad de un átomo para atraer electrones en un enlace covalente”.**

◀ Es una propiedad periódica cuyos valores establecidos en la tabla periódica son útiles para predecir el tipo de enlace.

Recordemos que un enlace es covalente cuando los átomos comparten electrones y que un enlace iónico

se produce cuando un átomo atrae completamente los electrones de otro. La magnitud y la naturaleza del enlace químico, depende entonces de la atracción relativa del núcleo de uno por los electrones de otro y varía desde 100 % covalente a 100 % iónico; entre estos dos extremos existen enlaces que son una mezcla de los dos ▶

¿Cómo se calcula la magnitud y naturaleza de tales enlaces? La escala de electronegatividades nos ayuda a predecir la magnitud del enlace químico y su naturaleza. Generalmente una electronegatividad alta corresponde a un no metal y una electronegatividad baja indica que el elemento es un metal.



La diferencia entre las electronegatividades de dos elementos determina el tipo de enlace que existe entre los dos (Guayasamin Guerrero Guido, 1987:Capítulo 6). ▶

Los valores de electronegatividad son de suma importancia en la formación de compuestos del carbono con el hidrógeno, oxígeno, azufre, nitrógeno, flúor, y cloro.

Diferencia de electronegatividad		% de carácter iónico
0.2		1%
0.4	Covalente no polar	4%
0.6	Covalente polar	9%
1.7		47 a 50%
1.8	Iónico	55%
2.4		76%
3.2		92%

La electronegatividad está relacionada con la **afinidad electrónica** y con la **energía de ionización**.

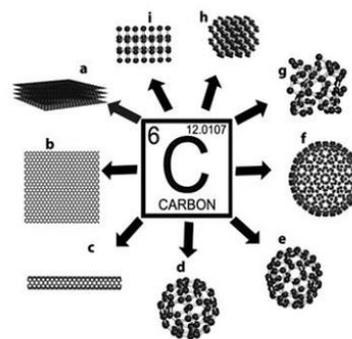
### Ejemplo.

El hidrógeno es el noveno elemento más abundante en la Tierra, se combina con la mayoría de los elementos excepto con los gases nobles, con el carbono forma los hidrocarburos.

Al considerar los valores de las electronegatividades del carbono; **2.5** y del hidrógeno, **2.1** la diferencia del enlace **C – H** es de **0.4** por lo que estos compuestos son del tipo **covalente no polar** o covalente puro.



En el **grupo IVA** de la tabla periódica, el análogo más cercano al carbono es el silicio, en su nivel externo también tiene cuatro electrones, por eso en la mayoría de sus compuestos el silicio es tetravalente, además los átomos de **silicio** sólo pueden enlazarse entre sí por medio de un **enlace sencillo**.

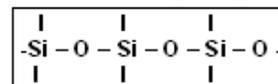


Diferentes alótropos, es decir diferentes sustancias simples del elemento Carbono. (a) grafito, (b) grafeno, (c) nanotubos de carbono, (d) C60, (e) C70, (f) C540, (g) carbón amorfo, (h) lonsdaleita, y (i) diamante.

Educ. quim vol.30 no.4 Ciudad de México oct. 2019 Epub 25-Nov-2019  
<https://doi.org/10.22201/eq.18708404e.2019.4.70469>  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2019000400098](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2019000400098)

Al igual que los átomos de carbono, los de silicio forman cadenas, pero más cortas (hasta 8 átomos), ya que

la energía de enlace del **Si-Si** es casi dos veces menor que la energía del enlace **C-C**, sin embargo, la energía de enlace del **Si-O** es significativamente mayor que la energía del enlace **C-O**, por lo que los compuestos del silicio y oxígeno son muy estables, por ejemplo, los silicatos ►



Aunque los compuestos del carbono tienen todas las características típicas de los compuestos covalentes, ningún otro elemento muestra tal diversidad en las estructuras de sus compuestos. Esto se observa mejor al considerar el silicio, su vecino más cercano en la tabla periódica, y con el mismo número de electrones en su capa de valencia.

El hecho de que ambos elementos pertenezcan al mismo grupo o familia, nos lleva a esperar cierto grado de semejanza en la clase de compuestos que forman. Así como el carbono, el silicio tiene normalmente una valencia de cuatro, y forma enlaces relativamente estables con otros átomos de silicio, carbono, hidrógeno y muchos otros elementos.

### Energía de enlace

En esta tabla de energías de enlace, los valores indican que mientras más elevadas sean las cifras, más estable será el enlace en KJ/mol ►

Energías de enlace en KJ/mol	
C—H	413
C—C	348
C—N	293
C—O	358
C—F	485
C—Cl	328
C—Br	275
C—I	240
C—S	259
Si—H	323
Si—Si	225
Si—C	301
Si—O	368

Por tanto, mientras el carbono forma una gran cantidad de compuestos teniendo cadenas lineales, cadenas ramificadas y anillos de enlaces **C-C** el silicio es menos adaptable.

De manera significativa, el enlace **Si-Si** es más débil que el enlace **C-C**, mientras el enlace **Si-O** es más fuerte que el enlace **C-O**. Estos valores de energía de enlace explican varias de las diferencias en la química del carbono y del silicio.

El carbono tiene la propiedad de combinarse con átomos pequeños como el hidrogeno, oxígeno, azufre y el nitrógeno con enlaces sencillos dobles y triples produciendo gran cantidad de compuestos como los hidrocarburos alifáticos, cíclicos, aromáticos, alcoholes, tioles, cetonas, aldehídos, ácidos, esterers, aminas, amidas, aminoácidos, carbohidratos, lípidos y grasas y los polímeros que forma con el cloro y el flúor así como la constitución de los seres vivos (C, H, O, N).

### Questionario No. 6

Considerando la tabla de energías de enlace:

1. ¿Por qué los enlaces **C-C** y **C-H** son más estables que los enlaces **Si-Si** y **Si - H**?\_\_\_\_\_.
2. ¿Cuál del carbono y el silicio no participa fácilmente en los enlaces múltiples?
3. ¿Cuáles son los dos tipos de enlace permiten la formación de gran variedad de cadenas y anillos?\_\_\_\_\_.
4. ¿Cuál es el elemento que puede formar enlaces múltiples consigo mismo y con algunos de otros elementos?\_\_\_\_\_.
5. ¿Quién del carbono y el silicio, forma enlaces fuertes con muchos otros elementos?\_\_
6. Investiga la longitud de enlace de los sencillos, dobles y triples que forma el carbono en los hidrocarburos. El estudiante elabora modelos y/o maquetas y argumenta en clase.
  - <https://loquimica.wordpress.com/el-enlace-quimicolongitud-de-enlace-y-energia-de-enlace/>

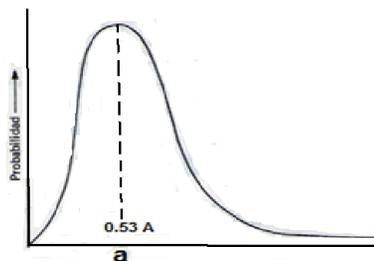


Al estudiar la distribución electrónica del átomo, es común generalizarlo solo con el **modelo de Bohr** usando el nivel principal **n** con el núcleo donde se encuentran los neutrones y protones y en orbitas concéntricas la distribución en las capas **K, L, M, N** como ya se explicó anteriormente.

### El modelo mecánico ondulatorio

Este modelo es diferente del modelo de Bohr, puesto que no describe como éste, el movimiento de los electrones dentro de órbitas planetarias precisas. El **átomo de Bohr** explicó el espectro del hidrógeno pero no dio la explicación del espectro de átomos más pesados.

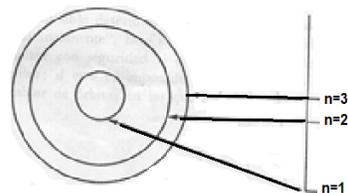
**En el modelo mecánico ondulatorio los electrones siguen cursos que pueden ser de diferente tamaño, forma, orientación, espacio y rotación, dependiendo de la distancia media del electrón al núcleo en un nivel energético particular y de su velocidad.**



El punto de mayor probabilidad es aproximadamente igual al calculado por Bohr (Guayasamin G., 1987)

El electrón en este modelo de Bohr tiene un momento cinético igual a cero, porque al moverse se acerca y se aleja del núcleo ocupando efectivamente el espacio que rodea al núcleo ►

Aplicando esta idea al átomo, decimos que el punto donde existe la máxima probabilidad de encontrar al electrón está a una distancia  $a$  del núcleo y puede decirse que es igual al radio de una capa electrónica o nivel de energía.

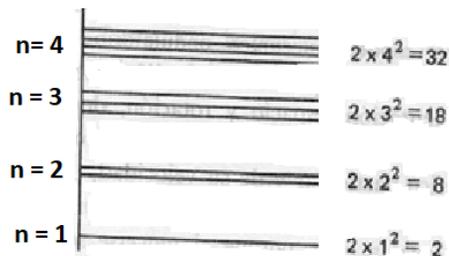


**Los puntos de mayor probabilidad, o niveles de mayor energía, que corresponden a las órbitas de Bohr, se describen con números enteros o números cuánticos principales;  $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$  y  $7$ .**

Pero la distribución electrónica queda totalmente explicada con los cuatro números cuánticos  $n, l, m, s$ :

### El número cuántico principal

El número cuántico principal ( $n$ ) corresponde a los niveles de energía del átomo y cada nivel de energía tiene un valor determinado que corresponde a un número entero:  $n=1, n=2, n=3, n=4$ , etcétera ►



El número principal  $n$  nos da una idea de la distancia promedio entre el núcleo y el lugar donde podemos encontrar a un electrón.

Los electrones pueden encontrarse en cualquier nivel pero su número varía de nivel a nivel, el mayor número de electrones que es posible encontrar en cada nivel es igual a  $2n^2$  ►

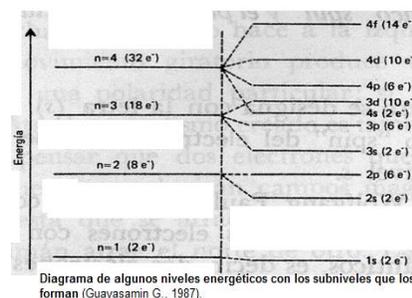
1	2	3	4
K	L	M	N
2e	8e	18e	32e

### Número Cuántico azimutal o subniveles de energía

Este número se designa con ( $l$ ) y determina la forma de nube electrónica así como el número de subniveles en cada nivel;  $0, 1, 2, 3$ , a los que más a menudo nos referimos con las letras;  $s, p, d, f$ . Cada letra representa una forma diferente de la nube electrónica y el número de formas posibles depende del número cuántico principal.

Cada nivel tiene un número de subniveles igual al valor de su número cuántico principal. De esta manera, hay 1 subnivel en  $n=1$  y 2 subniveles en  $n=2$  para 3 subniveles en  $n=3$ , etcétera.

El subnivel más bajo en términos de energía es el subnivel **s** y se localiza más cerca del núcleo; el siguiente es el **p**, después vienen los subniveles **d** y **f**. Como vemos en el diagrama, cuando  $n=1$  hay un subnivel **s**, y si  $n=2$  existen 2 subniveles, **s** y **p**; si  $n = 3$  aparecen **s**, **p** y **d**; en caso de  $n=4$  entonces se tienen cuatro subniveles; **s**, **p**, **d** y **f** ►



### Número cuántico magnético

Este número (**m**) determina la orientación de la nube en el espacio. Por ejemplo, si  $l=1$ , esto es, tres orientaciones con valores de **-1, 0, +1**.

El subnivel **s** no tiene una orientación específica, la forma de la nube electrónica es esférica y tiene un valor de **m** igual a **0**. El subnivel **p** tiene tres orientaciones posibles; **p<sub>z</sub>**, **p<sub>y</sub>**, **p<sub>x</sub>** y cada uno de estos subniveles tienen la forma de dos nubes elipsoidales.

El subnivel **d** tiene **5** orientaciones posibles; **d<sub>xy</sub>**, **d<sub>zx</sub>**, **d<sub>z<sup>2</sup></sub>**, **d<sub>yz</sub>**, **d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub>**.

El subnivel **f** debe tener **7** orientaciones, pero aún no existe un acuerdo con respecto a los valores que le corresponden.

### Número cuántico spin

Este número se designa con la letra (**s**) y determina la rotación o spin del electrón. No debe confundirse con el subnivel **s**.

### Concepto de orbital

Recibe el nombre de orbital el estado de energía que corresponde a una función de onda determinada por los números cuánticos; **n**, **l** y **m**.

- 1) Número cuántico principal:  $n= 1, 2, 3 \dots n$
- 2) Número cuántico azimutal;  $l= 0, 1, 2, \dots (n-1)$
- 3) Número cuántico magnético;  $m$  o  $m_l = -l, \dots, 0, \dots, l$
- 4) Número cuántico de spin;  $s$  o  $m_s = + o - \frac{1}{2}$

En cada orbital el electrón se puede encontrar en dos formas distintas según sea el valor del número cuántico de spin.

### Tarea para el estudiante.

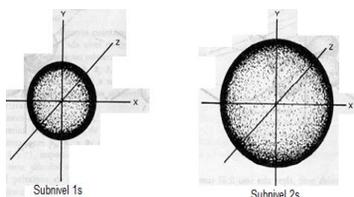
Investiga la explicación que aportó el modelo de Sommerfeld en 1916 ¿Qué postuló? El estudiante comenta en clase. Referencia:

- <https://www.quimicas.net/2015/05/el-modelo-atómico-de-sommerfeld.html>
- <https://www.euston96.com/modelo-atómico-sommerfeld/#Aportaciones>

El número cuántico de spin **s** no aparece en el desarrollo de Schrodinger, pero si en un tratamiento posterior de Dirac en el que combina la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad.

Orbital s	cuando	$l=0$
Orbital p	cuando	$l=1$
Orbital d	cuando	$l=2$
Orbital f	cuando	$l=3$

Los orbitales se nombran con un número que coincide con el valor del número cuántico **n**, y una letra que depende del valor del número cuántico azimutal **l**.



◀La probabilidad de encontrar el electrón en un punto del espacio sólo **es cero** si el punto está en el infinito, por lo tanto no podemos pretender localizar zonas del espacio en las que haya certeza absoluta de encontrar el electrón sino que es necesario decidir un límite; por

ejemplo podemos delimitar formas geométricas espaciales en las que la probabilidad de encontrar el electrón sea 90%, estas formas se llaman orbitales atómicos (García Pérez, 2000: tema 3).

### Principio de exclusión de Pauli

“En un átomo no puede haber dos electrones con los cuatro números cuánticos iguales”.

De acuerdo con este principio el número máximo de electrones presentes en un orbital **s** es 2, y en un orbital **p** es 6 (2 en cada  $p_x$ ,  $p_y$ ,  $p_z$ ), 10 en un orbital **d**; (2 en cada uno de los orbitales  $d_{xy}$ ,  $d_{xz}$ ,  $d_{yz}$ ,  $d_{x^2-y^2}$ ,  $d_{x^2}$ ) y 14 en un orbital **f**.

**En un orbital no puede haber más de dos electrones** y estos deben tener spines opuestos o antiparalelos ( $+\frac{1}{2}$ ,  $-\frac{1}{2}$ ) ya que los dos electrones que ocupan el orbital tienen iguales los números cuánticos; **n**, **l** y **m**.

Un electrón en movimiento giratorio produce un campo magnético con una polaridad particular; si rota en la dirección opuesta el magnetismo creado es también opuesto. Es lógico pensar que dos electrones que rotan en direcciones opuestas, producirán campos magnéticos de polaridad opuesta que se atraerán mutuamente, como el sur de un imán atrae el norte de otro. La repulsión eléctrica es mucho mayor que la atracción magnética, sin embargo cuando los electrones se aparean en un mismo orbital, aunque tienen rotaciones diferentes, forman un orbital que no es magnético por que los campos se anulan mutuamente (Guayasamin G.1987: Capítulo 4).

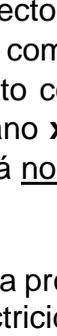
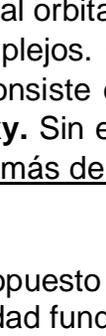
### Scientific research

Pauli made many important contributions as a physicist, primarily in the field of quantum mechanics. He seldom published papers, preferring lengthy correspondences with colleagues such as Niels Bohr from the University of Copenhagen in Denmark and Werner Heisenberg, with whom he had close friendships.

Many of his ideas and results were never published and appeared only in his letters, which were often copied and circulated by their recipients. In 1921 Pauli worked with Bohr to create the Aufbau Principle, which described building up electrons in shells based on the German word for building up, as Bohr was also fluent in German.

Pauli proposed in 1924 a new quantum degree of freedom (or quantum number) with two possible values, to resolve inconsistencies between observed molecular spectra and the developing theory of quantum mechanics. He formulated the Pauli exclusion principle, perhaps his most important work, which stated that no two electrons could exist in the same quantum state, identified by four quantum numbers including his new two-valued degree of freedom. The idea of spin originated with Ralph Kronig. A year later, George Uhlenbeck and Samuel Goudsmit identified Pauli's new degree of freedom as electron spin, in which Pauli for a very long time wrongly refused to believe. [https://en.wikipedia.org/wiki/Wolfgang\\_Pauli](https://en.wikipedia.org/wiki/Wolfgang_Pauli)

Cada tipo de orbital (**s**, **p**, **d**, **f**) se distingue por su forma. Por forma nos referimos a las dimensiones de la región con más alta probabilidad de localización de un electrón o electrones particulares.

<i>l</i>	Tipo de orbital	Número de orbitales	Representación gráfica
0	s	1	
1	p	3	
2	d	5	

Forma de los orbitales.

Así cuando representamos una esfera, consideramos que el electrón tendrá al menos una probabilidad de un 90% de encontrarse en ese volumen. A pesar del modelo de Bohr, los científicos ya no creen que el electrón se encuentre en una órbita alrededor del núcleo en cierta ruta prefijada dentro del orbital.

Un orbital **s** tiene una forma perfectamente esférica. Los electrones en orbitales **s** son libres de ocupar cualquier posición de la esfera.

Por otra parte, los tres orbitales **p** diferentes tienen una forma aproximada a la de un bat de béisbol con forma extraña, con dos extremos anchos llamados "lóbulos".

Si se define como eje **x** al eje que pasa a través de uno de los orbitales **p**, el orbital se designa como orbital **px**. Los otros dos orbitales **p** están separados por ángulos de 90° entre sí y con respecto al orbital **px**. Se conocen como orbitales **py** y **pz**.

Los orbitales **d** son más complejos. Cuatro de los orbitales consisten en cuatro lóbulos cada uno. El quinto consiste en dos lóbulos a lo largo del eje **z** y un toro (forma de rosca) en el plano **xy**. Sin embargo, no importa cuales lóbulos tenga un orbital, siempre mantendrá no más de dos electrones.

### Dato curioso

El término electrón lo había propuesto **Stoney** dos años antes que **Thompson** para describir la unidad de electricidad fundamental.

El electrón es una combinación de la palabra electricidad y del sufijo griego **patrón** (García Bello Deborah, 2016).

## Early life and education

Sommerfeld studied mathematics and physical sciences at the Albertina University of his native city, Königsberg, East Prussia. His dissertation advisor was the mathematician Ferdinand von Lindemann, and he also benefited from classes with mathematicians Adolf Hurwitz and David Hilbert and physicist Emil Wiechert.

His participation in the student fraternity Deutsche Burschenschaft resulted in a dueling scar on his face. He received his Ph.D. on 24 October 1891 (age 22).

After receiving his doctorate, Sommerfeld remained at Königsberg to work on his teaching diploma. He passed the national exam in 1892 and then began a year of military service, which was done with the reserve regiment in Königsberg. He completed his obligatory military service in September 1893, and for the next eight years continued voluntary eight-week military service. With his turned up moustache, his physical build, his Prussian bearing, and the fencing scar on his face, he gave the impression of being a colonel in the hussars.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Arnold\\_Sommerfeld](https://en.wikipedia.org/wiki/Arnold_Sommerfeld)

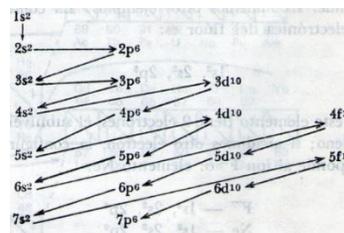
Esquema donde se ilustra la organización de los tres números cuánticos: nivel principal  $n$ : 1(K), 2(L), 3(M). Los valores del azimutal ( $l$ ) y magnético ( $m$ ). El llenado de los orbitales, s (sharp), p (principal) y d (difuso).

NÚMEROS CUÁNTICOS			ORBITALES	
$n$	$l$	$m$	Tipo	Nombres
1	0	0	s	1s
2	0	0	s	2s
	1	-1, 0, +1	p	2p <sub>x</sub> , 2p <sub>y</sub> , 2p <sub>z</sub>
	0	0	s	3s
3	1	-1, 0, +1	p	3p <sub>x</sub> , 3p <sub>y</sub> , 3p <sub>z</sub>
	2	-2, -1, 0, +1, +2	d	3d <sub>xy</sub> , 3d <sub>yz</sub> , 3d <sub>xz</sub> , 3d <sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub> , 3d <sub>z<sup>2</sup></sub>

Ejemplos; en el orbital 4p,  $n=4$  y  $l=1$ ; en el orbital 3d,  $n=3$  y  $l=2$

## Configuración electrónica

Como hemos visto anteriormente, los electrones llenan los subniveles de cada nivel energético y al hacerlo producen lo que se llama configuración electrónica. La siguiente regla diagonal nos ayuda a localizar los electrones y escribir la configuración electrónica ►



Sharp	s <sup>2</sup>	↑↓
principal	p <sup>6</sup>	↑↓, ↑↓, ↑↓
difuso	d <sup>10</sup>	↑↓, ↑↓, ↑↓, ↑↓, ↑↓
Fundamental	f <sup>14</sup>	↑↓, ↑↓, ↑↓, ↑↓, ↑↓, ↑↓, ↑↓, ↑↓

### Nota:

Las configuraciones electrónicas. Sugerimos como apoyo el libro de texto "Química. La ciencia central" explica brevemente la temática en el capítulo 6.8; página 206.

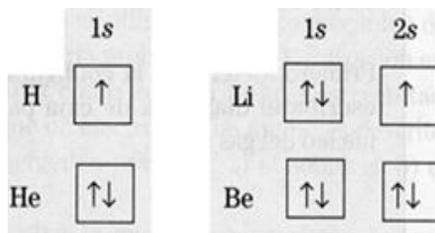
► Brown-LeMay-Bursten (1998)

## Diagramas de caja de los electrones

Dos electrones en un orbital se representa como

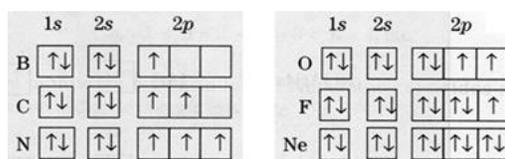


Los diagramas de caja de los primeros cuatro elementos son ►



Los diagramas de caja de los siguientes seis elementos son:

Nótese que el elemento carbono tienen dos electrones desapareados en dos orbitales **2p** diferentes. **Esto sigue la regla de Hund, que establece que los electrones ocupan orbitales separados de la misma energía (mismo subnivel) con espines paralelos.**



El resultado es entendible, ya que los electrones, tienen la misma carga, se apartarían lo más posible entre ellos dentro del mismo subnivel.

En la analogía de un dormitorio, ocurre una situación similar entre dos estudiantes de la misma carga (sexo). Dados dos cuartos desocupados en el mismo piso, los dos estudiantes probablemente preferirían cuartos privados. El apareamiento ocurre cuando ya no hay más cuartos vacíos disponibles.

Ocurre un fenómeno similar con elementos que tienen un subnivel **d** parcialmente ocupado. Por ejemplo, el **Mn** (número atómico 25), tiene la configuración electrónica **[Ar], 4s<sup>2</sup>, 3d<sup>5</sup>**. Los cinco electrones en el subnivel **3d** ocupan orbitales separados. De modo que hay cinco electrones desapareados en el **Mn**, como lo ilustra el diagrama de caja (Malone, 2001).



### 🔗 APOYO:

**VIDEO DE YOU TUBE. QUÍMICA. Configuración electrónica.** 9 sep. 2017

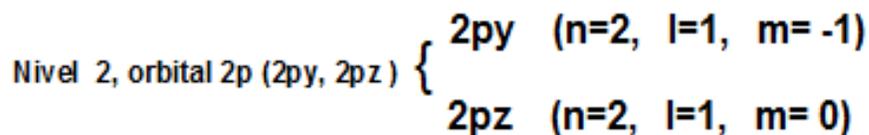
➤ <https://www.youtube.com/watch?v=4MMvumKmqS4> (17.02 minutos).

### 🔗 Ejercicios.

¿Puede existir en un mismo átomo electrones de números cuánticos:  $(2, 1, -1, \frac{1}{2})$ ,  $(2, 1, 0, -\frac{1}{2})$ ,  $(2, 1, -1, -\frac{1}{2})$  y  $(2, 1, 0, \frac{1}{2})$ ?

Indicar el nivel de energía y el orbital al cual pertenecen los dos primeros electrones.

**Respuesta:** Si pueden existir. Los números cuánticos son correctos y no hay dos electrones con los cuatro números cuánticos iguales.



¿Es posible que existan en un átomo electrones con los números cuánticos:

$(1, 1, 1, \frac{1}{2})$ ;  $(2, -1, 1, \frac{1}{2})$ ;  $(2, 1, -1, \frac{1}{2})$ ;  $(0, 1, 1, -\frac{1}{2})$ ;  $(2, 1, 2, \frac{1}{2})$  ¿

Respuesta:

$(1, 1, 1, \frac{1}{2})$  No es posible, si  $n=1 \Rightarrow l=0$

$(2, -1, 1, \frac{1}{2})$  No es posible, si  $n=2 \Rightarrow l=0, 1$

$(2, 1, -1, \frac{1}{2})$  Si es posible,  $n=2, l=1, m=-1, s=\frac{1}{2}$

$(0, 1, 1, -\frac{1}{2})$  No es posible.  $N=1, 2, 3,$

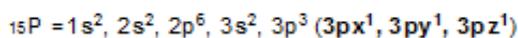
$(2, 1, 2, \frac{1}{2})$  No es posible  $n=2, l=1, m=1, 0, -1$

Indicar el valor de los números cuánticos correspondientes al último electrón de potasio ( $z=19$ ):



Los números cuánticos son:  $n=4, l=0, m=0, s=\frac{1}{2}$

Escribir la estructura electrónica del P ( $z=15$ ) aplicando la regla de la máxima multiplicidad de Hund ▶



🔗 **Apoyo en:**

➤ <https://www.lifeder.com/regla-de-hund/>

### Tarea para el estudiante.

Tres elementos tienen de número atómico 19, 35, y 54 respectivamente. Indicar:

- Configuración electrónica con base a la regla de las diagonales.
- Grupo y periodo al que pertenecen.
- ¿Cuál tiene mayor afinidad electrónica?
- ¿Cuál tiene menor potencial de ionización?

## Cuestionario No. 7

1. Describe en cada caso, el elemento que corresponde a la característica reseñada (grupo, periodo, número atómico, energía de ionización, afinidad electrónica.

- a) Su configuración electrónica es  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^4$
- b) Es el elemento alcalino de mayor tamaño en la tabla periódica.
- c) Es el elemento del grupo del nitrógeno que posee la mayor energía de ionización.

### 2. Sobre el modelo atómico de Bohr se puede afirmar:

- a) Los tres postulados son consecuencia del modelo de Rutherford.
- b) El radio de las órbitas no depende del número cuántico principal  $n$ .
- c) La serie de Lyman aparece cuando el electrón pasa al nivel 2 desde niveles de energía más externos.
- d) La energía de las órbitas está cuantizada, depende del número cuántico  $n$ .

### 3. Si el número cuántico principal es 4, los valores de los otros números cuántico son:

- a)  $l = 3$ .
- B)  $l = 0, 1, 2, \text{ y } 3$ .
- C)  $s = \frac{1}{2}$
- d) Todos valen 4.

### 4. Si las coordenadas cuánticas de un electrón son $(3, 2, -2, \frac{1}{2})$ está situado en el orbital:

- a)  $3d_{xy}$
- b)  $3s$
- c)  $3p_x$
- d)  $3d_{yz}$

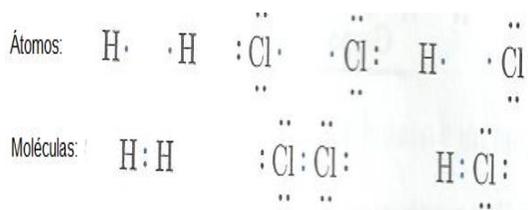
### 5. Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas:

- a) La energía del orbital  $3s$  es igual que la del orbital  $2s$ .
- b) Cuando los electrones ocupan los orbitales de menor energía, el átomo se encuentra en su estado fundamental.
- c) Al llenar orbitas de igual energía los electrones se sitúan siempre que sea posible con sus spines paralelos.
- d) En el átomo de oxígeno no existen electrones desapareados.

\* Soluciones en tema 3, página 418. (García Pérez, 2000. Química, teoría y problemas. Alfaomega. Tébar.

## Enlace covalente

Según Lewis el enlace covalente se produce por compartición de pares de electrones entre dos átomos, generalmente no metálicos que tienden a adquirir la estructura electrónica del gas noble más próximo (octeto electrónico) ►



En el enlace covalente intervienen los electrones desapareados, por lo tanto, el número máximo de enlaces covalentes que puede formar un átomo coincide con el número de electrones desapareados que posea.

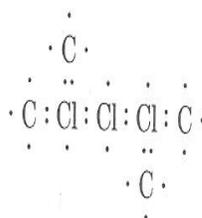
Según se comportan uno, dos o tres pares de electrones el enlace covalente se denomina simple, doble o triple.

En ocasiones, el par de electrones compartido lo aporta solamente uno de los átomos, entonces el enlace se denomina covalente coordinado.

En el estudio del enlace covalente en Mecánica cuántica se utilizan dos teorías: teoría de orbitales moleculares (OM) y Teoría del Enlace de Valencia (T.E.V.).

## Enlaces covalentes en los compuestos orgánicos

En los compuestos orgánicos, el carbono, un miembro del grupo **IVA**, forma cuatro enlaces covalentes porque tiene cuatro electrones en su capa externa y necesita cuatro más para alcanzar un octeto estable. Más que cualquier otro elemento, el carbono tiende a compartir electrones con átomos de su propia clase. El resultado es una variedad infinita de compuestos, que van desde moléculas de un solo carbono hasta cadenas gigantes de docenas o cientos de átomos de carbono ►



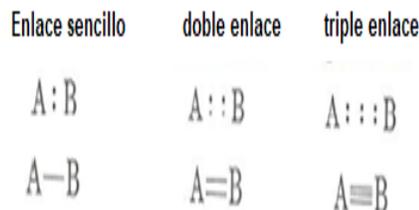
En esta estructura de múltiples carbonos, todavía hay electrones disponibles para formar enlaces con carbono u otros elementos (Bailey, 1995).

Además del carbono, en los compuestos orgánicos se encuentran también otros elementos. En seguida se muestra una lista de los elementos que se presentan con más frecuencia en los compuestos orgánicos, junto con el número de enlaces covalentes que cada uno forma ordinariamente ►

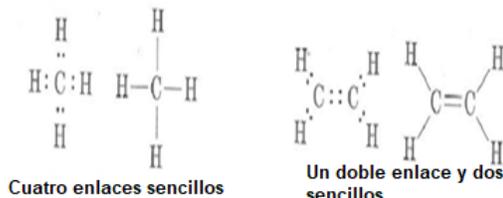
C	4
N	3
O, S	2
H	1
F, Cl, Br, I	1

Respuestas del cuestionario 7:  
2. todas, 3. b), 4. a), 5. b) y c).

Se puede usar cualquier combinación de enlaces sencillos (un par de electrones compartidos) dobles enlaces (dos pares de electrones compartidos) y triples enlaces (tres pares de electrones compartidos) siempre y cuando la suma total dé como resultado la valencia requerida ►

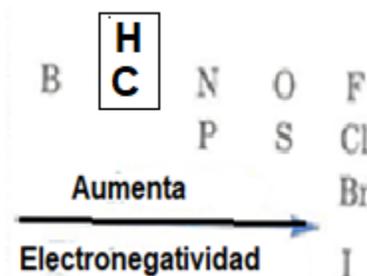


Los cuatro enlaces covalentes necesarios para un átomo de carbono, se pueden conseguir con la estructura del metano donde existen cuatro ligaduras sencillas, con la del eteno siendo una estructura de doble ligadura, y con los alquinos que tienen triple ligadura ►



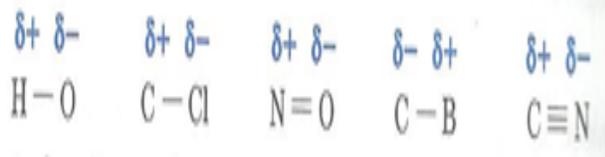
### Utilidad de los valores de electronegatividad para predecir la polaridad

Una forma simplificada, aunque útil, de usar la electronegatividad para predecir la polaridad, es considerar que el carbono y el hidrógeno tienen electronegatividad casi idéntica. De los átomos que se encuentran por lo común en los compuestos orgánicos, los que están a la derecha del carbono y el hidrógeno en la tabla periódica son más electronegativos, y los que están a la izquierda menos electronegativos ►



↳ Ver ejemplo en página 70 (diferencia de electronegatividad entre C-H)

Casi todos los enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno son **no polares**. Los ejemplos siguientes muestran como se predice la polaridad usando el gradiente de electronegatividad ►

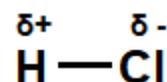


Un enlace covalente polar se puede representar como ►



Donde el átomo **B** es más electronegativo que el átomo **A**.

El símbolo delta  $\delta$  se usa para indicar que sólo se forman cargas parciales, no cargas completas como en los compuestos iónicos.



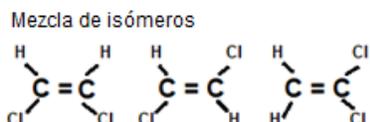
**El concepto de enlaces polares se usará con frecuencia para predecir y explicar reacciones de compuestos orgánicos**

## Tarea para el estudiante.

1. Usando  $\delta^+$  y  $\delta^-$ , ilustra la polaridad de los enlaces siguientes:

a) C-Br; b) C=O; c) N-H; d) C=N; e) C-O; f) C-S

2. El diclorometileno  $C_2H_2Cl_2$ , tiene las siguientes geometrías, cada una de las cuales representa una sustancia distinta ►



Experimentalmente, se determina que una muestra pura de una de estas sustancias tiene un momento dipolar de cero. ¿Podemos saber cual de las tres sustancias se midió? [Brown-LeMay-Bursten.(1998) Química, la ciencia central. Capítulo 9, problema 9.25: Páginas 336-337].

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

### Teoría de enlace de valencia (A6)

La idea fundamental de esta teoría es el apareamiento de los electrones. Cada uno de los átomos debe tener un electrón desapareado. En enlace covalente se explica mediante una función de onda que define el estado de los electrones apareadas simultáneamente.

Cada átomo que forma un enlace debe poseer al menos un orbital con un electrón desapareado. Por tanto, el número máximo de enlaces covalentes que puede formar un átomo es igual al número de orbitales (s, p, d, f) incompletos que el átomo pueda tener. Por ejemplo el flúor ( $1s^2, 2s^2, 2p^5$ ) forma un enlace covalente, el oxígeno ( $1s^2, 2s^2, 2p^4$ ) forma dos enlaces covalentes etcétera.

👁 **Importante:**

### Formación del enlace en la teoría de enlace de valencia

El enlace entre dos átomos se forma por superposición de dos orbitales atómicos que tienen cada uno un electrón, dando lugar a un orbital molecular, con dos electrones.

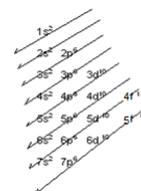
**En ocasiones se proporcionan electrones desde un orbital a otro de mayor energía aumentando el número de electrones desapareados y en consecuencia el número de enlaces covalentes formados. Por ejemplo**

La configuración electrónica del carbono en su estado basal o de mínima energía de acuerdo con el esquema de las diagonales es la siguiente:

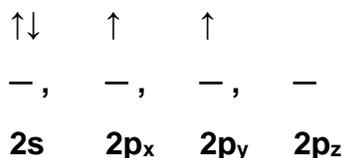
$C^6 = 1s^2, 2s^2, 2p^2$  también con el uso del kernel:

$$C^6 = [\text{He}] 2s^2, 2p^2$$

(83)

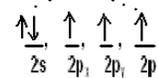


Para explicar las propiedades de los compuestos del carbono, se considera sólo a los orbitales del segundo nivel  $2s^2$ ,  $2p_x^1$ ,  $2p_y^1$  y  $2p_z^0$ , de manera gráfica con la representación de vectores ►



Para formar compuestos, el átomo de carbono se excita por cualquier medio energético y de esta manera salta un electrón de la capa de valencia

$2s$  al  $2p_z$ , quedando disponibles los cuatro espacios para que el átomo pueda compartir un par de electrones con otros elementos ►



El enlace covalente se forma por solapamiento de orbitales atómicos. Si el solapamiento es frontal, el enlace es **sigma**, ( $\sigma$ ) mientras que si el solapamiento es lateral el enlace es **pi**, ( $\pi$ ).

Aunque el concepto de traslape de orbitales nos ayuda a entender la formación de enlaces covalentes, no siempre es fácil extender estas ideas a las moléculas poliatómicas. Al explicar la teoría del enlace de valencia a las moléculas poliatómicas tenemos que explicar la formación de los enlaces de pares de electrones como las geometrías observadas de la molécula (Brown et-al, 1998).

### Órbitales moleculares

¿Cómo se comparten los pares de electrones para formar enlaces covalentes?

Esto se consigue por el traslape de orbitales atómicos (cada uno con un electrón) para formar un orbital molecular que se compone de dos electrones con espín apareado.

Existen dos tipos importantes de orbitales moleculares: enlace sigma ( $\sigma$ ) y enlace pi ( $\pi$ ).

Un enlace sigma ( $\sigma$ ) se forma por el traslape cabeza con cabeza de orbitales atómicos en una posición. Como se aprecia en la figura, un enlace de este tipo se puede formar por el traslape de orbitales **s**, como en el hidrógeno; el traslape de extremo con extremo de orbitales **p**, como en el cloro; o el traslape **s-p** como en el cloruro de hidrógeno.

Un enlace pi ( $\pi$ ) se forma cuando se traslapan orbitales p paralelos, cada uno con un electrón, en dos posiciones (Philip-Bailey, 2000, capítulo 1).

**Tarea para el estudiante;** sugerencia dos videos: orbitales “s” y “p”

**Video de You tube.** TEORÍA DE ORBITALES MOLECULARES Introducción.

20 enero 2019, 16:50 y 31 enero 19 14.47 minutos.

<https://www.youtube.com/watch?v=MEs3-4jnbF4>

## Formas geométricas de las moléculas orgánicas

Para comprender de qué manera se mantienen unidos los átomos, debemos examinar primero la organización de los electrones en ellos. Sabemos que los átomos están constituidos por neutrones y protones que se hallan en la región central y los electrones ocupan diferentes niveles de energía en el espacio que rodean al núcleo atómico. Cada nivel de energía contiene un cierto número de electrones. Una guía para comprender el comportamiento químico de los elementos consiste en reconocer que los átomos con sus capas llenas de electrones son especialmente estables. Los gases nobles son en esencia inertes, porque sus átomos ya poseen saturada la capa externa en su estado normal.

En las sustancias moleculares, los átomos adquieren capas electrónicas llenas compartiendo electrones. Varias sustancias moleculares se componen de no metales cuyos átomos no pierden electrones con facilidad. Sin embargo, los electrones compartidos pueden hacer una contribución a las capas de los átomos.

Las configuraciones electrónicas de los átomos se realizan siguiendo la secuencia del proceso de llenado con las diagonales de la máxima multiplicidad, aportación de los estudios de la teoría cuántica.

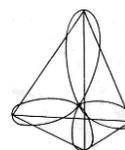
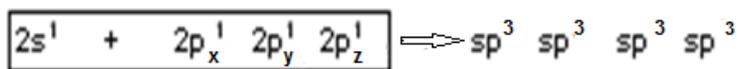
### Hibridación de orbitales

Según Pauling, en el curso del establecimiento de un enlace químico, no son los orbitales puros del átomo de carbono quienes intervienen para constituir el orbital molecular. Este resulta de la participación a la vez del orbital **s** y de los orbitales **p** en forma de un orbital híbrido designado con el símbolo **sp**.

**Según que esta hibridación tenga lugar durante el establecimiento de un enlace simple, doble o triple se denomina, tetraédrica, trigonal o lineal.**

☞ Hibridación **sp<sup>3</sup>**, se combina un orbital **s** con tres orbitales **p**:

**1 orbital s + 3 orbitales p → 4 orbitales híbridos sp<sup>3</sup>**



#### ✓ Forma tetraédrica

Cuando el hidrógeno se combina con el carbono para dar metano, los cuatro orbitales híbridos se disponen de forma que el carbono ocupe el centro de un tetraedro y los hidrógenos los vértices correspondientes tal como lo muestra el modelo anterior.

La hibridación **tetraédrica**, es característica de las moléculas saturadas, cuando el carbono sólo presenta uniones simples los cuatro orbitales híbridos son cada uno, una combinación lineal entre un orbital **s** y tres orbitales **p**, de ahí el símbolo **sp<sup>3</sup>**.

La distribución electrónica de un átomo de carbono con uno de sus electrones “promovido” es esférica y contiene un electrón en el orbital **2s** y uno en cada orbital **2p<sub>x</sub>, 2p<sub>y</sub> y 2p<sub>z</sub>**.

Debe recordarse que los orbitales **s** y **p** son accesorios matemáticos y que la división de una densidad electrónica esférica no es la única forma posible de dividirla.

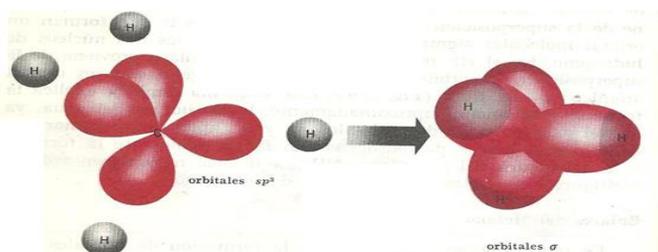
Para describir el enlace en el metano (**CH<sub>4</sub>**), se divide la densidad electrónica en cuatro partes iguales, cada una dirigida a los vértices de un tetraedro.

En términos de los orbitales **s** y **p**, cada nuevo orbital híbrido contendrá un cuarto del orbital **2s** y un cuarto de cada orbital **2p<sub>x</sub>, 2p<sub>y</sub> y 2p<sub>z</sub>**.

Su forma es intermedia entre la de un orbital **s** y un orbital **p**, están orientados hacia los cuatro vértices de un tetraedro regular, los orbitales **sp<sup>3</sup>**, aseguran cuatro enlaces simples tipo **σ** que unen al carbono a cuatro radicales monovalentes o también a cuatro átomos de hidrógeno.

Las uniones **σ** son características de los enlaces simples, el solapamiento de orbitales es intenso, su densidad electrónica es grande ya que su volumen es reducido. Por ello produce un **mínimo de reactividad**.

**En este momento es posible que nos preguntemos por qué el carbono es un elemento tan especial.** La respuesta no es simple; pero ahora podemos decir que es debido a su configuración electrónica, la cual le permite enlazarse con metales, y no metales y aun consigo mismo (concatenación); al poder enlazarse forma una variedad de compuestos casi infinita: desde el metano, constituido por un solo átomo de carbono, hasta el ácido desoxirribonucleico (ADN), constituido por millones de átomos de carbono.



Para explicar el enlace tetraédrico del metano, se dice que el átomo de carbono promueve un electrón de manera que pueda formar cuatro enlaces en lugar de dos. El átomo resultante de la promoción tiene una distribución electrónica esférica. Si ésta se dividiera en cuatro partes iguales, cada orbital resultaría con 1/4s y 3/4p denominados sp<sup>3</sup>, estos orbitales híbridos están dirigidos hacia los vértices de un tetraedro

**Nota:** En química cuántica, los **orbitales moleculares** son los orbitales (funciones matemáticas) que describen los estados que pueden tener los electrones en las moléculas. Los orbitales moleculares se construyen por combinación lineal de orbitales atómicos.

### Tarea para el estudiante.

¿Cuál es el uso de la teoría de los orbitales moleculares? Características.

#### Opciones:

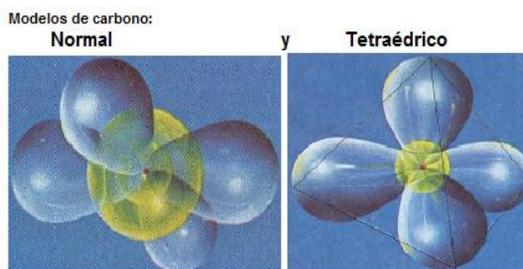
- García Pérez Química, teoría y problemas. Tema 4, página 82. Alfaomega.
- Brown-LeMay-Bursten, Capítulo 9.7, página 324. Pearson.

## La estequiometría de la molécula de metano

A veces la disposición de los átomos en la molécula no es la que cabría esperar teniendo en cuenta los orbitales atómicos que participan en el enlace. Así, el metano tiene forma de tetraedro y presenta ángulos de enlace de  $109.5^\circ$ . Sin embargo, el carbono al formar cuatro enlaces debería tener configuración electrónica  $1s^2, 2s^1, 2p_x^1, 2p_y^1, 2p_z^1$ , y los enlaces a que diera lugar forman ángulos de  $90^\circ$ , tres de ellos, y el otro enlace no dirigido.

Pues bien, un enlace puede formarse no a través de un orbital atómico s, p, ó d, sino por combinación de ellos dando lugar a orbitales híbridos. Las funciones de onda de cada orbital se combinan linealmente para dar las nuevas funciones atómicas. El número de orbitales híbridos formados es igual al número de orbitales atómicos combinados (García Pérez, 2000).

Para explicar en términos de mecánica cuántica la distribución electrónica del carbono en sus compuestos, se introdujo el concepto de hibridación, según el cual la distribución  $2s^2, 2p^2$  pasa a una nueva,  $sp^3$  por hibridación tetragonal.



G. Devore- E. Muñoz Mena, 2000

En cuanto a la distribución de los electrones en el átomo de carbono, al estado de combinación, el siguiente cuadro da una idea más completa ►

n = 1	n=2			
1s	2s	2p <sub>x</sub>	2p <sub>y</sub>	2p <sub>z</sub>
[↑↓]	[↑]	[↑]	[↑]	[↑]

En este cuadro, cada flecha indica el spin que corresponde a cada electrón; los que configuran apareados muestran su antiparalelismo, o sentido de rotación opuesto.

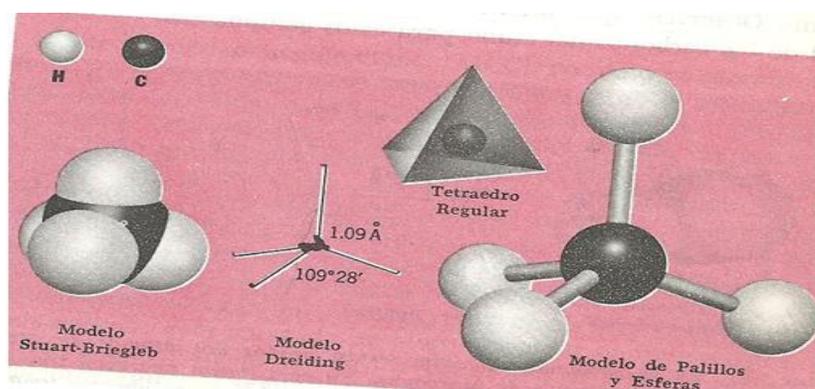
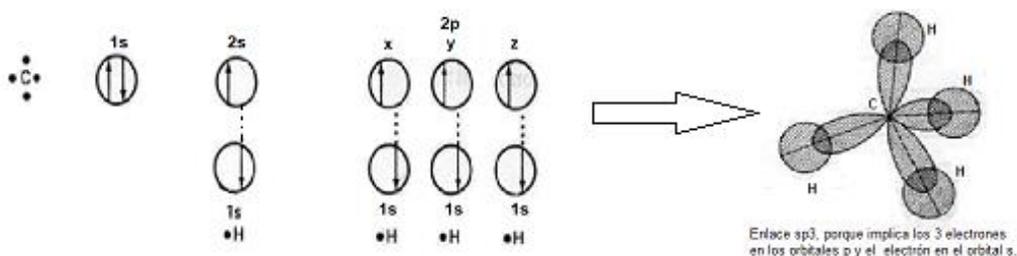
El estado normal del átomo de carbono viene definido por  $1s^2, 2s^2, 2p^2$ ; los dos electrones p están en orbitales diferentes ( $2p_x$  y  $2p_y$ ): según esto, la combinación de C con el hidrógeno debería ser  $CH_2$ , o sea que el carbono sería divalente, como lo es en algunos compuestos.



Ahora bien, si se tiene en cuenta que los dos electrones de los niveles externos son los que determinan las propiedades químicas de los elementos, de acuerdo con el modelo que Lewis propuso, el átomo de carbono se puede representar como en la siguiente figura ►



En la que el símbolo **C** equivale al núcleo y el resto de los electrones que forman el átomo. En esta representación se ve que el par de puntos corresponde a los electrones están apareados en el mismo nivel **2s**, debido a que el uno tiene spin antiparalelo del otro. Los que están separados pertenecen a los dos orbitales **2p**. Todos ellos integran el nivel más externo.

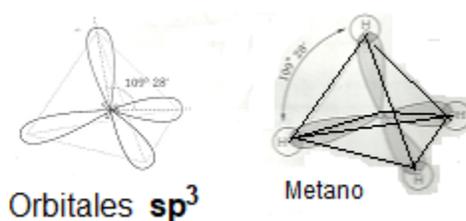


Los modelos de Stuart-Briegleb muestran los tamaños relativos de los átomos, en tanto que los de Dreiding hacen más evidentes las longitudes y ángulos de los enlaces; ambos tipos se construyen exactamente a escala. Los modelos económicos de palillos y esferas son útiles para comprender la estereoquímica (Puy-Kenneth-Rinehart, 1980).

### Concepto clave:

#### ➤ Hibridación $sp^3$

**Hibridación  $sp^3$ .** Esta hibridación es característica del átomo de carbono en las moléculas orgánicas con enlaces simples, y permite explicar las estructuras de las moléculas de agua y amoníaco.

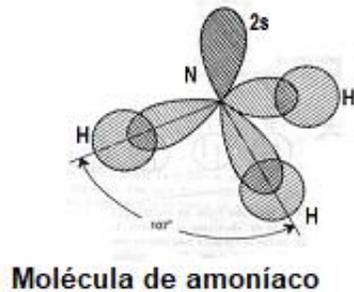
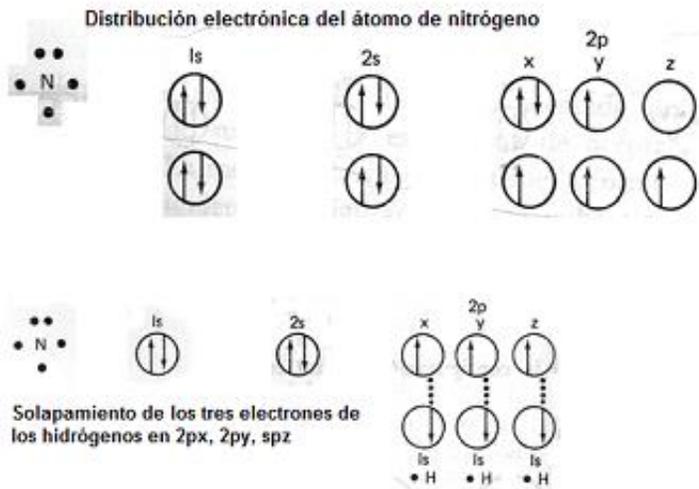
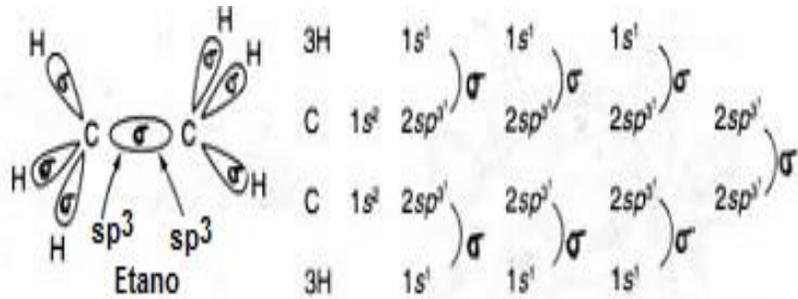


#### 📺 APOYO, VIDEO DE YOU TUBE

#### Hibridación $sp^3$ , $sp^2$ y $sp$ en el carbono. 27 noviembre de 2018

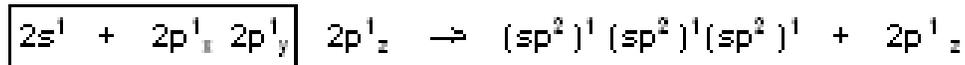
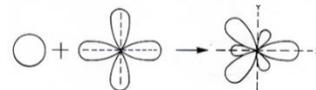
- [https://www.youtube.com/watch?v=9\\_JS-ulcuA0](https://www.youtube.com/watch?v=9_JS-ulcuA0) (4 minutos) Javier Valdès Gómez. Elaborar resumen para argumetar en clase.

Veamos la estructura del etano ►  
 Todos sus enlaces son híbridos,  $sp^3$



☞ Hibridación  $sp^2$ , se combina un orbital  $s$  con dos orbitales  $p$ , quedando uno sin hibridación ►

1 orbital  $s$  + 2 orbitales  $p$  produce tres orbitales híbridos  $sp^2$

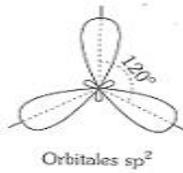


✓ **Forma trigonal**

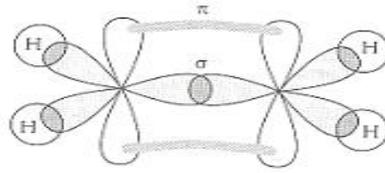
La hibridación **trigonal** se encuentra en el **doble enlace**; uno es  $\sigma$  y el otro  $\pi$ . En el enlace  $\pi$  solapamiento de los orbitales no puede hacerse en el espacio ya ocupado por el orbital  $\sigma$  (principio de exclusión de Pauli) se hará según un solapamiento lateral, en un espacio más alejado y ocupando un volumen más extenso entre dos orbitales  $p$  paralelos, cada uno de ellos de distinto carbono.

### Hibridación $sp^2$

De la combinación lineal de un orbital  $s$  y dos orbitales  $p$  resultan tres orbitales híbridos  $sp^2$ , dirigidos hacia los vértices de un triángulo equilátero, formando ángulos de  $120^\circ$ . Esta hibridación es característica en el átomo de carbono, al que queda un orbital  $p$  sin hibridar, en moléculas orgánicas con dobles enlaces, y también por ejemplo en el BCl<sub>3</sub> (García Pérez, 2000).

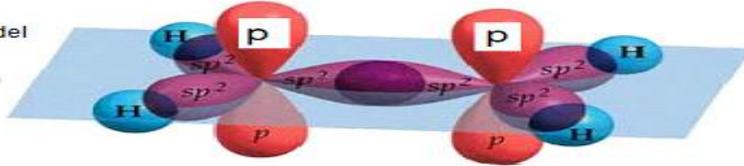


Orbitales  $sp^2$

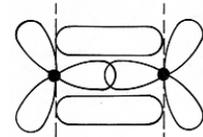


Eteno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)

Modelo tridimensional del eteno



La estructura de la unión  $C = C$  se presenta ►



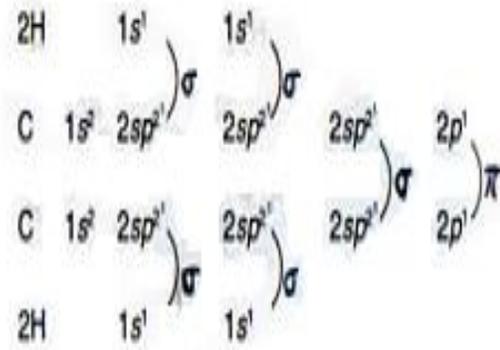
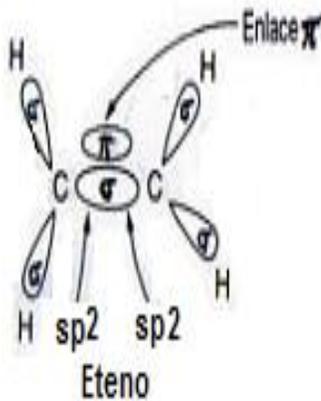
El orbital molecular  $\pi$  está formado por una nube electrónica (probabilidad de encontrar el electrón o electrones  $\pi$  en distintos puntos del espacio) paralela por ambos lados del enlace.

El enlace  $\pi$  se caracteriza por una densidad electrónica débil, los electrones en los orbitales  $\pi$  se mueven en un espacio mucho más extenso que los electrones del enlace  $\sigma$ .

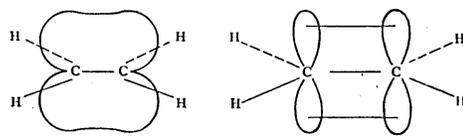
Los electrones  $\pi$  son muy sensibles a las influencias exteriores, por lo que está presente en el mecanismo de las reacciones químicas.

El enlace múltiple impide la rotación en torno del enlace sencillo  $\sigma$ , de esta rigidez es responsable el enlace  $\pi$  y es la causa de **la isomería geométrica**.

Los seis átomos de la molécula del etileno están unidos en el mismo plano y los enlaces  $\sigma$  que unen cada carbono con dos hidrógenos están separados entre sí por un ángulo de  $120^\circ$  ►

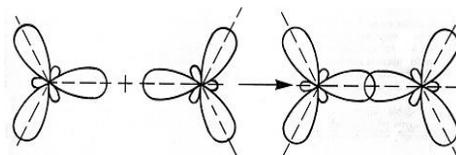


En esta figura se observa ► que los cinco enlaces  $\sigma$  están indicados por barras convencionales. Los orbitales  $2p_z$  de los dos átomos de carbono se combinan para formar un orbital molecular que no es esféricamente simétrico, sino que se asemeja a pesas de gimnasio, equivalente a un orbital  $p$  y por eso, se designa como orbital molecular  $\pi$ .

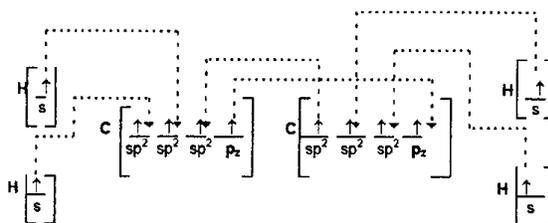


De acuerdo con la figura anterior, el orbital molecular del eteno se puede representar mediante una nube de dos roscas o mediante dos hélices en forma de ocho, correspondientes a los orbitales  $p$  originales, pero con líneas uniéndolas para indicar la superposición implicada en la formación del orbital molecular.

Es así la formación de un orbital  $\sigma$  en la molécula del eteno. Un orbital  $p$  y tres orbitales híbridos  $sp^2$  se tiene ►



La siguiente representación gráfica de superposición, muestra los procesos de enlace  $\sigma$  y  $\pi$  en la molécula de eteno [Ander- Sonnessa. (1979) Capítulo 3.

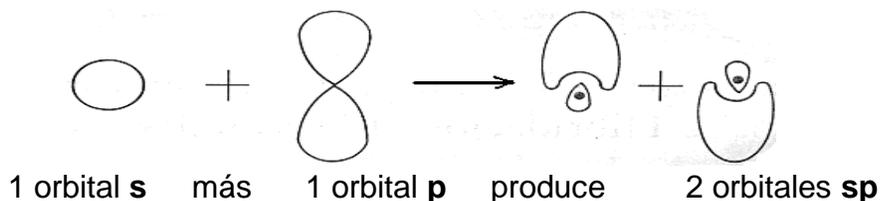
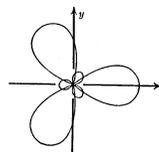


“Enlace covalente”. LIMUSA]►

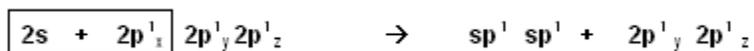
La superposición en la formación del orbital  $\pi$ , aunque débil no deja de ser significativa. Así, la distancia en el **etano** es de 1.54 Å y se acorta en el **eteno** o **etileno** a un valor de 1.33 Å, evidentemente a causa del orbital que rodea los dos núcleos, cuya tensión es más fuerte.

### 👁 Hibridación $sp$

Al combinar el orbital  $s$  con un orbital  $p$  produce dos orbitales híbridos  $sp$  y quedan dos orbital  $p$  puros sin hibridizar en tres formas geométricas:



Tomando en cuenta los electrones del segundo nivel principal del carbono:

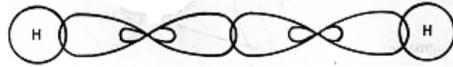


## 👁 Forma lineal

Símbolo más común ►

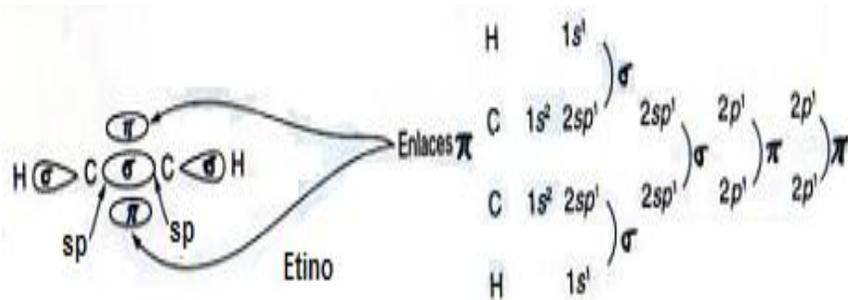


La hibridación **lineal** es característica del triple enlace, por ejemplo en el acetileno **CH ≡ CH** los enlaces  $\sigma$  (unión C - C y C - H) resultan de la hibridación de un orbital **s** y otro **p** para dar dos orbitales **sp** análogos a los orbitales híbridos tetraédricos. Sus ejes están en la prolongación uno del otro, lo que hace que los cuatro átomos estén situados sobre una misma dirección.



Quedan dos orbitales atómicos **p** orientados perpendicularmente el uno respecto al otro, que son los que forman los dos enlaces  $\pi$ .

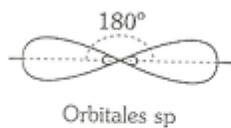
El modelo completo de las tres uniones — **C≡C** — ►



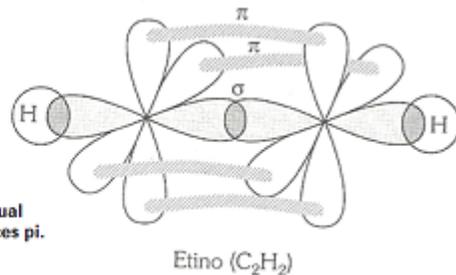
Dado que también en este caso los electrones de los orbitales híbridos deben quedar lo más alejados entre sí, estos enlaces son lineales.

El triple enlace consiste en un enlace  $\sigma$ , a través de dos orbitales **sp** y dos enlaces  $\pi$  formados por orbitales atómicos **p**, no hay rotación libre entre los átomos de carbono y al tener dos enlaces débiles del tipo  $\pi$ .

De la combinación lineal de un orbital **s** y un orbital **p** resultan dos orbitales híbridos **sp**, que forman entre sí un ángulo de **180°**. Esta hibridación es característica del átomo de carbono, al que quedan dos orbitales **p** sin hibridar, en moléculas orgánicas con triples enlaces.



Modelo de la molécula del etino el cual muestra un enlace sigma y dos enlaces pi.



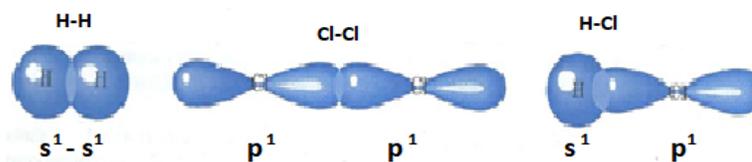
Al tener el etino o los etilénicos enlaces triples significa que los enlaces carbono-carbono tienen enlace sigma ( $\sigma$ ) y dos enlaces pi ( $\pi$ ) por lo tanto estos hidrocarburos insaturados son más reactivos que los alquenos u olefinas.



Las opciones para la formación de los enlaces  $\sigma$  y  $\pi$  son con los siguientes mecanismos:

Para un orbital  $\sigma$  cuando la superposición se lleva a cabo en la combinación de:

- Un orbital **sp<sup>3</sup>** con otro **sp<sup>3</sup>** del mismo átomo de carbono.
- Un orbital **sp<sup>2</sup>** de un átomo de carbono con otro **sp<sup>2</sup>** de otro átomo de carbono.
- Un orbital **sp<sup>2</sup>** del átomo de carbono con un orbital **s** del hidrógeno.
- Un orbital **sp** de un átomo de carbono con otro **sp** de otro átomo de carbono.
- Un orbital **sp** de un átomo de carbono con un orbital **s** del hidrógeno.



Enlace sigma. Los orbitales atómicos se traslapan en una posición para formar orbitales moleculares sigma en el enlace covalente del HCl (Bailey, 1980: capítulo 1)

### Conceptos clave:

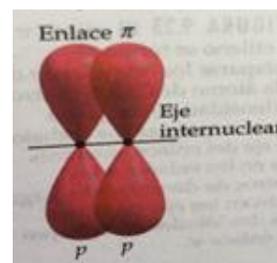
- El enlace pi ( $\pi$ )

Es un enlace covalente formado por la hibridación de dos orbitales atómicos **p**. Los orbitales **d** también pueden participar en este tipo de enlace.

<http://quimica.laguia2000.com/general/enlace-pi#ixzz3SpLmxJ9x>

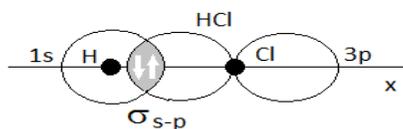
- El **enlace sigma (enlace  $\sigma$ )**

Es el tipo más fuerte de enlace químico covalente, incluso más fuerte que el enlace  $\pi$ , el cual forma el doble enlace.



### 👁 Nota:

Una explicación del enlace del **HCl**, ver



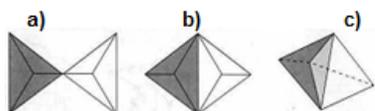
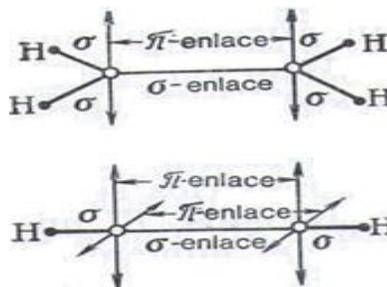
- <http://www.quimitube.com/videos/enlace-covalente-modelo-del-enlace-de-valencia>.

Para un orbital  $\pi$  cuando la superposición se lleva a cabo en la combinación de.

- Orbitales  $p_z$  de cada átomo de carbono.
- Orbitales  $p_y$  de cada átomo de carbono.

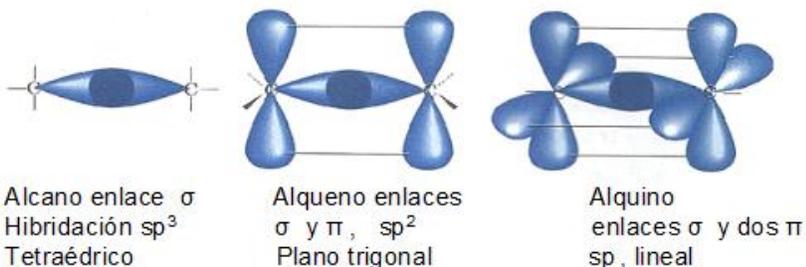
### Los enlaces $\pi$ y $\sigma$ en hidrocarburos saturados y no saturados

Al tratar la disposición tridimensional de las valencias de átomos de carbono la estereoquímica clásica parte del modelo tetraédrico; la simetría de valencia de enlace simple corresponde a dos tetraedros con un ángulo común; de enlace doble, a dos tetraedros con una arista común; del triple enlace, a dos tetraedros con un plano común ▶



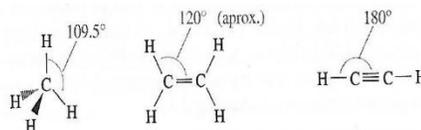
De aquí se deduce que las valencias separadas del enlace múltiple son equivalentes y tienen forma curvada (enlaces en forma de banana), o sea, ninguno de ellos pasa a lo largo de la línea de la distancia más corta entre los núcleos de ambos (B. V. NEKRASOV, 1990).

Descripción de las características de los tres modelos ▶



### Argumentación

La formación de un enlace covalente entre dos átomos de hidrógeno es sencilla. No obstante, la formación de enlaces covalentes con elementos del segundo periodo presenta el siguiente problema: cuando se forman enlaces covalentes, los átomos de carbono, nitrógeno y oxígeno emplean orbitales atómicos  $2s$  y  $2p$ . Los tres orbitales atómicos  $2p$  se encuentran en ángulos de  $90^\circ$  entre si y, si los átomos de los elementos del segundo periodo usan estos orbitales para formar enlaces covalentes, los ángulos de enlace en torno a ellos serían aproximadamente de  $90^\circ$ . Si embargo, casi nunca se observan ángulos de enlace de  $90^\circ$  en moléculas orgánicas. En vez de ello, se observa que los ángulos de enlace suelen medir alrededor de  $109.5^\circ$  en moléculas que sólo tienen enlaces simples:  $120^\circ$  en moléculas con dobles enlaces, y  $180^\circ$  en moléculas con triples enlaces ▶



Para explicar los ángulos de enlace observados, Pauling propuso que los orbitales atómicos se combinan y dan lugar a nuevos orbitales, llamados orbitales híbridos. Recordar; “el número de orbitales híbridos que se forma es igual al número de orbitales atómicos que se combinan”. Los elementos del segundo periodo forman tres tipos de orbitales híbridos que se designan como  $sp^3$ ,  $sp^2$  y  $sp$  cada uno de ellos puede contener hasta dos electrones (Brown William H. (2002), Capítulo 1.6)

#### Trabajo en equipo colaborativo con los estudiantes.



Construir modelos tridimensionales de moléculas sencillas de geometría tetraédrica, triangular y lineal con el uso de globos, envases tetrapac, y esferas de unicel, midiendo sus ángulos para explicar la geometría molecular con la teoría de repulsión de pares electrónicos de la capa de valencia (TREPC). **A6**

### Cuestionario No. 8

#### 1. Sobre el enlace covalente se puede afirmar:

- Los orbitales moleculares enlazantes tienen menor energía que los orbitales combinados.
- El orden de enlace puede adquirir cualquier valor.
- En una molécula estable, el número de electrones enlazantes es menor que el de electrones antienlazantes.
- Los enlaces sigma se producen por solapamiento lateral de orbitales.

#### 2. En los compuestos covalentes se cumple:

- En un triple enlace se comparten seis electrones.
- Los sólidos covalentes tienen puntos de fusión y ebullición elevados.
- Todos los compuestos del carbono presentan hibridación  $sp$ .
- Las sustancias covalentes moleculares son muy duras.

\*[García Pérez (2000) Química. Tema 3 y 4, página 72, 76 y 98. Tébar. Alfaomega]

3. ¿A qué se llama hibridación de orbitales?

4. ¿Qué tipo de hibridación producen dos uniones a  $180^\circ$ ?

5. ¿A qué ángulo están los orbitales en una unión  $sp^2$ ?

6. ¿Qué hechos demuestran que el carbono en el  $CH_4$  tiene orbitales hibridados?

7. ¿Cómo se denominan los orbitales hibridados?

8. Completa la siguiente tabla, donde se resume los tipos de hibridación del carbono ►

Tipo de hibridación	Geometría de la molécula	Ángulo	Enlace	Orbitales
_____	Tetraédrica	109° 5'	Sencillo	4sp <sup>3</sup>
sp <sup>2</sup>	_____	120°	Doble	_____
Sp	Lineal	_____	Triple	2sp 2p

Recomendamos para el estudiante el siguiente libro como material de apoyo:

👁 Lecturas de apoyo para comprender mejor la química en:

➤ <http://www.libros.unam.mx/digital/V9/30.pdf>

9. ¿Qué diferencia existe entre órbita y orbital? Apoyo: 30 diciembre de 2020  
<https://miraladiferencia.com/juridico/diferencia-entre-orbita-y-orbital-con-tabla/>

10. ¿Tienen la misma energía los orbitales 2p<sub>x</sub>, 2p<sub>y</sub>, 2p<sub>z</sub>?

### Modelo de repulsión del par electrónico del nivel de valencia (RPENV)

Estructuras moleculares: Modelo VSPR (RPECV)

Las estructuras de Lewis son útiles para establecer la distribución de los pares electrónicos en las moléculas pero no aportan nada sobre su previsible geometría.

Un modelo simple pero útil para racionalizar la estructura molecular de un compuesto es el conocido con el acrónimo VSPR (Valence Shell Electronic Pair Repulsión) o en su traducción española RPECV (Repulsión entre Pares de Electrones de la Capa de Valencia).

Este modelo funciona aceptablemente para compuestos formados por átomos de los bloques **s** y **p** pero en absoluto es aplicable a los formados por elementos de transición.

El modelo asume como base que cada par de electrones de la capa de valencia (sean de enlace (PE) o solitarios (PS)) tiene asociado un dominio espacial en el que existe una alta probabilidad de encontrarlos.

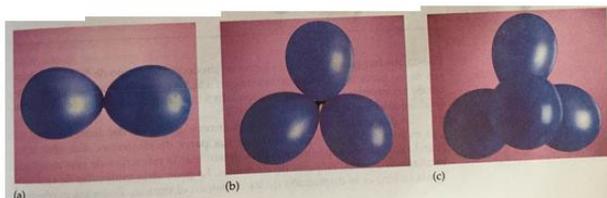
La geometría molecular vendrá determinada por aquella disposición de estos pares de electrones que minimice las repulsiones entre los dominios asignados a cada par de electrones.

Este es por tanto un modelo electrostático según el cual, para prever la geometría molecular, no hay más que distribuir espacialmente los pares de electrones de valencia del átomo central de forma que se dispongan lo más cómodamente posible.

Las distribuciones de estos dominios corresponden a las figuras poliédricas regulares. “La geometría molecular viene dada por la distribución de los átomos periféricos unidos al átomo central”.

[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/estructuras\\_moleculares\\_rpecv\\_2012\\_19215.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/estructuras_moleculares_rpecv_2012_19215.pdf)

Imagina que atas dos globos idénticos por sus extremos. Como se aprecia en la figura, los dos globos se orientan naturalmente de modo que apuntan en direcciones opuestas; es decir, tratan de estorbarse mutuamente lo menos posible ►



Si átomos globos por sus extremos, adoptarán naturalmente su acomodo de más baja energía. a) Dos globos adoptan un acomodo lineal. b) tres globos adoptan un acomodo plano trigonal. c) Cuatro globos adoptan un acomodo tetraédrico (Brown et-al, 1998).

Si agregamos un tercer globo, los globos se orientarán hacia los vértices de un triángulo equilátero, como se ve en la figura.

Si agregamos un cuarto globo, los globos adoptarán naturalmente una forma tetraédrica. Es evidente que hay una geometría óptima para cada número de globos.

Hemos visto que los átomos se unen entre sí para formar moléculas compartiendo pares de electrones del nivel de valencia. Los pares de electrones se repelen entre sí; por tanto, al igual que los globos de la figura, tratarán de estorbarse mutuamente lo menos posible. El mejor acomodo de un número dado de pares de electrones es el que minimiza las repulsiones entre ellos.

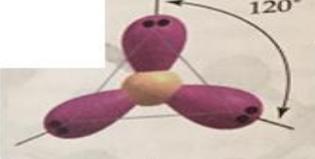
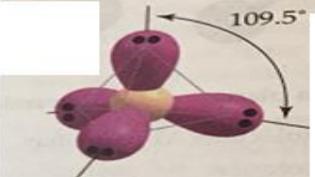
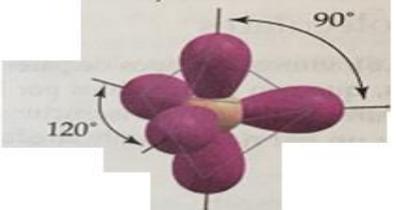
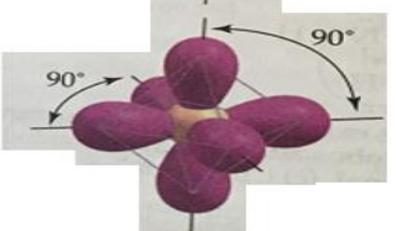
Esta sencilla idea es la base del “**modelo de repulsión del par electrónico del nivel de valencia**” RPENV: De hecho, la analogía de electrones y los globos es tan exacta que se observan las mismas geometrías preferidas en ambos casos.

Así dos pares de electrones se acomodan **linealmente**, tres pares se acomodan en forma **plana trigonal**, y **cuatro pares** se disponen formando un **tetraedro**. Estas disposiciones, junto con las de cinco pares de electrones; **bipiramidal trigonal** y **seis pares** de electrones es **octaédrica** se resumen en la tabla siguiente.

Cómo veremos, la forma de una molécula o ion se puede relacionar con estos cinco acomodos básicos de los pares de electrones.

\* Respuestas cuestionario No. 8; 1. a) , 2. a) y b).

**Geometrías de los pares electrónicos en función del número de pares de electrones**

Número de pares Electrónicos	Acomodo de pares electrónicos	Geometría de pares electrónicos	Ángulos de enlace predichos
2		<b>Lineal</b>	<b>180°</b>
3		<b>Plana trigonal</b>	<b>120°</b>
4		<b>Tetraédrica</b>	<b>109.5°</b>
5		<b>Bipiramidal trigonal</b>	<b>120° 90°</b>
6		<b>Octaédrica</b>	<b>90° 180°</b>

Brown, 1998, capítulo 9, pág. 298.

**Ejercicio.**

Usando el modelo **RPENV** para predecir la geometría molecular del SF<sub>4</sub>

**Solución:**

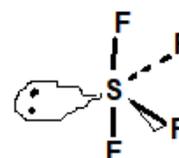
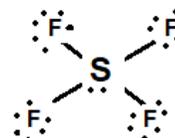
De acuerdo con la estructura de Lewis;

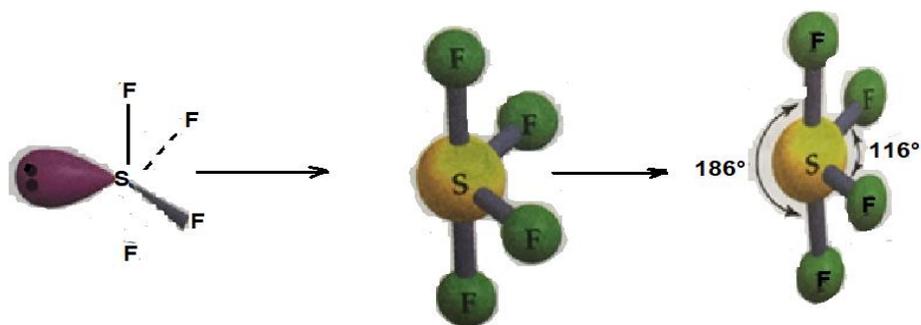
El azufre tiene cinco pares de electrones en la capa de valencia a su alrededor. Cada par apunta hacia una esquina de una bipiramidal trigonal. El par no enlazante ocupa una posición ecuatorial.

Los cuatro pares de electrones enlazantes ocupan las cuatro posiciones restantes.

Los enlaces **S-F** axiales y ecuatoriales están flexionados un poco, alejándose del par de electrones no enlazante, lo que sugiere que son empujados por ese par, que tiene un efecto de repulsión mayor

(Brown-LeMay- Bursten, 1988; pág. 302-204).

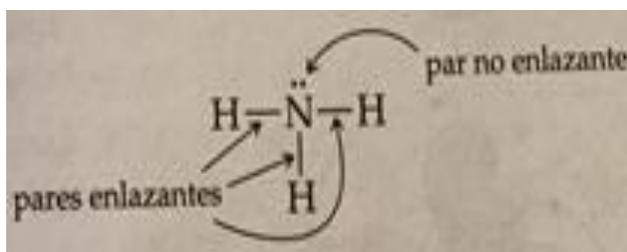




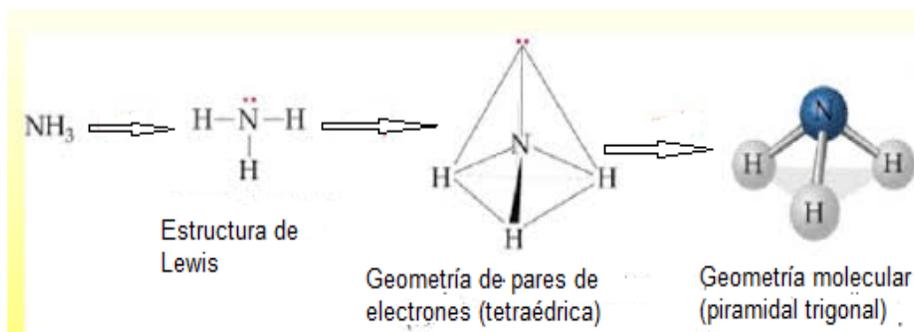
## Predicción de geometrías moleculares

Al dibujar estructuras de Lewis vimos dos tipos de pares de electrones de nivel de valencia: pares enlazantes, que son compartidos por los átomos en los enlaces, y pares no enlazantes (o pares solitarios). La estructura de Lewis del amoníaco revela tres pares enlazantes y un par no enlazante alrededor del átomo de nitrógeno

Puesto que hay cuatro pares de electrones alrededor del átomo de **N**, las repulsiones de los pares electrónicos se minimizarán si los pares apuntan hacia los vértices de un tetraedro.



El acomodo tetraédrico de los pares de electrones en el amoníaco se muestra en la siguiente figura ►



- ✓ Podemos predecir la geometría de una molécula a partir de la geometría de sus pares de electrones. En el **NH<sub>3</sub>**, los tres pares enlazantes apuntan hacia tres de los vértices de un tetraedro; por tanto, los átomos de hidrógeno se ubican en tres de los vértices de un tetraedro que contiene el átomo de nitrógeno en el centro.

👁️ **Otra sugerencia:** Podemos predecir la geometría molecular del  $\text{NH}_3$ , si primero escribimos la estructura de Lewis, luego utilizamos el modelo RPENV para determinar la geometría de los pares de electrones, y por último nos concentramos en los átomos mismos para describir la estructura molecular.

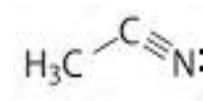
El par de electrones no enlazantes del nitrógeno ocupa el cuarto vértice. Así, el modelo RPENV predice correctamente que los átomos del amoníaco no están todos en el mismo plano; más bien, el  $\text{NH}_3$ , se asemeja a una molécula tetraédrica a la que le falta un átomo. Como apuntamos antes, esta forma se llama piramidal trigonal (una pirámide con un triángulo equilátero como base).

Es evidente que la geometría molecular trigonal del amoníaco, es una consecuencia de la geometría tetraédrica de sus pares de electrones. Al describir la forma de una molécula, siempre indicamos la geometría molecular, no la geometría de los pares de electrones.

### Ejercicio.

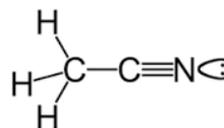
Considere la molécula del acetonitrilo:

- Prediga los ángulos de enlace alrededor del carbono
- Indique las hibridaciones de ambos átomos de carbono.
- Determine el número total de enlaces sigma  $\sigma$  y  $\pi$ .



Respuestas;

- Aproximadamente  $109^\circ$  alrededor del carbono de la extrema izquierda y  $180^\circ$  en el carbono de la extrema derecha.
- $\text{Sp}^3$ , **sp**.
- Cinco enlaces  $\sigma$  y dos enlaces  $\pi$



### Tarea para el estudiante.

¿Qué es la geometría molecular? Y ¿cómo esta determinada?

- <http://bqua.com/es/que-es-la-geometria-molecular/>
  - [http://dec.fq.edu.uy/ecampos/catedra\\_inorganica/general1/geometria/tabla.html](http://dec.fq.edu.uy/ecampos/catedra_inorganica/general1/geometria/tabla.html)
  - <https://www.quimicainorganica.org/basica/geometria-molecular/> 8 jun. 2019
- 👁️ Argumentar en clase.

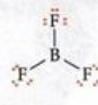
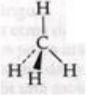
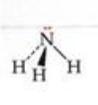
“Nunca consideres el estudio como una obligación sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.”

**Albert Einstein**

## Efectos de los electrones no enlazantes y de los enlaces múltiples sobre los ángulos de enlace.

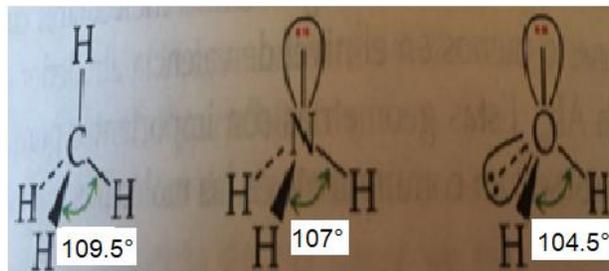
Podemos redefinir el modelo RPENV para predecir y explicar pequeñas distorsiones de las moléculas respecto a las geometrías ideales que se resumen en la siguiente tabla.

Geometrías de los pares de electrones y formas moleculares para moléculas con dos, tres y cuatro pares de electrones alrededor del átomo central

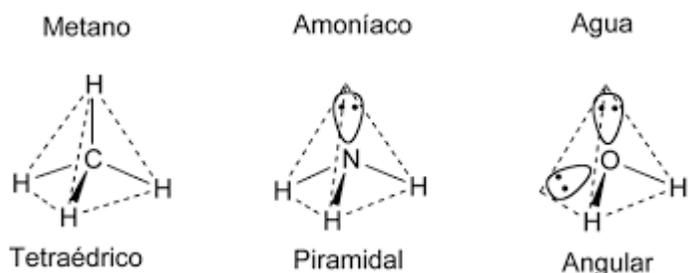
Total de pares de electrones	Geometría de pares de electrones	Pares enlazantes	Pares no enlazantes	Geometría molecular	Ejemplo
2 pares	 Lineal	2	0	 Lineal	$\ddot{O}=\text{C}=\ddot{O}$
3 pares	 Plana trigonal	3	0	 Plana trigonal	
		2	1	 Angular	
4 pares	 Tetraédrica	4	0	 Tetraédrica	
		3	1	 Piramidal trigonal	
		2	2	 Angular	

(Brown-LeMay-Bursten, 1998)

Por ejemplo consideremos el CH<sub>4</sub>, el NH<sub>3</sub>, y el H<sub>2</sub>O. Los tres tienen geometrías de pares de electrones tetraédricas, pero sus ángulos de enlace muestran pequeñas diferencias ►



Observe que los ángulos de enlace disminuyen conforme aumenta el número de pares de electrones no enlazantes. Los pares enlazantes son atraídos por los dos núcleos de los átomos enlazados ►

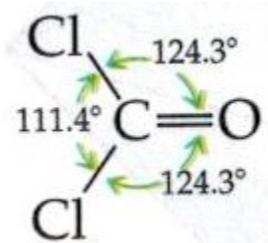


En cambio, la única influencia sobre el movimiento de los electrones no enlazantes es la atracción de un solo núcleo y por tanto se extienden más en el espacio.

El resultado es que los pares de electrones no enlazantes ejercen fuerzas de repulsión más intensas sobre pares de electrones adyacentes y por ello tienden a comprimir los ángulos que hay entre los pares enlazantes. Podemos imaginar que los pares de electrones no enlazantes están representados por globos un poco más grandes y voluminosos que los pares enlazantes.

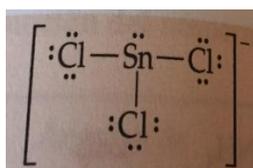
Puesto que los enlaces múltiples contienen una densidad de carga electrónica más alta que los enlaces sencillos, también afectan los ángulos de enlace. Consideremos la estructura del fosgeno,  $\text{Cl}_2\text{CO}$ , al ver la estructura de Lewis del fosgeno podríamos esperar una geometría plana trigonal con ángulos de enlace de  $120^\circ$ . Sin embargo, el doble enlace actúa de forma parecida aún par de electrones no enlazante, y reduce el ángulo de enlace **Cl-C-Cl** de  $120^\circ$  a  $111.4^\circ$  ►

En general, los electrones de los enlaces múltiples ejercen una fuerza de repulsión mayor sobre los pares de electrones adyacentes que la ejercida por los enlaces sencillos.

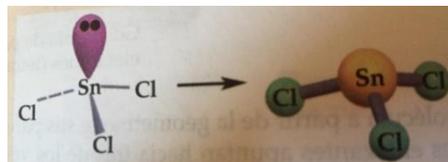


### 🔗 Ejercicio para el estudiante.

Utiliza el modelo RPENV para predecir la geometría del anión  $\text{SnCl}_3^-$  y del ozono.



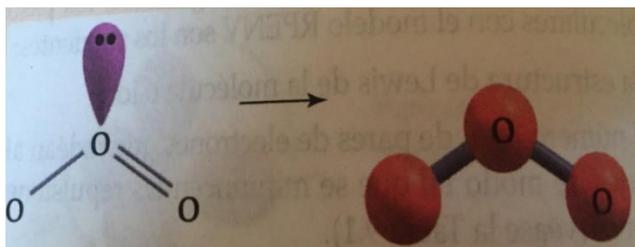
El átomo de **Sn** central está rodeado por un par de electrones no enlazantes y tres enlaces sencillos; por tanto la geometría de los pares de electrones es tetraédrica, y tres de las esquinas están ocupadas por los pares de electrones enlazantes. Así la geometría molecular es piramidal trigonal ►



En la molécula del ozono el átomo central y los átomos exteriores son todos de oxígeno. Al aplicar el modelo RPENV a la molécula nos concentramos en la disposición de los electrones del **O** central. Podemos dibujar dos estructuras de resonancia para el  $\text{O}_3$ .

A causa de la resonancia, los enlaces entre el átomo de **O** central y los átomos de **O** exteriores tienen la misma longitud. Las dos estructuras de resonancia muestran un par de electrones no enlazante, un sencillo y un doble enlace alrededor del átomo de **O** central.

Al predecir la geometría, los dobles enlaces se cuentan como un solo par de electrones. Así la disposición de los electrones del nivel de valencia es plana trigonal. Dos de estas posiciones están ocupadas por átomos de oxígeno, por lo que la molécula tiene forma angular de **117°** ►



Como ilustra este ejemplo, cuando una molécula tiene resonancia, podemos usar cualquiera de las estructuras de resonancia para predecir la geometría.

#### Referencia:

Brown-LeMay-Bursten, (1998). QUÍMICA. LA CIENCIA CENTRAL. Capítulo 9. Pearson. Prentice Hall. México.

#### Concepto clave:

► Resonancia

Las **estructuras resonantes** son útiles porque permiten representar moléculas, iones y radicales para los cuales resulta inadecuada una sola **estructura** de Lewis. Se escriben entonces dos o más de dichas **estructuras** y se les llama **estructuras** en resonancia o contribuyentes de resonancia.

<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Concepto+de+resonancia>

#### Número de direcciones y forma geométrica de las moléculas

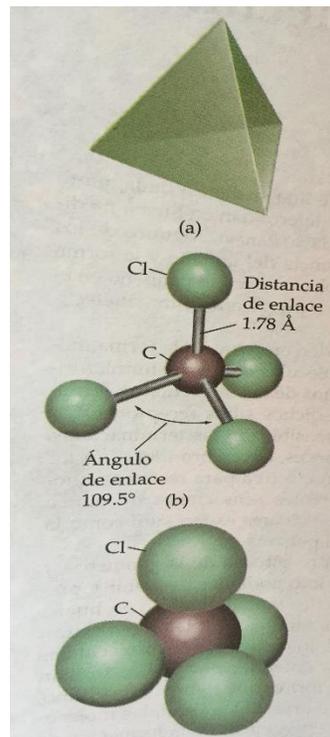
Las formas de las moléculas que poseen orbitales híbridos las hemos visto en el apartado anterior, pero de una forma sencilla puede deducirse la forma geométrica de las moléculas covalentes mediante la teoría de la repulsión de los pares electrónicos que es una adaptación de la teoría de Lewis, según la cual las moléculas adoptan la forma geométrica que mantiene a los pares de electrones lo más separados posible.

Se aplican las siguientes reglas:

- Se suman los electrones de la capa de valencia del átomo central de la molécula y los electrones desapareados de los átomos unidos a él.
- El número total de electrones obtenido se distribuye en el número de disposiciones que resulten de situar un par de electrones en cada dirección, excepto cuando un átomo haya aportado dos o tres electrones desapareados que situarán dos o tres pares de electrones, respectivamente en esa dirección. El número de direcciones resultante determina la forma de la molécula ►

Número de direcciones	Forma geométrica
Dos	lineal
Tres	Triángulo equilátero
Cuatro	Tetraedro
Cinco	Bipirámide trigonal
Seis	Octaedro

Los pares de electrones no compartidos, y los correspondientes a dobles y triples enlaces, repelen a los pares enlazantes restantes con más intensidad que lo que se repelen éstos entre sí, por lo que disminuyen todos los ángulos de los restantes enlaces, distorsionando la forma geométrica regular.



### 👁 Problemas:

Deducir la forma y el ángulo de enlace en las siguientes moléculas:  $\text{PH}_3$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$

Respuestas:

- Los enlaces **P-H** se forman por solapamiento de los orbitales  $1s$  del hidrógeno con los orbitales híbridos  $sp^3$  del fósforo. El par de electrones no enlazantes repele a los pares enlazantes por lo que el ángulo de enlace será inferior a  $109^\circ 28'$ . Estructura piramidal, por modificación de los enlaces tetraédricos.

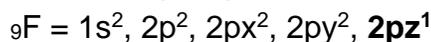
Según la teoría de la repulsión de los pares de electrones:

Número de electrones: 5 del fósforo + 3 de los hidrógenos = 8e<sup>-</sup>.

Número de direcciones: 4

Estructura: tetraédrica modificada por la repulsión del par de electrones no compartido (piramidal)

**b) Para el BF<sub>3</sub>**



Los enlaces B-F se forman por solapamiento de los orbitales 2p<sub>z</sub> del flúor con orbitales híbridos **sp<sup>2</sup>** del boro. La molécula es plana, triangular, con ángulos de enlace de 120°.

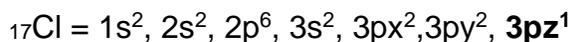
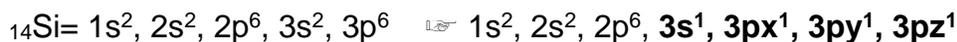
Teoría de la repulsión de pares de electrones:

Número de electrones; 3 del boro + 3 átomos de flúor = 6e<sup>-</sup>.

Número de direcciones = 3.

Estructura: triángulo equilátero.

**c) SiCl<sub>4</sub>**



Los enlaces **Si-Cl** se forman por solapamiento de orbitales **3p<sub>z</sub>** del cloro con orbitales híbridos **sp<sup>3</sup>** del silicio. La molécula es tetraédrica con ángulos de enlace de 109° 28'.

Según la teoría de la repulsión de pares de electrones:

Número de electrones: 4 del **Si** + 4 de los átomos de **Cl** = 8e<sup>-</sup>.

Número de direcciones = 4.

Estructura: Tetraédrica.

**d) PCl<sub>5</sub>**



Los enlaces P-Cl se forman por solapamiento de orbitales 3p<sub>z</sub> del cloro con orbitales híbridos **sp<sup>3</sup>d** del fósforo. La molécula es una bipirámide trigonal.

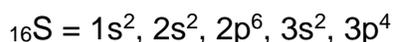
Teoría de repulsión de pares de electrones;

Número de electrones = 5 del **P** + 5 de los átomos de **Cl** = 10 e<sup>-</sup>.

Número de direcciones = 5.

Estructura Bipirámide trigonal.

### e) H<sub>2</sub>S



Los enlaces **H-S** se forman por solapamiento de orbitales 1s del hidrógeno con orbitales híbridos sp<sup>3</sup> del azufre. Hay en el azufre dos pares de electrones no compartidos que por repulsión disminuyen el ángulo de enlace, que será inferior a 109° 28". **Molécula angular.**

Teoría de repulsión pares de electrones:

Número de electrones: 6 del **azufre** + 2 de los átomos de **hidrógeno** = 8e<sup>-</sup>.

Número de direcciones = 4.

Los dos pares no compartidos disminuyen el ángulo de 109° 28'. Molécula angular.

☞ Cuadro de referencia

Tipo de hibridación	Número de enlaces	Geometría de la molécula
sp	2	lineal
Sp <sup>2</sup>	3	triangular
Sp <sup>3</sup>	4	Tetraédrica
Sp <sup>3</sup> d o dsp <sup>2</sup>	4	Plana cuadrada
Sp <sup>3</sup> d	5	Bipirámide trigonal
Sp <sup>3</sup> d <sup>2</sup> o d <sup>2</sup> sp <sup>3</sup>	6	Octaédrica

**Referencia:** García Pérez et-al (2000) Química, teoría y problemas. Tema 4. Alfaomega. Tébar. Madrid, España.

### Cuestionario No. 9

Contesta las siguientes preguntas de opción múltiple.

1. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre hibridación de orbitales son correctas?

- a) La hibridación tetraédrica resulta de la combinación lineal de un orbital **s** y tres orbitales **p**.
- b) ¿En la molécula de **BCl<sub>3</sub>**, el boro presenta hibridación sp<sup>2</sup>.
- c) Los orbitales híbridos **sp** forman entre sí un ángulo de 180°.
- d) El tipo de hibridación determina la geometría de la molécula.

2. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas?

- a) La molécula de PH<sub>3</sub>, es triangular.
- b) La molécula de CO<sub>2</sub> es tetraédrica.
- c) La molécula de agua es tetraédrica.
- d) En la molécula de acetileno, el carbono presenta hibridación sp<sup>2</sup>.

3. Sobre el amoníaco (NH<sub>3(g)</sub>) se puede afirmar:

- a) Su molécula es tetraédrica.
- b) Su molécula es apolar.
- c) **Sus moléculas están unidas por enlaces de hidrógeno.**
- d) Es un compuesto metálico.

#### 4. ¿Por qué existe el $\text{PCl}_3$ , $\text{PCl}_5$ y el $\text{NCl}_3$ en cambio no se conoce el $\text{NCl}_5$ ?

- a) Porque el nitrógeno es más electronegativo que el fósforo.
- b) Porque el orbital  $2d$  no existe.
- c) Porque las fuerzas de Van der Waals son más intensas en el  $\text{PCl}_5$ .
- d) Existen ambos (García Pérez; problema 4.1, página 94. Alfaomega).

#### 5. Dibuja las estructuras geométricas de: $\text{BeCl}_2$ , $\text{BF}_3$ , $\text{CH}_4$ , $\text{NH}_3$ , y $\text{NH}_4^+$ , $\text{CO}_3^{2-}$

- <https://www.google.com/search?q=estructura+geometrica+de+los+enlaces+covalentes&tbm>
- <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/344-geometria-molecular-teoria-rpecv.html>

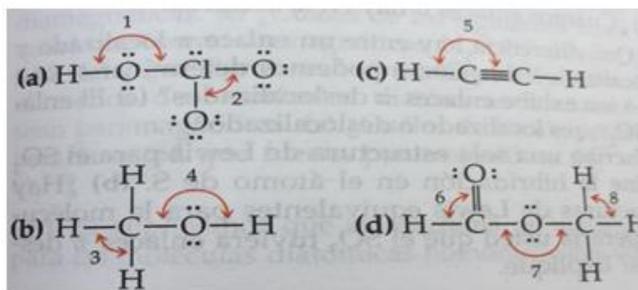
#### 6. Tarea para que el estudiante investigue.

Al comparar dos moléculas muy similares;  $\text{CO}_2$  y  $\text{SO}_2$  se observa que en la primera el momento dipolar es cero, mientras que en la segunda no lo es. Justificar de forma razonada\*. Elaborar un resumen y exponer en clase.

\*Sugerimos revisar las tres opciones siguientes:

- ✓ <http://www.escritoscientificos.es/problemasfyq/problemasquimica/02quiprob01a10/02quiprob05z.htm>.
- ✓ [http://www.jcabello.es/documentos/docquimica2/resueltos2\\_tema4.pdf](http://www.jcabello.es/documentos/docquimica2/resueltos2_tema4.pdf)
- ✓ **García Pérez et-al. (2000) Química, teoría y problemas. Tema 4, pp 90-91. Tébar.** Alfaomega.

7. Dé valores aproximados para los ángulos de enlace indicados en las siguientes cuatro moléculas ►



Brown-LeMay-Bursten (1998), Capítulo 9, página 337.

**A6.( C )** El estudiante comprende la geometría de los compuestos del carbono en relación con la formación de enlaces sencillos, dobles y triples. **N2**

Respuestas cuestionario 9

1 todas. 2 ninguna. 3. C, 4 b



Los estudiantes comprueban las diferentes reactividades de compuestos al desarrollar una actividad práctica u observar un video en el que se muestren las diferentes reactividades del metano, etileno, acetileno y benceno. Concluyendo, a partir de las observaciones, que hay diferencias entre la reactividad de los hidrocarburos saturados y no saturados y que los aromáticos son muy estables. **A7**

## Lectura

Reactividad química en compuestos orgánicos. (N2)

En comparación con otros grupos funcionales, **los alcanos** presentan una reactividad muy baja, no reaccionan con la mayoría de los ácidos minerales ni álcalis concentrados y calientes, ni con muchos reactivos oxidantes típicos, como el permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) o el dicromato de sodio ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), ni con otras sustancias muy reactivas en condiciones muy vigorosas; sólo experimentan oxidación cuando se le se hace reaccionar con los halógenos ( $\text{F}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$ ) en presencia de la luz ultravioleta o con el oxígeno por la acción de una flama o chispa eléctrica para dar lugar a la reacción de combustión, es decir, en condiciones en las cuales hay una gran cantidad de energía que resulta indispensable para que dé inicio la reacción capaz de promover la ruptura de enlaces sigma. De ahí que los alcanos se les conozca también como parafinas, palabra que significa “poca afinidad”.

Es suficiente una chispa eléctrica o pequeña flama para iniciar la reacción de combustión que rompe algunos enlaces  $\sigma$ , C-C y C-H (Gutiérrez-López-Arellano y Ochoa, 2010: Modulo 6).

## Alquenos

Los alquenos u olefinas son sustancias más reactivas que los alcanos, dado que tienen en su estructura un doble enlace entre carbonos, conformado por un enlace sigma ( $\sigma$ ) que une fuertemente a los carbonos y que requiere mucha energía para romperse, y un enlace pi ( $\pi$ ) cuyo par de electrones se encuentra mucho más disponible para el ataque de sustancias que requieren electrones, por lo que invierte menos energía para romperse.

Los alquenos son superiores en reactividad química que los alcanos, porque en su doble enlace existen enlaces de orbitales  $p$  más accesibles a romperse y originar reacciones de adición y poliadición.

Es comprensible que la adición sea la reacción característica de alquenos y alquinos, **pero ¿qué los hace reactivos?** La **respuesta** se encuentra en el enlace múltiple. Los enlaces tanto dobles como triples tienen un enlace sigma en el cual los electrones están concentrados entre los átomos unidos y se hallan fuertemente sujetos.

Los enlaces  $\sigma$  no son especialmente reactivos, y ya hemos visto que los alcanos, que se componen sólo de enlaces sigma (enlaces sencillos), son relativamente inertes en comparación con otros grupos funcionales. Sin embargo, los enlaces dobles y triples también están contruidos con enlaces  $\pi$  (uno en el doble enlace y dos en el triple, véase los dos modelos de reacción ►



Estos enlaces están orientados hacia afuera de los carbonos: los electrones están débilmente sujetos y son muy accesibles. Como consecuencia, los enlaces  $\pi$  atraen con facilidad especies deficientes en electrones que buscan una fuente de los mismos. Esto explica la reactividad de alquenos y alquinos (Bailey, 1995: capítulo 5).

La reactividad de los hidrocarburos saturados y los insaturados contrasta notablemente. Se vio que los alcanos son inertes frente a la mayoría de los reactivos, y cuando se les fuerza a reaccionar lo hacen por sustitución; con los halógenos, por ejemplo, se reemplaza un átomo de hidrógeno. Por otra parte, los alquenos y alquinos reaccionan con los ácidos y agentes oxidantes y experimentan adición con los halógenos y otros reactivos.

\*Respuestas; Cuestionario No. 9; 1 todas. 2 ninguna 3 c) 4 b)

Respuesta pregunta 7; (a) 1-109°, 2 – 109° (b) 3-109°, 4-109° (c) 5-180° (d) 6-120°, 7-109°, 8- 109° [Brown et-al. 1998; problema 9.15. PEARSON].

### Actividad experimental No. 5

#### Reactividad

**Propósito:**

Comprobar la reactividad de los alcanos, alquenos y benceno.



Sugerencia con el material y sustancias requeridas, diseñar la metodología para observar las siguientes reacciones en tres etapas:

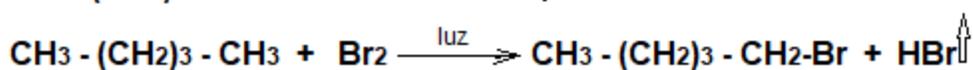
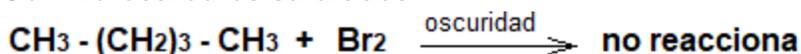
Se elige del **n-pentano** y el **n-hexano** (hidrocarburos saturados) y el ciclo pentadieno (hidrocarburo no saturado, para efectuar las siguientes experiencias. Seguir la secuencia de las siguientes tres etapas:

## Reacciones de diferenciación

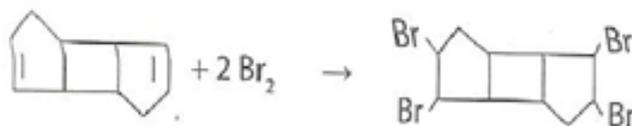
Reacción con bromo. Es muy difícil la reacción con los hidrocarburos saturados, solamente en presencia de luz solar reacciona pero muy lentamente. La reacción permite diferenciar el comportamiento de los hidrocarburos saturados y no saturados, observando la velocidad de la reacción relativa (Carrasco-Castañeda, 2014: Capítulo 32, p. 336).

### 1. Reacción con bromo

a) Con hidrocarburos saturados



b) Con hidrocarburos no saturados

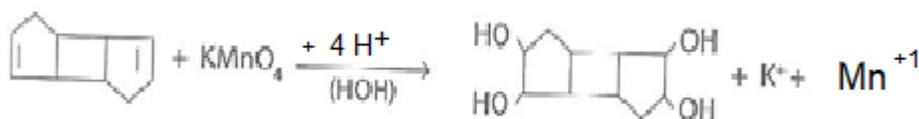


### 2. Reacción con el permanganato de potasio

a) Con hidrocarburos saturados



b) Con hidrocarburos no saturados

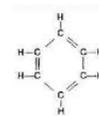


## Los hidrocarburos aromáticos

Una tercera clase de hidrocarburos no encaja fácilmente entre los compuestos con simples, dobles y triples enlaces. Esta clase comprende a los hidrocarburos aromáticos. Originalmente se les proveyó este nombre por su olor fragante agradable y ha persistido a pesar de que la química aromática incluye la química de todos los compuestos que, como el benceno se comportan de manera especial. [Puy-Rinehart. (1980) Química orgánica. Capítulos 1 y 5]

## Benceno

El líquido móvil hierve a 80°C, una vez que se estudió su comportamiento, se consideró como el verdadero representante de los compuestos aromáticos. Su fórmula condensada es **C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>** sugiere insaturación – un alcano saturado tendría la fórmula **C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>** y un cicloalcano **C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>**, sin embargo, gran parte del comportamiento del benceno se asemeja más al de los hidrocarburos saturados que al de los insaturados ►



Por ejemplo el benceno no reacciona con cloro o bromo en las condiciones en que lo hacen los alquenos y dienos como el hexeno y el hexadieno que los adicionan con rapidez. También es inerte al bromuro de hidrógeno, al cloruro de hidrógeno y a otros reactivos que se adicionan con facilidad a los doble y triple enlaces.

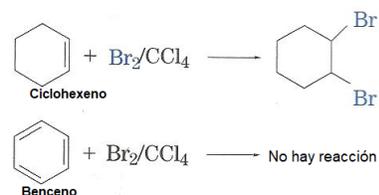
✓ Primera etapa:

Cuando el benceno reacciona casi siempre lo hace por **sustitución** en lugar de adición, como en su reacción con el bromo en presencia de bromuro férrico como catalizador. En las reacciones de sustitución, se conserva la integridad del anillo bencénico; una prueba de su extraordinaria estabilidad (Bailey, 1995: Capítulo 6).

✓ Segunda etapa:

### Características excepcionales del benceno

Estabilidad inesperada. El benceno es un compuesto excepcionalmente estable, como lo prueba su relativa resistencia a los cambios químicos; no sufre las reacciones de adición que son típicas de los alquenos, donde un doble enlace se convierte en un sencillo.



Por ejemplo el ciclohexeno reacciona de manera instantánea con una solución relativamente diluida de bromo en tetracloruro de carbono, decolorándola de inmediato al formarse 1, 2 – dibromociclohexano.

El benceno, con lo que parece ser el equivalente de tres dobles enlaces, sorprendentemente **no reacciona en absoluto con el bromo** en estas condiciones.

**Nota:** El aislamiento del **benceno** fue reportado por primera vez en 1825 Michael Faraday (1791-1867) **quién** lo separó de los residuos del gas de alumbrado público y le asocio una composición de carbono e hidrogeno 1:1.

### Discovery of benzene

Benzene was first discovered by the English scientist Michael Faraday in 1825 in illuminating gas. In 1834 German chemist Eilhardt Mitscherlich heated benzoic acid with lime and produced benzene. In 1845 German chemist A.W. von Hofmann isolated benzene from coal tar.

The structure of benzene has been of interest since its discovery. German chemists Joseph Loschmidt (in 1861) and August Kekule von Stradonitz (in 1866) independently proposed a cyclic arrangement of six carbons with alternating single and double bonds. Kekule subsequently modified his structural formula to one in which oscillation of the double bonds gave two equivalent structures in rapid equilibrium. In 1931 American chemist Linus Pauling suggested that benzene had a single structure, which was a resonance hybrid of the two Kekule structures. <https://www.britannica.com/biography/Michael-Faraday/Later-life>

✓ Tercera etapa:

### Pruebas visuales para los hidrocarburos aromáticos

Como los hidrocarburos aromáticos **no reaccionan con bromo** en tetracloruro de carbono, esta prueba puede servir para distinguirlos de otras moléculas insaturadas. Los hidrocarburos son relativamente solubles en ácido sulfúrico concentrado **no así** los alcanos. Por ejemplo, al agitar unos cristales de naftaleno con ácido sulfúrico inmediatamente se disuelven (Puy-Rinehart. Capítulo 5 página 121).

Casi todas las moléculas orgánicas excepto los alcanos, se disuelven en ácido sulfúrico concentrado, de manera que primero tienen que utilizarse otras pruebas (por ejemplo, con  $\text{Br}_2$  en  $\text{CCl}_4$ ) para distinguir a los compuestos aromáticos de los que contienen grupos funcionales (como dobles y triples enlaces).

### Observaciones y conclusiones

Los estudiantes elaboran un reporte con relación al aprendizaje **A7**

**A7.( C )** El estudiante 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)**

Hasta aquí se han introducido los compuestos básicos de estructura y reactividad orgánicas únicamente para los compuestos de carbono e hidrógeno, los hidrocarburos. La mayoría de las moléculas orgánicas también contienen oxígeno y en las subsiguientes discusiones se estudiará la química de los grupos funcionales que contienen oxígeno y también, aunque en menor detalle, las que contienen nitrógeno y azufre.



Los estudiantes dibujan o construyen modelos tridimensionales de algunos isómeros estructurales y geométricos sencillos para establecer la diferencia de isomería estructural y geométrica. Analizan las formas de las moléculas y con datos de sus características propiedades físicas (punto de fusión y ebullición), establecer la relación entre la estructura y sus propiedades. **A8**

## Lectura

### Abundancia de los compuestos orgánicos

Hay más de 12 millones de compuestos orgánicos, y sólo hay unos cuantos cientos de miles de compuestos inorgánicos, de modo que los compuestos orgánicos superan con creces al número de inorgánicos.

Después de todo, los compuestos orgánicos están formados principalmente de carbono y unos cuantos elementos más mientras que los compuestos inorgánicos están formados por combinaciones de aproximadamente 100 elementos restantes. La respuesta reside en la capacidad del átomo de carbono para enlazarse directamente con otros átomos de carbono en la molécula. Esta capacidad inusual permite que los átomos de carbono formen todo tipo de molécula en forma de cadena y en forma de anillo, lo cual hace que el número de compuestos orgánicos potenciales sea casi infinito.

### Isomería (N2)

La enorme cantidad de compuestos del carbono se debe a la existencia de los isómeros; varios compuestos del carbono pueden tener más de una organización estructural. (A8)

La capacidad de los átomos de carbono para formar enlaces fuertes y estables con otros átomos de carbono da lugar a un número abrumador de isómeros estructurales. Como se muestra en la siguiente tabla, hay tres isómeros estructurales de fórmula molecular  $C_5H_{12}$  ►

Átomos de carbono	Isómeros estructurales
1	1
5	3
10	26
16	4,347
25	36,797,286
30	4,111,046,763

Los alcanos muestran un tipo de isomería que se conoce como isomería de esqueleto. Puesto que todos alcanos no cíclicos tienen la fórmula general  $C_nH_{2n+2}$ .

**Estos diferentes compuestos con la misma fórmula molecular pero distinta fórmula estructural se llaman isómeros.**

La isomería de esqueleto, de posición y funcional caen bajo el título general de isomería estructural (a veces llamada isomería de constitución). En los isómeros estructurales, diferentes átomos están unidos unos con otros. En la estereoisomería geométrica, de conformación y óptica, los mismos átomos están enlazados unos con otros, pero su configuración en el espacio es diferente (Bailey, 1995).

### Isomería estructural

Son isómeros que varían en las uniones de los átomos a través de enlaces.

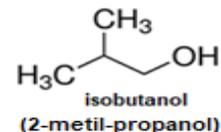
**La isomería estructural** estudia los compuestos que tienen la misma fórmula molecular, pero diferentes fórmulas estructurales, es decir, difieren en el orden en que sus átomos se unen entre sí.

Los isómeros estructurales poseen diferentes propiedades físicas tales como punto de ebullición, punto de fusión, densidad y solubilidad. Por ejemplo ►

- ✓ El 1-butanol, punto de ebullición 118 °C  $CH_3-(CH_2)_2-CH_2-OH$   
(113)

- ✓ El isobutanol, punto de ebullición 108 °C

Las estructuras moleculares de la química orgánica son variables, ésta es la razón por la cual existen infinidad de compuestos del carbono. Los isómeros estructurales se clasifican en:



- Plana.
- ✓ cadena u ordenación.
- ✓ posición.
- ✓ función.

### Isómeros de cadena en alcanos

Isómeros que difieren en la disposición de la cadena de carbono.

La presentan los compuestos que tienen la misma fórmula molecular, pero difieren en la disposición de los átomos de carbono en la molécula. Por ejemplo el n-butano y el 2-metilpropano tienen la misma fórmula molecular  $C_4H_{10}$ , pero el primero presenta una cadena lineal y el segundo una cadena de propano con una ramificación (metil):



(p. eb.  $-0.5^\circ C$ )

(p. eb.  $-11.6^\circ C$ )

Ambos compuestos tienen diferentes propiedades físicas y químicas.

El 2-metilpropano, también se le puede nombrar metilpropano, o isobutano.

Esta isomería la presentan principalmente los hidrocarburos saturados o alcanos, también conocidos como parafinas. A medida que aumenta el número de carbonos en las cadenas, también aumenta el número de isómeros.

**Nota:** n- indica cadena normal, o sólo cadena orgánica lineal.

### Los isómeros del n-pentano

El pentano es un compuesto orgánico con la fórmula  $C_5H_{12}$  es decir, un alcano con cinco átomos de carbono.

El término puede referirse a cualquiera de los tres isómeros estructurales, o a una mezcla de ellos: en la nomenclatura de la **IUPAC**, sin embargo, pentano significa exclusivamente el isómero **n-pentano**; los otros dos son llamados "metilbutano" y "dimetilpropano".  
Ciclopentano no es un isómero de pentano ►



**Tarea para el estudiante.**

📺 **Video de you tube, para argumentar en clase.**

**TIPOS DE ISÓMEROS | Química Orgánica.** 24 de julio 2019 con 12.49 minutos

- <https://www.youtube.com/watch?v=fMlIRfO7eII>

Los pentanos son componentes de algunos combustibles y se emplean como disolventes de especialidad en el laboratorio. Sus propiedades son muy similares a los de butanos y hexanos.

### Propiedades físicas

Los puntos de ebullición de los isómeros de pentano de aproximadamente 9 a 36°C. Como es el caso para otros alcanos, los isómeros más ramificados tienden a tener puntos de ebullición más bajos ►

Isómeros $C_5H_{12}$	Punto de ebullición
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	36.1°C
$  \begin{array}{c}  CH_3-CH-CH_2-CH_3 \\    \\  CH_3  \end{array}  $	27.0°C
$  \begin{array}{c}  CH_3 \\    \\  CH_3-C-CH_3 \\    \\  CH_3  \end{array}  $	9.5°C

La misma tendencia se mantiene normalmente para los puntos de fusión de alcano isómeros, y de hecho la de isopentano es 30° C más baja que la de n-pentano. Sin embargo, el punto de neopentano, los más fuertemente ramificado de los tres, el punto de fusión es de 100°C más alta que la de isopentano.

El punto de fusión anormalmente alta de neopentano se ha atribuido a la empaquetadura de estado sólido mejor se supone que es posible con su molécula tetraédrica, pero esta explicación ha sido cuestionada debido a que tiene una densidad más baja que los otros dos isómeros.

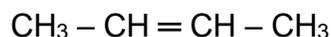
Los isómeros ramificados son más estables que el pentano normal. La diferencia es 1.8 kcal/mol para el isopentano, y 5 kcal/mol para el neopentano.

### Isómeros de posición

La presentan los compuestos que tienen el mismo esqueleto carbonado pero difieren en la posición que ocupa el grupo funcional, ambos con la misma fórmula condensada:

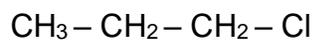


**1- buteno**



**2- buteno**

Otro ejemplo, el compuesto halogenado;  $C_3H_5Cl$



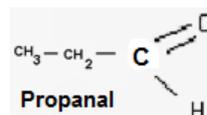
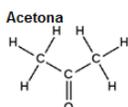
1-cloropropano

y



### Isómeros de función

Son los compuestos que se distinguen por tener diferente grupo funcional, aunque la fórmula molecular sea la misma. Por ejemplo entre la acetona y el propanal cuya fórmula empírica:



### Otro ejemplo,

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  ácido butanoico, función ácido.

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COO} - \text{CH}_3$  propanoato de metilo, función éster.

### Concepto clave:

➤ **Isómeros.** Moléculas con la misma fórmula condensada, pero con diferente estructura y diferentes propiedades físicas y químicas.

Isos = iguales.

Meros = moléculas.

Así inclusive para un número pequeño de átomos de carbono e hidrógeno, es posible escribir un gran número de isómeros estructurales. **De hecho, el potencial de individualidad de grupos funcionales y estructurales en las moléculas orgánicas formadas a partir de las mismas unidades constitutivas de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno es prácticamente ilimitado.**

### Lectura bibliográfica

**Gilbert Newton Lewis** (October 23, 1875 – March 23, 1946) was an American physical chemist and a Dean of the College of Chemistry at University of California, Berkeley. Lewis was best known for his discovery of the covalent bond and his concept of electron pairs; his Lewis dot structures and other contributions to valence bond theory have shaped modern theories of chemical bonding.

Lewis successfully contributed to chemical thermodynamics, photochemistry, and isotope separation, and is also known for his concept of acids and bases. Lewis also researched on relativity and quantum physics, and in 1926 he coined the term "photon" for the smallest unit of radiant energy.

### Cuestionario No. 10

1. Usar el diagrama de Lewis para dibujar las estructuras de las cuatro isoparafinas cuyas fórmulas semidesarrolladas están en el siguiente cuadro.

ISOPARAFINAS		% EN PESO H <sub>2</sub> : IDEM	No. DE ISÓMEROS	C <sup>4</sup>	C <sup>5</sup>	C <sup>6</sup>	C <sup>7</sup>	C <sup>8</sup>	C <sup>9</sup>	C <sup>10</sup>	C <sup>11</sup>	C <sup>12</sup>	C <sup>13</sup>	C <sup>14</sup>	C <sup>15</sup>	C <sup>18</sup>
				2	3	5	9	18	35	355	4347	60528				
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \quad   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	ISOBUTANO	ISOPENTANO	NEOPENTANO	ISO OCTANO									

➤ <https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/diagrama-de-lewis>

**Tarea para el estudiante.** Con esferas de unícel y palillos elabora los modelos de las cuatro isoparafinas o hidrocarburos saturados del cuadro anterior.



## Actividad experimental No. 6

### Isomería

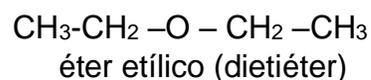
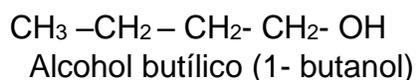
**PROPÓSITO.** Comparar las propiedades de dos isómeros funcionales.

### MARCO TEÓRICO

Los isómeros funcionales pertenecen a diferentes clases orgánicas porque poseen grupo funcionales distintos. Un grupo funcional es por lo común el lugar donde ocurren las reacciones características de una clase específica de compuestos.

La distinta estructura de los isómeros provoca que sus propiedades sean diferentes.

Dos isómeros de tipo funcional son el alcohol butílico y el éter etílico, cuya fórmula condensada es  $C_4H_{10}O$ , pero si se observa, en sus formas semidesarrolladas, sus estructuras son diferentes ►



No sólo difieren por la estructura de la cadena, sino también porque contienen un grupo funcional diferente.

Observar los siguientes isómeros, el punto de ebullición disminuye con la ramificación o arborescencia ►



**Hipótesis** \_\_\_\_\_

### Material y sustancias

Soporte universal.

Pipeta de 5 mL.

Algodón.

Dos matraces de destilación de 100 mL.

Mechero de Bunsen o parrilla.

Gradilla.

Dos goteros.

Dos termómetros.

● Alcohol butílico

● Dietiéter

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
Tem.de ebullición 34.6°C  
Solubilidad  
6.9 g/100 mL de agua

## Procedimiento

1. En cada vidrio de reloj coloca 5 gotas de alcohol y de éter, déjalos reposar durante 5 minutos, observa si se evaporan fácilmente. 
2. Sujeta el matraz de destilación con el soporte universal. Mechero y el termómetro con el tapón monohoradado, agrega 50 mL de alcohol y determina el punto de ebullición. Repite lo mismo con el éter. **Precaución: son líquidos inflamables.**
3. Coloca en un tubo de ensayo un mL de alcohol y en otro, un mL de éter agrega en ambos un mL de agua. Agita ambos y déjalos reposar un minuto, observa si son solubles.
4. Moja una bolita de algodón con alcohol y otra con éter, coloca cada una en un vidrio de reloj y enciende un cerillo y préndelas al mismo tiempo. Observa que ocurre.

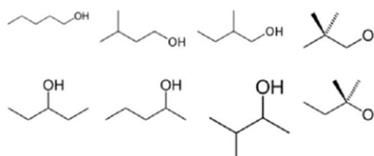
Completa el siguiente cuadro ►

Sustancia	Color	Olor	Volatilidad	Temperatura de ebullición	Solubilidad en agua
Alcohol butílico					
Éter etílico					

**Elabora tus observaciones y conclusiones.**

## Tarea para el estudiante.

Clásifica a los siguientes isómeros del alcohol amílico en primarios secundarios y terciarios, dar sus nombres en IUPAC ►



- Consultar; [https://www.ecured.cu/Alcohol\\_am%C3%ADlico](https://www.ecured.cu/Alcohol_am%C3%ADlico)



Los estudiantes analizan la información sobre isómeros para reconocer la importancia de la isomería en las funciones biológicas, por ejemplo, **cis-retinal**.

**A8**

## Isómeros geométricos

- ✓ La isomería geométrica es debida a la rotación restringida entorno a un enlace carbono-carbono. Esta restricción puede ser debida a la presencia de dobles enlaces o ciclos.

Los isómeros que solamente se distinguen por la posición tridimensional de sus átomos en el espacio se denominan estereoisómeros, existen dos categorías:

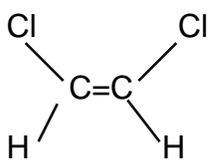
2. Isómeros ópticos, se encuentran en los compuestos que producen rotación del plano de la luz polarizada, ejemplo con los carbohidratos.
2. Isómeros geométricos, son aquellos que están restringidos a la rotación alrededor de los dobles enlaces o en estructuras cíclicas, por lo tanto tienen propiedades físicas diferentes.

El isomerismo geométrico, un tipo de estereoisomería en la cual los átomos o grupos exhiben diferencias de orientación en torno a un doble enlace o anillo (Bailey, 1995).

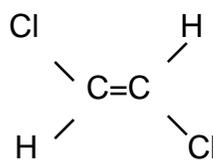
La nomenclatura de los isómeros geométricos contiene los prefijos **cis** y **trans** en el nombre, que sirve para identificar las sustancias.

El **cis** y el **trans** de un alqueno se conocen como isómeros cis-trans; ambos términos tienen su origen del latín: **cis**, de este lado, y **trans**, a través de. Ejemplo:

En ambos casos tienen la misma fórmula molecular, pero el arreglo de los dos es diferente en el espacio. Otro ejemplo, la fórmula  $C_2H_2 - Cl_2$  tiene los isómeros siguientes ►



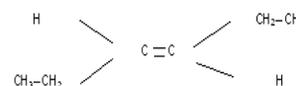
**cis -1, 2 dicloroeteno**



**trans- 1, 2 dicloroeteno**

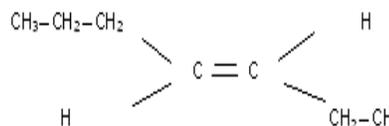
Otros ejemplos de isómeros cis-trans, más complejos ►

*trans* -3- hexeno

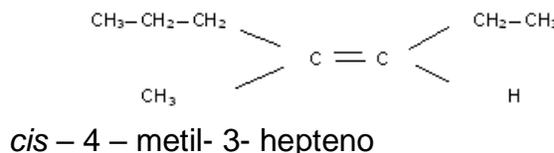


En el siguiente ejemplo, la cadena tiene siete átomos de carbono y se numera partiendo del extremo que permite dar el número más bajo al primer carbono del doble enlace ►

*trans*- 3- hepteno.



La cadena más larga contiene siete átomos de carbono y se numera a partir de la derecha, de modo que el primer carbono del doble enlace es el carbono **3** de la cadena, su nombre ►



*cis* - 4 - metil- 3- hepteno

### Tarea para el estudiante.

► Ver **video de you tube; Isomería geométrica Cis-trans**, y elaborar un resumen para exponer y argumentar en clase:

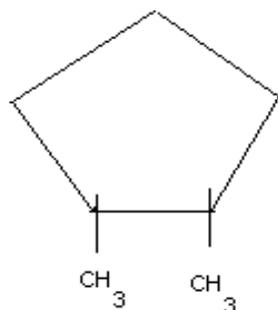
► <https://www.youtube.com/watch?v=CJu-aYgl6hw>. 28 may. 2019

**Por María Guadalupe Castillo Arteaga (cis-trans).**

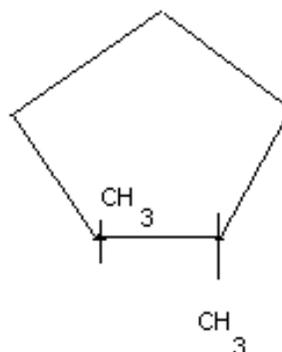
☞ También sugerimos:

- <http://www.quimicaorganica.org/estereoquimica/87-isomeros-geometricos-o-cis-trans.html>

La presencia de dos sustituyentes en un anillo de cicloalcano permite la posibilidad del isomerismo **cis – trans**:



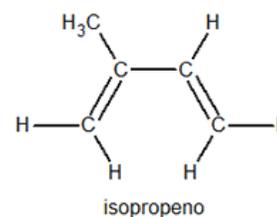
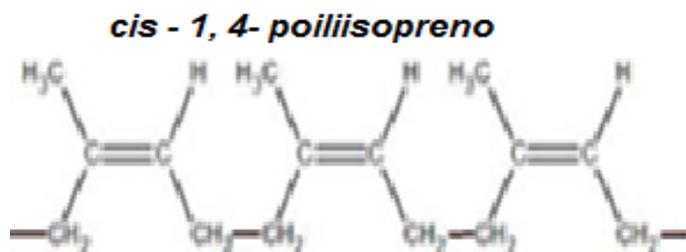
cis- 1, 2 dimetilciclopentano



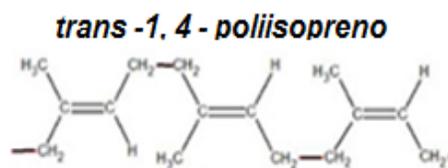
trans- 1, 2 dimetilciclopentano

El cis y el trans **1, 2** dimetilciclopentanos son **estereoisómeros**, difieren uno de otro sólo en el arreglo espacial de sus átomos.

Los isómeros del isopreno en forma de macromoléculas:



isopropeno



### Tarea para el estudiante.

Recopilar información acerca del isopreno:

- a) Historia
- b) Formación

☞ Vistar las páginas;

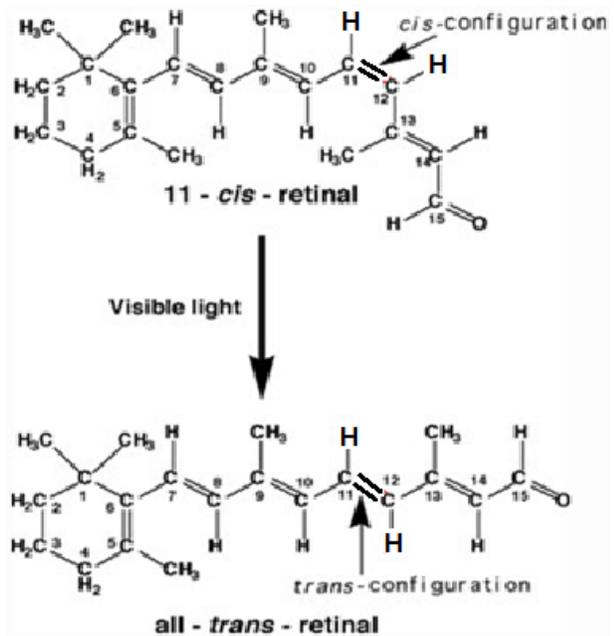
- <https://herbolaria.fandom.com/wiki/Isopreno>
- <https://prezi.com/p/lt1ovvgydxf/isopreno/>

## Cis-trans retinal

En los ojos se encuentra el cis-retinal, que cambia a trans-retinal por la acción de la luz. Su fórmula química condensada: **C<sub>20</sub> H<sub>28</sub> O**

11-cis-retinal is a carotenoid constituent of visual pigments. It is the oxidized form of retinol which functions as the active component of the visual cycle. It is bound to the protein opsin forming the complex rhodopsin.

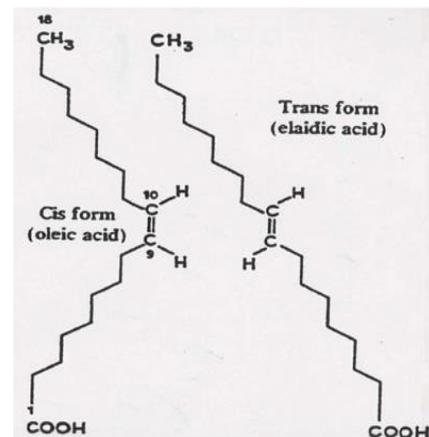
When stimulated by visible light, the retinal component of the rhodopsin complex undergoes isomerization at the 11-position of the double bond to the cis-form; this is reversed in “dark” reactions to return to the native trans-configuration.



- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11-cis-Retinal#section=Top>
- 👁 Ver **video en you tube** de: María Guadalupe Castillo Arteaga. 28 mayo de 2019.

## Cis- trans en ácidos grasos

**Los ácidos grasos insaturados son líquidos** a temperatura ambiente y la posición espacial de la doble ligadura está relacionada con la posibilidad de un menor riesgo o mayor riesgo de problemas cardiacos. De manera específica, cuando la doble ligadura está en posición “cis” ►



No existe riesgo, pero cuando la posición en el espacio es “trans”, el peligro para la salud cardiaca aumenta considerablemente [Esquivel-Luna. (2010) “**El placer de comer y estar sano**”. SEP, Editorial Terracota].

## Propiedades de isómeros estructurales y geométricos (N2)

**Los isómeros** son compuestos diferentes que poseen la misma composición, es decir, el mismo número y tipo de átomos y por consiguiente las mismas formulas moleculares. Los isómeros están relacionados entre sí de dos maneras ya sea por su formulas estructurales o por sus estructuras tridimensionales. La isomería comprende la estructural y la **estereoisomería**.

Los estereoisómeros son compuestos que se forman por el mismo tipo y numero de átomos unidos en la misma secuencia, pero con distinta disposición espacial. (Conocimiento de la estructura de una molécula).

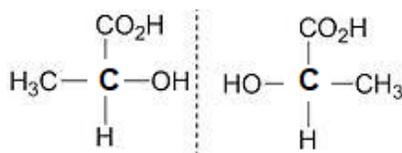
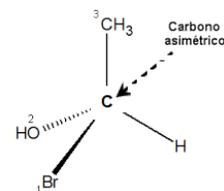
**Los isómeros geométricos** o estereoisómeros, es la parte de la estereoquímica que estudia aquellos compuestos orgánicos que tienen la misma fórmula estructural pero diferentes arreglos de los átomos en el espacio. Es decir, diferentes estructuras tridimensionales.

Los isómeros geométricos también se conocen con el nombre de **isomería cis-trans**. Estos isómeros difieren solamente en las propiedades físicas. La isomería geométrica se presenta en compuesto que tienen **doble enlace carbono-carbono**. Los isómeros geométricos tienen propiedades físicas diferentes: distintos puntos de ebullición y de fusión, índices de refracción, solubilidades, densidades, etcétera.

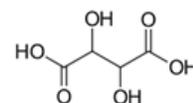
Basándonos en estas propiedades físicas diferentes, se pueden distinguir unos de otros e identificarse, una vez establecida la configuración de cada uno. Veremos uno de los medios para determinar si una sustancia particular es el isómero **cis** o **trans**.

### Nuevo termino

Un **carbono asimétrico** o **carbono quiral** es un átomo de carbono que está enlazado con cuatro sustituyentes o elementos diferentes. La presencia de uno o varios átomos de **carbono asimétrico** en un compuesto químico es responsable de la existencia de **isomería óptica** ►



Ejemplos **2-clorobutano**, el **2, 3 butanodiol** y el ácido tartárico, en IUPAC: **2, 3 – dihidroxibutanodioico**.



## El 2-buteno

De este compuesto existen a su vez dos isómeros geométricos: Cis-2-buteno y Trans-2-buteno.

Propiedades físico-químicas ►

👉 **Apoyo. Video en you tube**

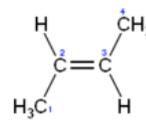
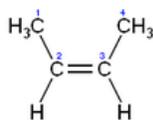
<https://www.youtube.com/watch?v=yzEtVn5QKZo>

- Explica la isomería cis-trans. **Khan Academy** - 28 abr. 2015

Propiedad	Cis-2-buteno	Trans-2-buteno
Fórmula	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$
Temp. Fusión	-138.9 °C	-105.5 °C
Temp. Ebullición	3.73 °C	0.96 °C
Solub. en Agua	5 g/L	5 g/L

## Estructuras

- ✓ Cis, del mismo lado
- ✓ Trans, lados opuestos



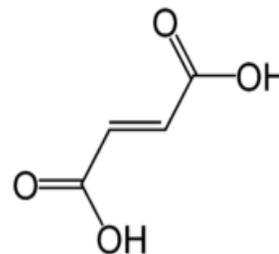
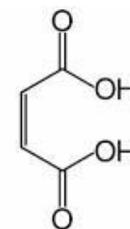
**La fórmula Molecular del Ácido Maleico y del Ácido Fumárico es:  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ .**

- ✓ El ácido maleico tiene las siguientes características:

### Ácido cis-butenodioico

Punto de fusión 130°C. Sólido blanco cristalino con presentación en forma de pastillas, o en forma fundida, líquido transparente libre de insolubles, sedimentos y turbidez.

Las principales aplicaciones del ácido maleico son: resina poliéster insaturada, la cual tiene múltiples aplicaciones, como pueden ser en la elaboración de botes, muebles de baño (refuerzos de spas y tina de hidromasaje, lavamanos, tarjas y WC), bases de cocina, sillas, concreto polimérico, losetas, autopartes, tuberías, tanques de almacenamiento. Fabricación de resina alquidial, que es la base de las pinturas alquidálicas que se aplican en pinturas automotrices y arquitectónicas. Elaboración de fertilizantes y agroquímicos, tales como el ácido fumárico.



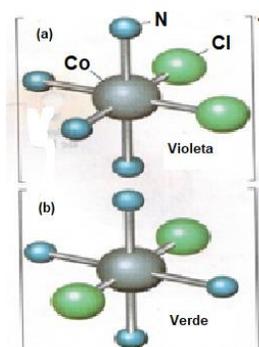
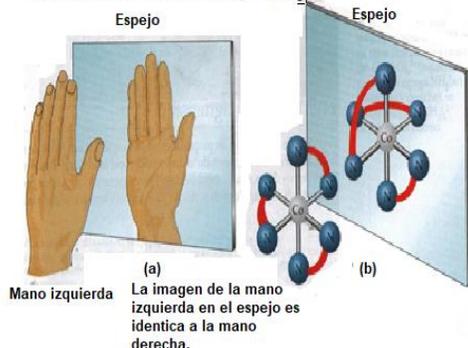
- ✓ El ácido fumárico tiene las siguientes características:

### Ácido trans-butenodioico

Punto de fusión 270°C. Se forma en la piel durante la exposición a la luz solar, y también está disponible como suplemento oral y como preparación para uso tópico.

## Isómeros en química inorgánica, compuestos de coordinación:

Así como nuestras manos son imágenes especulares una de otra, las cuales no se pueden superponer (a) también lo son los isómeros ópticos como los dos del catión  $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$



Isómeros geométricos (a) cis y (b) trans del catión:  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$  octaédrico. (El símbolo N representa el grupo  $\text{NH}_3$  coordinado).

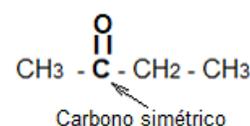
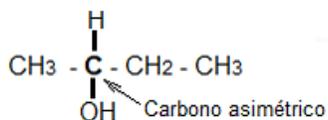
(Brown-LeMay-Bursten, 1998)

## Conceptos básicos de la geometría molecular.

- **Tautómeros** (del griego tauto = igual y griego meros = la parte) se denominan dos isómeros que se diferencian sólo en la posición de un grupo funcional.
- Las **formas meso** son compuestos simétricos, y por ello no activos ópticamente, que en su estructura tienen dos o más átomos de carbono asimétricos.

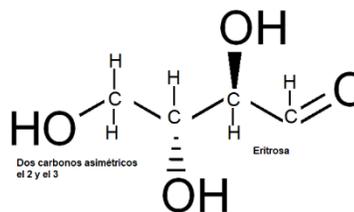
### ➤ Carbono asimétrico

En el alcohol existen cuatro grupos funcionales diferentes.



En la cetona el carbono solo está unido a 3 grupos, y no a 4.

La eritrosa monosacárido con cuatro carbonos con un grupo aldehído tiene dos carbonos asimétricos; el 2 y el 3. ▶



👉 Ver página 122.

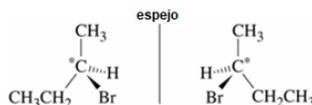
## Cuestionario No. 11

1. ¿Qué tipo de isómeros presentan los compuestos etanol y éter metílico?

- a) Posición.      B) Función.      C) Óptica.      D) Geométrica.

3. Una mezcla equimolecular de dos isómeros ópticos constituye?

- a) Una forma meso.  
b) Un isómero cis-trans.  
c) Un racémico.  
d) Un tautómero.

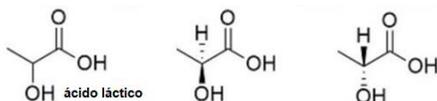


**3. Cuáles de los siguientes compuestos presentan isomería cis-trans:**

- a)  $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_3$
- b)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3$
- c)  $\text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_2\text{Br}$
- d)  $\text{HOOC-CH=CH-COOH}$

**4. Indica cuáles de los siguientes compuestos presentan isomería óptica:**

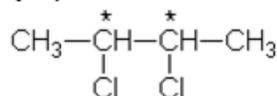
- a) 3-metil-hexano.
- b) 2-butanol.
- c) Ácido oleico.
- d) Ácido láctico.



**5. Un compuesto meso es inactivo por:**

- a) Naturaleza.
- b) Compensación.
- c) No presentan plano de simetría.
- d) No posee carbonos asimétricos.

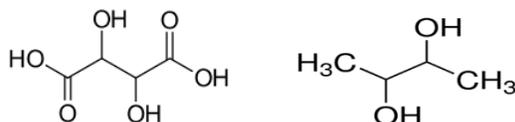
Ejemplo de estructura meso:



2, 3 -diclorobutano

**6. Cuáles de las siguientes moléculas poseen átomos de carbono asimétricos:**

- a) 3-metil-2-butanona.
- b) Ácido 2-propenoico.
- c) 2,3 butanodiol.
- d) Ácido tartárico.



**7. Las moléculas de etino presentan hibridación:**

- a)  $sp$
- b)  $sp^2$
- c)  $sp^3$
- d)  $sp^3d^2$

**8. En los siguientes compuestos decir cuáles presentan hibridación  $sp^2$**

- a) Propenol.
- B) Butanoico.
- C) Butenona.
- D) Acetileno.

**A8 ( C ).** El estudiante establece la diferencia entre la isomería estructural y la geometría de los compuestos orgánicos para comprender su importancia en los sistemas vivos (**N2**).

Respuestas, cuestionario No. 11; 1) b, 2) c, 3) Ninguno. 4) a, b y d 5) a 6) c y d, 7) Ninguno, 8) a y c. (García Pérez, 2000: tema 11, páginas 273-274)

## Estrategia 5

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



El profesor promueve que los estudiantes realicen las siguientes actividades:  
El estudiante relaciona la insolubilidad en agua y los bajos puntos de ebullición de los hidrocarburos con la falta de polaridad en sus moléculas. **A9**

## Lectura

### Falta de polaridad de los alcanos (N3)

Los alcanos compuestos formados por carbono e hidrógeno en los que no existe ningún doble o triple enlace en la cadena de átomos de carbono. Se obtienen del gas natural, del petróleo y de la destilación de la hulla.

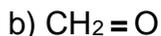
Todos los átomos de carbono en los alcanos utilizan hibridación  $sp^3$  y, debido a la disposición tetraédrica alrededor del átomo de carbono que corresponde a esta hibridación, las moléculas de los hidrocarburos saturados presentan un aspecto de cadena en zigzag.

**Son poco polares porque la diferencia entre la electronegatividad** del carbono y la del hidrógeno es muy pequeña. Como consecuencia de su pequeña polaridad son insolubles en agua, pero son solubles los unos en los otros y también en disolventes orgánicos como éter, tetracloruro de carbono y benceno.

Los alcanos son poco reactivos, sus reacciones se producen a temperaturas elevadas o en presencia de catalizadores para la ruptura de sus enlaces  $sp^3$ .

🔗 **Ejercicio para el estudiante.** De los siguientes compuestos orgánicos;

Decir cuáles de las siguientes moléculas son polares. En caso de que lo sean, especificar la orientación de su polaridad (dibujar cada estructura con su dipolo molecular total o resultante).



### Solución.

El clorometano y el formaldehído tiene enlaces polares y, por su geometría son moléculas polares, el acetileno por **no** contener enlaces polares, es una molécula **no** polar. [Brown William H. (2002) Introducción a la química orgánica. Páginas 17 y 18. 2ª edición CECSA. México].

🔗 **Sugerencia:**

Para comprender más sobre la falta de polaridad recomendamos revisar el artículo publicado por Carlos Eduardo Núñez en

- <http://www.cenunez.com.ar/archivos/51-Comentariosobresolventesysolubilidades.pdf>

### Moléculas polares y no polares

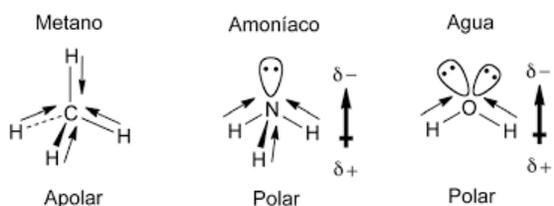
El aceite y la gasolina son **sustancias** no polares y no se disuelven en **agua**. De hecho flotan, como el hielo debido a **que** sus densidades son menores **que** la del **agua**. Ejemplo de **sustancias** polares: alcohol, sal, azúcar, vino.

Ejemplo de **sustancias** apolares: aceite, gasolina, éter, acetona, tinta. Observar la siguiente tabla de compuestos orgánicos con masa molar aproximada ►

No polares	polares
Etano, 30 g/mol, T. eb. -88°C	Metanol, 32 g/mol, T. eb. 65°C
Tolueno, 92 g/mol T. eb. 110°C	Fenol, 94 g/mol, T. eb. 180°C
Isobutano, 58 g/mol, T. eb. -11°C	Acetona, 58 g/mol, 56°C
n-pentano, 72 g/mol, T. eb. 36°C	Ac. Propiónico, 74 g/mol, T. eb. 141°C

En la temática de enlace covalente se utilizó el término “polar” para describir un enlace covalente en el cual un átomo lleva una carga parcial positiva, y el otro, una parcial negativa. Además, se observó que es posible usar la diferencia de electronegatividad entre los átomos enlazados para determinar las polaridades relativas de los enlaces covalentes ►

Ahora combinaremos nuestro conocimiento de la polaridad del enlace con el de la geometría molecular, para predecir la polaridad de las moléculas poliatómicas.



Otras moléculas que son **no polares**, a pesar de que sus enlaces son polares incluyen; **SO<sub>3</sub>** y **CCl<sub>4</sub>**.

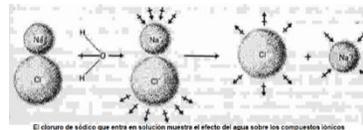
### Tarea para el estudiante.

¿Cómo se explica que las moléculas de mayor tamaño se encuentren más atraídas entre sí que las más pequeñas? Consultar en: [epa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Documentosobreenlacequimico\\_25373.pdf](http://epa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Documentosobreenlacequimico_25373.pdf)



**Referencia:** Malone. (2001) Introducción a la química. Capítulo 6.11, páginas 180-189. LIMUSA-WILEY. México.

Si una sustancia como sal y azúcar se disuelve en agua, la mezcla homogénea se llama una solución. Cuando se diluye en agua un compuesto como la sal, las fuerzas que sostienen unidos los iones de sodio y los iones de cloruro son vencidas por la atracción de las moléculas de agua por los iones, según se indica en la siguiente figura ►



Aunque el agua es un solvente común para solutos polares, como el azúcar y sales, no es satisfactorio para solutos no polares como grasas y aceites, porque la energía necesaria para separar las moléculas de solvente no queda compensada por la débil interacción de soluto-solvente. Tales solutos no polares son fácilmente solubles en solventes no polares, como éter, tetracloruro de carbono y gasolina.

En general, semejante disuelve a semejante: solvente apolar disuelve solución **apolar, y viceversa**.

### Tarea para el estudiante.

1. **Apoyo.** Ver el **video** en:

➤ <http://www.quimitube.com/videos/enlace-covalente-polaridad-de-enlace-y-polaridad-molecular> (02 de octubre de 2012).

Elaborar un resumen del video y argumentar y exponer en clase.

2. Explicar la polaridad del metano ( $\text{CH}_4$ ) y del trifluoruro de boro ( $\text{BF}_3$ ) de acuerdo a sus geometrías moleculares.

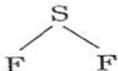
### Cuestionario No. 12

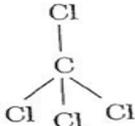
1. Compare las polaridades moleculares esperadas para el  $\text{H}_2\text{O}$  y para el  $\text{H}_2\text{S}$ . Suponer que ambas moléculas tienen el mismo ángulo.

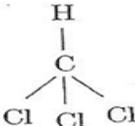
2. ¿Cómo puede ser una molécula no polar si contiene enlaces polares?

3. A partir de la geometría de los siguientes compuestos, determine qué moléculas son polares:

a) $\text{CS}_2$	S-C-S	Lineal
b) $\text{COS}$	S-C-O	Lineal (Malone, 2001, problema 6.51)

c) $\text{SF}_2$		en ángulo
------------------	---	-----------

d) $\text{CCl}_4$		tetraédrica
-------------------	---	-------------

e) $\text{CHCl}_3$		tetraédrica
--------------------	---	-------------

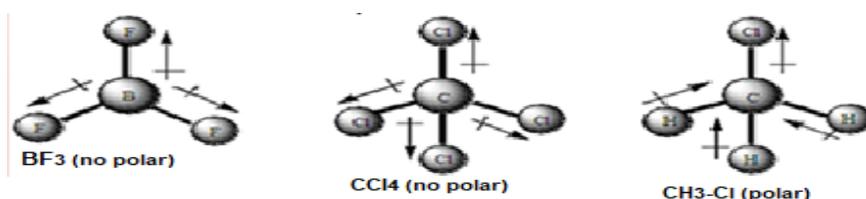
4. Compare las propiedades moleculares esperadas para el  $\text{CHCl}_3$  y para el  $\text{CHF}_3$ . Suponga que ambas moléculas son tetraédricas (Malone 2001; 6.55) \*Respuestas.

\* Respuestas del cuestionario No.12.

En vista de que el enlace **H-S** es mucho menos polar que el enlace **H-O**, el dipolo molecular resultante es mucho menor. La molécula de **H<sub>2</sub>S** es menos polar que la molécula de **H<sub>2</sub>O**.

- a) No polar (dipolos iguales se cancelan)
- b) Polar (dipolos diferentes)
- c) Polar (dipolos iguales **no se** cancelan)
- d) No polar (dipolos iguales se cancelan)
- e) Polar (dipolos diferentes)

4.La molécula de **CH-F<sub>3</sub>** es más polar que la molécula de CHCl<sub>3</sub>. El enlace **C-F** es más polar, lo que significa que el dipolo molecular resultante es mayor para el CHF<sub>3</sub> (Malone, 2001; página 642).



### Las fuerzas que nos mantienen en cohesión

Todos los sólidos y líquidos se mantienen unidos por las fuerzas cohesivas entre moléculas o átomos. Dado que nuestro propio cuerpo es una mezcla compleja de sólidos y líquidos, estas fuerzas nos mantienen unidos a nosotros mismos. Si no fuera por ellas, toda la materia sería gaseosa. **Las principales fuerzas cohesivas que existen entre las moléculas para aumentar la intensidad son la fuerza de dispersión, la fuerza dipolo y los enlaces de hidrógeno** (Tro N. 2010).

### Fuerzas intermoleculares o de Van der Waals

La naturaleza de las fuerzas intermoleculares solamente se pudo esclarecer cuando los científicos tomaron como base la teoría de la estructura interna de la materia. Entonces se estableció que estas fuerzas son de procedencia eléctrica y que pueden manifestarse en distintas formas. La más sencilla de estas formas está determinada por la ley fundamental de la electrostática (Coulomb, 1785), que se enuncia como sigue: **la fuerza de la acción recíproca de dos partículas cargadas eléctricamente es proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia existente entre sus centros** (Nekrasov, 1981).

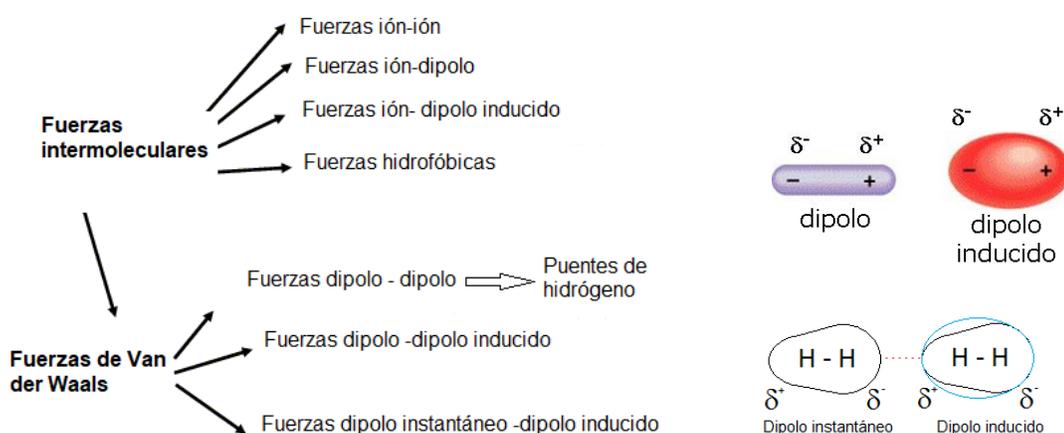
Ley de Coulomb

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

F= fuerza electrostática  
q= carga eléctrica  
r= distancia entre centros de carga  
K=constante de coulomb

Las fuerzas se manifiestan entre moléculas y se clasifican de la siguiente forma:

- Fuerzas de orientación:** Son fuerzas electrostáticas ente moléculas que son dipolos permanentes. Las fuerzas de orientación son directamente proporcionales a los momentos dipolares de las moléculas.
- Fuerzas de inducción:** Una molécula polar puede inducir en otra no polar un dipolo, produciéndose atracciones débiles.
- Fuerzas de dispersión:** Se dan entre moléculas no polares. Se explican por la existencia de dipolos instantáneos que originan atracciones sobre otros dipolos instantáneos. Las fuerzas de dispersión aumentan al aumentar el tamaño de la molécula, al aumentar la masa molar (García Pérez, 2000).



Todos los tipos de interacciones de las moléculas estudiadas, pueden ser reunidos bajo la denominación común de fuerzas intermoleculares o fuerzas de Van der Waals (1873).

### Tarea para el estudiante.

**Una perspectiva más detallada** “Fuerzas básicas”. Recopilar información de: Brown-LeMay-Bursten. (1998) Química la ciencia central. Capítulo 2, página 43.

### Fuerzas de Van der Waals en los cambios físicos

Para que una sustancia gaseosa pueda condensar, formando un líquido o un sólido deben surgir fuerzas intermoleculares que puedan superar la tendencia natural que tiene la energía térmica de mantener muy separadas las moléculas.

Cuanto mayor sea la temperatura a la que una sustancia se puede obtener en un estado condensado, ya sea sólido o líquido, tanto más fuertes deberán ser estas fuerzas intermoleculares. Por el contrario, si las fuerzas intermoleculares son débiles, la **temperatura deberá reducirse a valores muy bajos** para que dichas fuerzas puedan imponerse al desorden causado por el movimiento térmico.

En los dos casos recién considerados “cristales iónicos y covalentes” son muy considerables las fuerzas intermoleculares, pero en la gran mayoría de las sustancias covalentes los electrones enlazados se encuentran localizados entre los átomos dentro de las moléculas, de modo que las fuerzas intermoleculares son bastante débiles. Estas fuerzas débiles son de naturaleza electrostática y se conocen con el nombre genérico de fuerzas de Van der Waals [Petrucci. (1977) Química general. Capítulo 11. Addison-Wesley Iberoamericana].

Ejemplo, las moléculas de los gases O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He, etcétera. Tienen una energía cinética muy alta. Esta energía les permite moverse a grandes velocidades y a ejercer presión dentro de un recipiente, por medio de choques. Si bajamos la temperatura de los gases, disminuimos su energía hasta el punto en que las moléculas no se mueven y decimos que los gases se han solidificado.

Los puntos de ebullición y fusión de estos gases solidificados **son muy bajos**, lo que indica que las fuerzas que unen a las moléculas son muy débiles. Estas fuerzas se conocen como “**Fuerzas de Van der Waals**” y los puntos de ebullición y de fusión nos dan una medida de su magnitud.

Se cree que estas fuerzas se deben a la interacción entre las nubes electrónicas de las moléculas vecinas. Los electrones de una nube rechazan a los electrones de otra y esto produce creación de un polo positivo en una nube que atrae al polo negativo de otra. La fuerza de atracción es la fuerza de Van der Waals (Guayasamin G.1987, capítulo 9; paginas 106-107)

Cuando aumenta el número de electrones y por consiguiente la carga electrónica, las fuerzas de Van der Waals son más fuertes, Esto es evidente en la tabla siguiente ►

Molécula	No. de e <sup>-</sup>	Estado natural a TPN: punto de ebullición
F <sub>2</sub>	18	Gas; -188°C
Cl <sub>2</sub>	34	Gas; -34.6°C
Br <sub>2</sub>	70	Líquido; 58.8°C
I <sub>2</sub>	106	Sólido; 184.4°C

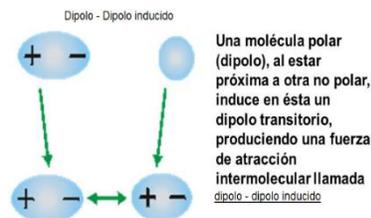
Las **fuerzas de Van der Waals** son atracciones débiles que mantienen unidas a moléculas eléctricamente neutras; sin embargo, en algún momento estas moléculas presentan lo que se denomina un **dipolo inducido**, es decir, la molécula adquiere una carga parcialmente positiva y otra parcialmente negativa, de manera momentánea, provocando que se atraigan entre sí por el efecto electrostático generado por la atracción del polo positivo de una molécula con el polo negativo de otra.

Las fuerzas de Van der Waals, aún siendo tan débiles, definen el carácter químico de muchos compuestos orgánicos.

📺 **APOYO. VIDEO DE YOU TUBE** (13.02 minutos)

**Fuerzas intermoleculares - Puente de hidrógeno, Van der Waals y fuerzas de London.** 12 de agosto 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=JchApBc2NpU>

Con las fuerzas de Van der Waals se explica la adhesión, el rozamiento, la difusión, la tensión superficial y la viscosidad. También sabemos porque la nafta es líquida, el metano es gas y el polietileno es sólido.

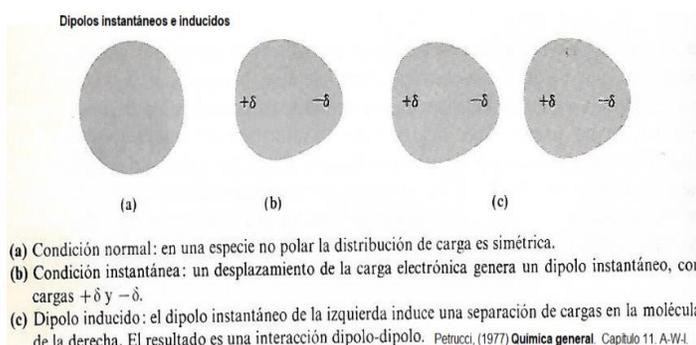


Las moléculas de compuestos covalentes presentan tres tipos de atracción mutua; las fuerzas de London, las fuerzas dipolo-dipolo y los enlaces de hidrógeno.

La electronegatividad es una propiedad periódica que nos da información sobre la polaridad de los enlaces covalentes. Las grandes diferencias en electronegatividad entre dos átomos en un enlace pueden indicar una naturaleza iónica. Cualquier diferencia indica que el enlace es covalente polar. Los enlaces polares contienen un extremo positivo y un extremo negativo. **La separación de cargas se conoce como dipolo** (Malone, 2001).

### Fuerzas dipolo

Más intensas que las fuerzas de dispersión, las fuerzas dipolo están presentes en las moléculas polares. Éstas tienen dipolos permanentes que producen intensas atracciones entre las moléculas vecinas ►



Una molécula polar tiene un punto de ebullición más alto que una molécula no polar de similar masa molar. Considerar al etano y el formaldehído que se muestran a continuación ►

Molécula	Masa molar (g/mol)	Punto de ebullición (°C)
Etano ( $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ )	30.0	-88
Formaldehído ( $\text{CH}_2\text{O}$ )	30.0	-195

**El etano es un hidrocarburo y por lo tanto es no polar.** Sus únicas fuerzas cohesivas son fuerzas de dispersión relativamente débiles. El formaldehído, por su parte, contiene un enlace carbonilo [ $\text{-CO-}$ ] polar, y sus fuerzas cohesivas son fuerzas dipolo, que le conceden un punto de ebullición más alto que el etano.

Aunque las moléculas polares se atraen entre sí, no experimentan una atracción intensa hacia las moléculas no polares. El resultado macroscópico es notable, por ejemplo agua y gasolina no se mezclan. Las moléculas polares del agua atraen con intensidad a sus semejantes, pero no a las moléculas de hidrocarburos no polares que forman la gasolina (Tro N. Capítulo 12, páginas 332-337).

## Fuerzas de dispersión de London en moléculas no polares

La gravedad es una fuerza de atracción entre porciones de materia. Como ya sabemos, mientras mayor sea la porción, mayor será la gravedad (atracción). Las moléculas de un compuesto también tienen fuerzas inherentes a la atracción que son como la gravedad, pero surgen de diferentes principios. Dichas fuerzas de atracción se conocen como fuerzas de London (Petrucci, 1977; página 214).

Las fuerzas de London dependen del tamaño o masa molar de los compuestos.

En vista de que las fuerzas se incrementan a medida que incrementa la masa molar, estas interacciones cobran más importancia en los siguientes hidrocarburos, en donde solo existen fuerzas de London entre moléculas.

A temperatura ambiente se tienen tres alcanos normales ►

Hidrocarburo	Masa molar (g/mol)	Estado físico
CH <sub>4</sub>	16	gas
C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	114	líquido
C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	244	sólido

Los compuestos **no polares** solo forman sólidos a bajas temperaturas, gracias a las fuerzas de dispersión. Generalmente los electrones en las moléculas no polares se distribuyen simétricamente: pero los electrones pueden concentrarse más en una parte de la molécula que en otra, formándose así un dipolo temporal. Pese a que las fuerzas de dispersión son muy débiles, permiten a los compuestos no polares formar líquidos y sólidos (Timberlake, 2011; capítulo 4.8).

Así el dipolo temporal de un átomo puede inducir un dipolo similar en un átomo adyacente y hacer que los átomos se atraigan. Esta interacción atractiva se denomina fuerza de dispersión de London y, al igual que las fuerzas dipolo-dipolo, sólo es significativa cuando las moléculas están muy cercanas unas a otras.

La facilidad con que la distribución de carga de una molécula puede distorsionarse por la acción de un campo eléctrico externo es su polaridad. Dado que el tamaño y la masa molar suelen ir en paralelo, la intensidad de las fuerzas de dispersión tiende a aumentar al incrementar la masa molar así el punto de ebullición también aumenta (Brown-LeMay-Bursten, Capítulo 11).

**¿Qué características debe poseer una molécula para que pueda interactuar mediante fuerzas de London?** La respuesta es que cualquiera podría hacerlo, pero cuando existe un momento dipolar permanente, predominan las interacciones de tipo dipolo-dipolo más que las de dispersión, contribuyendo muy poco a la naturaleza física de las sustancias.

En estructuras donde no haya átomos muy electronegativos o cuya distribución de carga electrostática sea homogénea, no existe un extremo o región que puedan considerarse rica ( $\delta^-$ ) o pobre ( $\delta^+$ ) en electrones (<https://www.lifeder.com/fuerzas-de-london/>).

La fuerza cohesiva más débil, presente entre todos átomos y moléculas, es la fuerza de dispersión ( o de London). Ésta es resultado de pequeñas fluctuaciones en las nubes de electrones de átomos y moléculas.

La magnitud de la fuerza de dispersión es proporcional a la masa molar de la molécula o del átomo; “entre más pesada es una el otro, más intensa es la fuerza de dispersión”.

Una comparación de los puntos de ebullición de los gases nobles o de los alcanos (hidrocarburos saturados) **muestra la correlación entre el punto de ebullición y la masa molar.**

Gas noble	Masa molar (g/mol)	Punto de ebullición (°K)
He	4.0	4.2
Ne	20.2	27.1
Ar	39.9	87.3
Kr	83.8	119.8
Xe	131.3	165.0

Alcano	Masa molar (g/mol)	Punto de ebullición (°K)
Pentano	72.2	309
Hexano	86.2	342
Heptano	100.2	371
Octano	114.2	399

Conforme aumenta la masa molar, se incrementa la intensidad de las fuerzas cohesivas y el punto de ebullición. Sin embargo, como se puede ver en las dos tablas anteriores, la masa molar sola no determina el punto de ebullición. Por ejemplo, el Kriptón (con una masa molar de 83.8 g/mol) hierve a 119.8 °K, mientras que el pentano (con masa molar más baja) hierve a una temperatura más alta de 309°K. La masa molar sólo sirve como guía para la magnitud de las fuerzas de dispersión cuando se compara una familia de elementos o compuestos similares; no es útil para compararlos si son muy diferentes.



El estudiante explica el estado líquido de los hidrocarburos mediante fuerzas de dispersión y las compara con las del agua líquida, con el uso de modelos.

### **Ejemplo de las fuerzas de dispersión de London en la naturaleza**

En la vida diaria hay innumerables ejemplos de las fuerzas de dispersión de London sin necesidad de aventurarse, en primera instancia, al mundo microscópico.

Uno de los ejemplos más comunes y sorprendentes, se encuentra en las patas de los reptiles conocidos como gecos y en muchos insectos (también en Spiderman).

En sus patas tienen unas almohadillas de las cuales sobresalen miles de pequeños filamentos. En la imagen puede apreciarse un geco posando sobre la pendiente de una roca. Para lograrlo, hace uso de las fuerzas intermoleculares entre la roca y los filamentos de sus patas (<https://www.lifeder.com/fuerzas-de-london/>) ►



Las fuerzas de London también están presentes en muchas sustancias gaseosas. Por ejemplo, las moléculas de N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub> y todos los gases nobles, interactúan mediante estas fuerzas, ya que presentan distribución electrostática homogénea, la cual puede sufrir dipolos instantáneos y dar lugar a polarizaciones.

## Propiedades físicas de alcanos no ramificados

Los puntos de fusión de los alcanos también aumentan al incrementarse su masa molar. Sin embargo, este aumento no es tan regular como el que se observa en los puntos de ebullición, porque la capacidad de las moléculas de empacarse en patrones ordenados en el sólido cambia conforme el tamaño y la forma de las moléculas ►

Propiedades físicas de algunos alcanos no ramificados

Nombre	Fórmula	p. f. (°C)	p. eb. (°C)	Densidad del líquido
metano		-182	-164	gas
etano		-183	-88	gas
propano		-190	-42	gas
butano		-138	0	gas
pentano		-130	36	0.626
hexano		-95	69	0.659
heptano		-90	98	0.684
octano		-57	126	0.703
nonano		-51	151	0.718
decano		-30	174	0.730

La densidad promedio de los alcanos que se mencionan en la tabla es aproximadamente de 0.7 g/mL, la de los alcanos de masa molar más alto, de alrededor de 0.8 g/mL. Todos los alcanos líquidos y sólidos son menos densos que el agua, y por lo tanto flotan en ella.

Los alcanos que son isómeros estructurales son compuestos distintos y tienen propiedades físicas y químicas diferentes. En la siguiente tabla se incluyen los puntos de ebullición, los puntos de fusión y las densidades de los cinco isómeros estructurales de fórmula molecular de  $C_6H_{14}$ .



El estudiante compara para establecer diferencias entre alcanos, alquenos y alquinos que permiten sintetizar una gran cantidad de sustancias y utilizar los hidrocarburos en muchas actividades cotidianas.

El punto de ebullición de cada uno de los isómeros de cadena ramificada del  $C_6H_{14}$  es más bajo que el del propio hexano y a medida que presentan más ramificaciones, el punto de ebullición desciende. Dichas diferencias de puntos de ebullición se relacionan con la forma de las moléculas de la siguiente manera:

“Las únicas fuerzas de atracción entre las moléculas de los alcanos son las fuerzas de dispersión” Conforme la ramificación aumenta, la forma de la molécula del alcano se hace más compacta y su área superficial disminuye.

Tabla de propiedades físicas de los alcanos isoméricos de **fórmula  $C_6H_{14}$** ►

Nombre	p. eb. (°C)	p.f. (°C)	Densidad (g/mL)
n-hexano	68.7	-95	0.659
2 metilpentano	60.3	-154	0.653
3metilpentano	63.3	-118	0.664
2,3-dimetilbutano	58.0	-129	0.661
2,2-dimetilbutano	49.7	-98	0.661

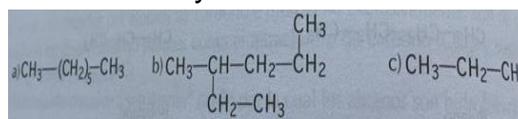
A medida que el área superficial se reduce, las fuerzas de dispersión disminuyen y los puntos de ebullición también. Así, en cualquier grupo de isómeros estructurales de un alcano, generalmente se observa que el isómero, menos ramificado tiene el punto de ebullición más alto, y el isómero más ramificado el más bajo.

Los alcanos y cicloalcanos reaccionan muy poco frente a la mayoría de los reactivos, comportamiento coherente con el hecho de que son compuestos **no polares** que contiene únicamente fuertes enlaces sigma (Brown William H., 2002: capítulo 3).

### Ejercicios.

Escribe las fórmulas semidesarrolladas del n-hexano y sus cuatro isómeros.

Identificar cuál de los siguientes compuestos tiene el mayor y el menor punto de ebullición:



Respuesta:



Con el análisis visual podemos observar que el compuesto **c)** es el de menor punto de ebullición debido a que tiene el menor número de carbonos; las moléculas **a)** y **b)** tienen el mismo número de carbonos pero difieren en que la molécula **a)** es lineal, con mayor punto de ebullición, ya que hay más posibilidades de aumentar las fuerzas de atracción del tipo de dispersión de London y la **b)** tiene una ramificación que hace disminuir el punto de ebullición por poseer una estructura más compacta, con menos área superficial para las interacciones, por lo que el orden en el punto de ebullición es:



El estudiante explica el estado líquido de los hidrocarburos mediante fuerzas de dispersión y las compara con las del agua líquida. Ver pregunta No.1 del cuestionario 13, página 141.

### Propiedades físicas de los alquenos

Los estados de agregación de los alquenos coinciden con los propios de los alcanos y se dan en función del número de carbonos, de modo que:

C 1 – C4 gases

C5 – C17 líquidos

C18 o más son sólidos

La densidad de los alquenos es menor que la del agua y sus valores varían entre los 0.6 a 0.7 g/mL.

### Solubilidad de los alquenos

Al igual que los alcanos, los alquenos son relativamente **no polares**. Son insolubles en agua pero solubles en disolventes no polares tales como el hexano, el benceno, el cloroformo, la ligroína, la gasolina, diversos solventes halogenados y éteres.

Los alquenos tienden a ser ligeramente más polares que los alcanos, es decir débilmente polares, por dos razones: el enlace  $\pi$  es un enlace más débil y es más polarizable debido a que los electrones  $\pi$  muy sueltos del doble enlace se desplazan con facilidad (contribuyen a un momento dipolar instantáneo) y las uniones vinílicas (las del doble enlace) tienden a ser ligeramente polares (contribuyen a un momento dipolar permanente, aunque pequeño).

### Puntos de ebullición de los alquenos sencillos

Como se puede observar en la tabla siguiente, a medida que aumenta el número de carbonos se necesita energía para separar las moléculas líquidas y transformarlas al estado gaseoso, por lo que al aumentar las masas molares aumentan los puntos de ebullición ►

Alqueno	No. carbonos	De Fórmula condensada	Punto de ebullición (°C)
Eteno	2	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-104
propeno	3	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-47
1-buteno	4	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	-6
1-penteno	5	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	30
1-hexeno	6	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	64
1-hepteno	7	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	93
1-octeno	8	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	122
1-noneno	9	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	146
1-deceno	10	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	171

El aumento del punto de ebullición es de 20 a 30°C por cada átomo de carbono adicional. De la misma forma, la presencia de ramificaciones en un alqueno hará a la molécula más compacta reduciendo la superficie de contacto y abatiendo los puntos de ebullición.

### Ejercicio para el estudiante.

Dibuja las fórmulas semidesarrolladas de los alquenos de la tabla anterior. Elabora una gráfica de No. carbonos contra punto de ebullición, elabora conclusiones.



### Propiedades físicas de los alquinos (-c ≡ c-)

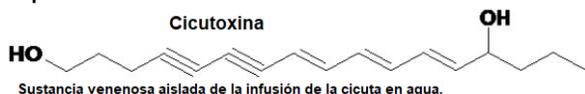
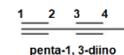
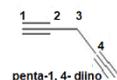
Las propiedades físicas de los alquinos son similares a los de los alcanos y alquenos de masas molares semejantes.

### Estado de agregación y densidad

El acetileno, el propino y los butinos son gases a temperatura ambiente, como los alcanos y alquenos correspondientes.

Así mismo, los alquinos con mayor número de carbonos, de C<sub>5</sub> a C<sub>17</sub>, son líquidos y de C<sub>18</sub> en adelante son sólidos.

Son menos densos que el agua, la densidad de los alquinos de 2 a 10 carbonos va de 0.62 a 0.77 g/mL.



## Solubilidad

Los alquinos son relativamente **no polares** (la presencia de electrones ( $\pi$ ) favorece la formación de momentos dipolares instantáneos, como en los alquenos) y por lo mismo son insolubles en agua. Son muy solubles en disolventes orgánicos tales como acetona, éter, cloruro de metilo, cloroformo y alcoholes.

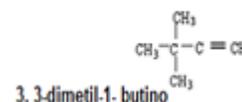
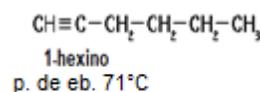
En la siguiente tabla se muestran los puntos de ebullición de algunos alquinos lineales ►

Alquino	No. Carbonos	estructura	Punto de ebullición (°C)
Etino	2		-84
propino	3		-23
1-butino	4		8
1-pentino	5		40
1-hexino	6		71
1-heptino	7		100
1-octino	8		125
1-nonino	9		151
1-decino	10		174

En la mayoría de estos compuestos al aumentar la cadena de hidrocarburos en  $-\text{CH}_2-$  (aumento de la masa molar) aumenta el punto de ebullición en aproximadamente 20 a 25 °C.

✎ **Ejercicio para el estudiante**, dibuja las fórmulas semidesarrolladas de los alquinos de la tabla anterior.

También las ramificaciones juegan un papel importante en el punto de ebullición de estos compuestos, por ejemplo, tenemos los siguientes alquinos ►



Los dos alquinos al ser isómeros tienen la misma cantidad de carbonos e hidrógenos, las fuerzas que los mantienen unidos son del tipo de Van der Waals y se esperaría que tuvieran el mismo punto de ebullición; sin embargo, las fuerzas de atracción intermoleculares temporales (de London) dependen de la proximidad de la superficie de contacto con dos moléculas, proporcional al área de la superficie molecular; de este modo, el compuesto de mayor área superficial es el 1-hexino y, por lo tanto, tendrá el mayor punto de ebullición porque prevalecen las fuerzas de London, el 3,3-dimetil-1-butino tiene dos ramificaciones y la menor área superficial, las interacciones son menores y por ello tendrá el menor punto de ebullición: **71°C y 38°C**.

Los puntos de ebullición son más elevados que en los alquenos con el mismo número de átomos de carbono debido a que son más lineales, lo que implica que los alquinos tengan interacciones de Van der Waals (del tipo London) más fuertes (Gutiérrez et-al, 2010; módulo 5, páginas 177-182).

### Actividad experimental No. 7

#### Polaridad de las moléculas

**Propósito:** observar la fuerza de atracción electrostática de algunos líquidos

## Material

Globos.

Vasos de unicel o pipetas de uno a 5 mL.

Regla de plástico o fieltro. Imán.

## Hipótesis

## Sustancias

Agua, alcohol metílico o etílico, formaldehído, n-hexano, cetona o propanona, éter dietílico, ácido acético.

## Procedimiento

1. Perforar el fondo del vaso de unicel a un diámetro de 0.5 a 1 mm.
2. Poner una pequeña cantidad de líquido sin dejarlo salir del vaso (se puede usar la pipeta que tenga un orificio muy pequeño)
3. Llenar el vaso a la mitad con cualquiera de los líquidos contenidos en recipientes numerados.
4. Inflar el globo y frotarlo con un fieltro o regla de plástico.
5. Acercar el globo a la base del vaso o debajo a unos 10 cm, soltar el líquido
6. Hacer lo mismo para cada líquido y con el imán.

Observar.

- <https://educaconbigbang.com/2015/09/5-experimentos-de-electricidad-estatica-con-globos/>

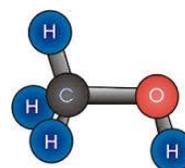
## Cuestionario No. 13

1. El alcano que hierve a 100°C es el n-heptano, y el que funde a 0°C es el tridecano y el que tiene una densidad de 1g/cm<sup>3</sup> no existe. El agua con tres átomos se atraen con muchísima fuerza, ¿**Cuántos átomos necesita el n- C<sub>7</sub>H<sub>16</sub> para igualar el punto de ebullición del agua líquida?** Ver la página:

- [http://www.qorganica.es/QOT/T2/pfis\\_alcanos\\_exported/index.html](http://www.qorganica.es/QOT/T2/pfis_alcanos_exported/index.html)

2. Algunos compuestos se disuelven en el agua por ser polares o semejantes en alguna parte de su estructura. ¿Cuál de las siguientes moléculas siguientes son polares? Explica con argumento cada caso.

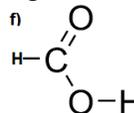
- a) Tricloruro de metilo, CH-Cl<sub>3</sub> (Punto de ebullición: 61.2 °C)
- b) Etano, CH<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>
- c) Metanol o alcohol metílico, CH<sub>3</sub>-OH( Punto de ebullición: 64.7 °C)
- d) Tetracloruro de carbono, CCl<sub>4</sub>, (Punto de ebullición: 76.72 °C)
- e) Ácido fluorhídrico, HF (Punto de ebullición: 108 °C)
- h) n- pentano, CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub> (Punto de ebullición: 36.1 °C)



3. El **CH<sub>3</sub>F** y el **CH<sub>3</sub>-OH** tienen casi la misma masa molar y ambas son compuestos polares. No obstante, el metanol hierve a 65°C y el fluoruro de metilo a -78°C ¿Qué explica la gran diferencia? (Malone, 2001: problema 11.23 página 339).

4. ¿Cuáles de las siguientes moléculas tienen interacciones dipolo-dipolo en el estado líquido? a) HBr, b) SO<sub>2</sub> no lineal, c) CO<sub>2</sub> lineal, d) BF<sub>3</sub> trigonal plana e) K<sub>2</sub>S f) CO (Malone, 2001; problema 11.10)

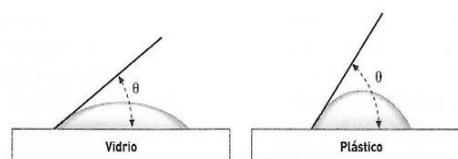
5. ¿Cuáles de las siguientes moléculas pueden tener puentes de hidrógeno en el estado líquido: a) HF, b) NCl<sub>3</sub>, c) H<sub>2</sub>NCl, d) H<sub>2</sub>O, e) CH<sub>4</sub> (tetraédrica) f)  $\text{H}-\overset{\text{n}}{\text{C}}=\overset{\text{O}}{\text{O}}-\text{H}$  éster metílico g) CH<sub>3</sub>-Cl (tetraédrica). Ver Malone, 11.12.



## Experimento de materiales superhidrófobos

Sugerimos un gotero dos placas planas de vidrio y plástico limpias, agua destilada un gotero y una lupa.

➡ **Argumentación.** La gota de agua se extiende más sobre el vidrio que sobre el plástico ocupando una mayor superficie. Para observar el segundo puede ser de ayuda una lupa; sobre el plástico la gota de agua es más redonda, y el ángulo de contacto entre el agua y el plástico, más abierto ►



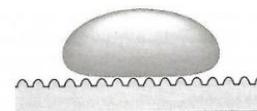
Gota de agua sobre una superficie de vidrio y otra de plástico. El ángulo de contacto es visiblemente más pequeño en el vidrio.

Entre el agua y el vidrio hay cierta afinidad, debido a que tanto las moléculas de agua como las del vidrio son moléculas polares, es decir, que tienen su carga eléctrica distribuida de manera desigual. La parte más negativa de las moléculas de agua se aproxima a la parte más positiva de las de sílice, creando fuerzas atractivas. Por eso el agua se extiende más sobre el vidrio.

El plástico suele estar constituido por moléculas poco polares, a menos que estén especialmente tratados, y no presenten ganancia energética para el agua extenderse sobre el plástico. La superficie expuesta al aire es mayor y el ángulo de contacto también.

Las superficies por las que el agua tiene poca afinidad se denominan hidrófobas y una gota de agua depositada sobre ellas presenta un ángulo de contacto grande, cercano o mayor a 90°.

Pero es raro que ese ángulo supere los 110°. Sin embargo, la naturaleza ofrece ejemplos que rebasan de largo ese límite. El más famoso de todos es el caso de la hoja de loto ►



Esquema de la toma de contacto entre una gota de agua y la superficie de una hoja de loto, repleta de diminutas rugosidades que impiden que el contacto sea total, y la gota resbala. Esa característica redundó en una cualidad valiosa para determinadas aplicaciones: la superhidrofobia.

Las gotas de agua en la hoja de loto presentan ángulos de contacto de más de 150° de esa forma la hoja evita que la gota se adhiera a ella. La pequeña superficie de contacto favorece que la gota ruede por la hoja, llevándose con ella el polvo y la suciedad, combatiendo así la proliferación de hongos y parásitos. Y favoreciendo la respiración y la fotosíntesis.

¿Cómo consigue la hoja de loto su carácter superhidrófobo? Por un lado, la hoja está recubierta de una cera natural hidrófoba segregada por la planta. Pero hay un secreto más interesante, revelado a finales del siglo **XX**, cuando algunos científicos utilizaron el microscopio electrónico para estudiar la superficie de la hoja de loto.

La superficie de la hoja presenta microrrugosidades, una especie de botones de entre 10 y 20 micras de grosos y una medida similar de ancho, gracias a los cuales la gota no hace contacto, con toda, sino que descansa sobre esas rugosidades, siendo la superficie de contacto muy inferior a la aparente.

Los científicos han utilizado recientemente esta estrategia para crear superficies artificiales superhidrófobas. Se trata de superficies en las que se hacen crecer microcolumnas, con una anchura y un grosos del orden de una micra, y que se recubre con una sustancia hidrófoba. La técnica más usada para crear estas superficies se conoce como microlitografía. El aire atrapado entre las microcolumnas sostiene a la gota, consiguiendo así ángulos de contacto superiores a los 150 grados. La gota tiene una forma casi esférica sobre estas superficies y se desliza sobre ellas con total facilidad.

Las superficies superhidrófobas tienen un gran porvenir. Puede que en un futuro las veamos en cristales antivaho, superficies autolimpiables y otras aplicaciones similares. Sin embargo, hoy por hoy aún no son lo suficientemente funcionables y además resultan caras. Por ello todavía se hallan bajo estudio en los laboratorios científicos. Puede que los avances en su diseño y fabricación den la vuelta a esta situación en un futuro muy cercano (Pérez Izquierdo Alberto, 2019).

### **Tarea para el estudiante.**

Los alcanos sólidos que forman el recubrimiento céreo de las frutas y hortalizas les ayudan a retener la humedad, resistir el ataque de los hongos y mejorar su apariencia. **¿Por qué el recubrimiento céreo ayuda a retener la humedad de las frutas y hortalizas?** [Timberlake Karen C. (2011) Química, una introducción a la química orgánica y biológica. Capítulo 10; página 366. PEARSON].

**A9. (C)** El estudiante explica los estados físicos de los hidrocarburos, sus bajos puntos de ebullición y fusión, su solubilidad en disolventes no polares y su insolubilidad en agua mediante las fuerzas moleculares de dispersión. **(N3)**

Respuesta de las preguntas 4 y 5 cuestionario No. **13**

4 a), b), y f); para 5 a), c), d), y f) Respuesta en, Malone 2001; página 656.

## Estrategia 6

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

**El profesor promueve que los estudiantes realicen las siguientes actividades:**

 Los estudiantes indagan sobre las reacciones de obtención de hidrocarburos a partir de la adición de hidrógenos al doble y triple enlace para obtener el hidrocarburo saturado y la posibilidad de eliminar átomos de hidrógeno de un hidrocarburo saturado para obtener el hidrocarburo insaturado correspondiente. **A10**

## Lectura

La reactividad del doble y triple enlace de los hidrocarburos. (N3)

De los hidrocarburos, la reactividad química depende de los tipos de enlace existentes en las cadenas, recordemos que **los alcanos** también se denominan parafinas por la nula afinidad a reaccionar fácilmente. Los enlaces en los hidrocarburos saturados son del tipo  $\sigma$  y es difícil romperlos por lo que no existe la posibilidad de reacciones de adición, hidratación o polimerización.

Dentro de **las olefinas** en el eteno, existe un doble enlace entre carbono y carbono, por lo que la molécula es plana y los ángulos de enlace son de  $120^\circ$ . El doble enlace es un enlace **sigma (  $\sigma$  )** y uno ( **$\pi$** ), y dado que el enlace  $\pi$  es menos energético que el  $\sigma$ , este compuesto reacciona por adición; es decir, se rompe el doble enlace, lo que permite la adición de otros elementos. Al desdoblarse la doble ligadura ( **$\pi$** ) la pequeña molécula queda en disponibilidad para formar por adición bilateral grandes moléculas.  **$[-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -]_n$**

Las reacciones que se llevan a cabo con el etileno es donde los reactivos se adicionan a la doble ligadura carbono-carbono dando productos de adición donde los constituyentes del reactivo se relacionan mediante uniones sencillas a cada carbono de los que originalmente formaban la doble ligadura.

La causa de esta reacción de adición es el de **los electrones de la doble ligadura**, porque son capaces de reaccionar con sustancias buscadoras de electrones, denominadas electrofílicas ( **$E^+$** ).

Alquenos y alquinos adicionan hidrógeno para dar alcanos, el catalizador es un metal; **Pt** o **Ni**.

En los alquinos existe una ligadura o enlace  $\sigma$  y dos  $\pi$  por lo que existe más posibilidad de reacción química.

## Los carbocationes

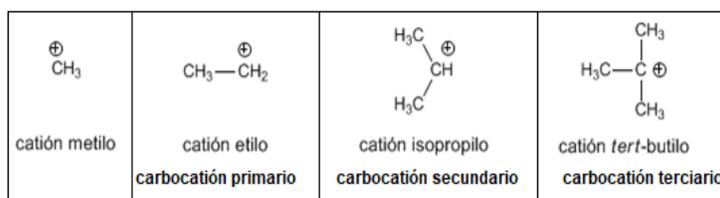
Un carbocatión es una partícula que posee una carga positiva en un átomo de carbono (cuenta con tres enlaces), en tanto un carbanión es una partícula con carga negativa en un átomo de carbono (cuenta con electrones extra y no se forman durante las adiciones electrofílicas a alquenos).

¿Por qué se adiciona el electrófilo al carbono que posee menos grupos **R**, de modo que la carga positiva queda sobre el carbono con más grupos **R**?

**Primero que nada, debemos decir que existen distintos tipos de carbocationes.**

La estabilidad de un carbocatión depende del número de grupos alquilo unidos al carbono que soporta la carga positiva.

Así, los carbocationes primarios son menos estables que los secundarios y estos a su vez menos estables que los terciarios ►



**Carbocatión primario:** el carbono con carga positiva se une a un solo carbono (representado pro R) y, por tanto, sus otros dos enlaces son a hidrógenos, tal y como se muestra en el esquema anterior.

**Carbocatión secundario:** el carbono con carga positiva se une a dos carbonos (representados como R) y posee un solo hidrógeno.

**Los carbocationes terciarios:** el carbono con carga positiva se une a tres carbonos (representados como **R**) y no tiene hidrógenos.

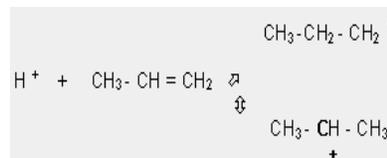
Ahora sí podemos responder a la pregunta anterior: resulta que el carbocatión terciario se forma más rápidamente que el secundario y éste a su vez que el primario, en otras palabras, es más reactivo y más estable un carbocatión terciario que uno secundario y éste más que un primario, lo cual queda representado así:

Orden de reactividad y de estabilidad de los carbocationes:



### Protonación del propeno

En tanto que **un protón** se suma a la doble ligadura del propeno, la posición de la adición determina la localización de la carga positiva en el ión carbonio” el carbocatión ►



Al final en el segundo producto de esta reacción se observa que el carbono terminal **contiene el electrófilo H<sup>+</sup>**

### Concepto clave:

➤ **Regla de Markovnikov (1869)**

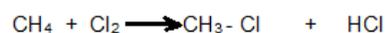
Los hidrógenos se adicionan en el carbono que posee más hidrógenos (Gutiérrez, 2010).

### Las reacciones de los hidrocarburos

En una reacción orgánica, un compuesto orgánico se convierte en otro. Por medio de energía, se rompen enlaces en los reactivos y se forman nuevos enlaces en los productos con propiedades diferentes a los reactivos o materia prima.

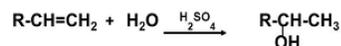
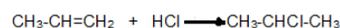
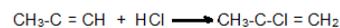
Aunque la diversidad de reacciones en química orgánica es inmensa, por fortuna casi todas ellas pertenecen a uno de tres tipos de reacción; sustitución, eliminación y adición.

Los alcanos son inertes a la temperatura ambiente y sólo dan reacciones de sustitución en condiciones drásticas.



Los alquenos si tienen reacciones de adición y son características de compuestos que tienen átomos compartiendo un par de electrones.

Los electrones  $\pi$  por ser una unión libre son fácilmente atacados por reactivos que buscan electrones (electrófilos). La reacción de adición se realiza de acuerdo a la regla de Markovnikov.



Los alquinos dan reacciones de adición electrófila, al igual que los alquenos, por tener electrones susceptibles de ser atacados por reactivos electrófilos; sin embargo, por razones desconocidas, el triple enlace es menos reactivo que el doble enlace, hacia reactivos electrófilos.

En la adición de **reactivos asimétricos**, se cumple la regla de Markovnikov.

### Tarea para el estudiante.

- [https://www.youtube.com/watch?v=CWvEID\\_m58c](https://www.youtube.com/watch?v=CWvEID_m58c). Regla de Markovnikov | Adición de Hidrácidos a Alquenos | Haluros de Alquil | Reacciones de Alquenos. Se estrenó el 30 de junio de 2019

Adición de Hidrácidos a Alquenos | Reacciones de Alquenos | Haluros Orgánicos | Regla Markovnikov y anti-Markovnikov 4 de julio de 2018

- [https://www.youtube.com/watch?v=9zdCIEVFg\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=9zdCIEVFg_Q)

Elaborar un organizador gráfico (ejemplos) y argumentar en clase.

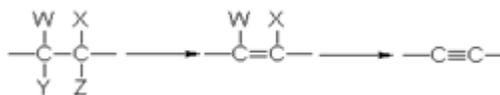
Aunque cada tipo de reacción se estudiará a profundidad conforme se revisan las propiedades químicas de los distintos grupos funcionales orgánicos, a continuación se presenta algunos modelos de reacción para obtener alcanos, alquenos y alquinos, con sus características generales y distintivas:



Los estudiantes comprueban sus conclusiones al observar una demostración, un video o una simulación.

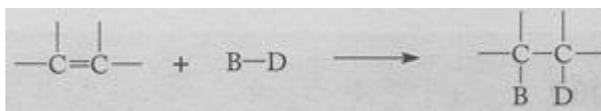
### Reacciones de eliminación

El siguiente esquema ilustra la transformación de los alcanos a alquenos y alquinos, como se observa es un modelo de reacción de eliminación progresiva, y que no indica condiciones de reacción ►



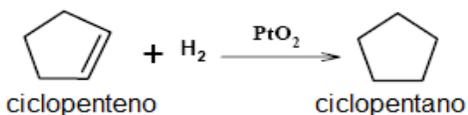
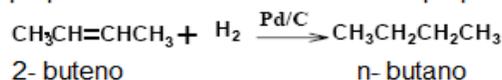
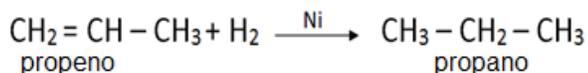
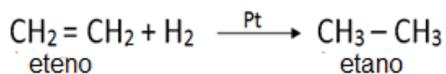
### Reacciones de adición

Es el proceso inverso a la eliminación.



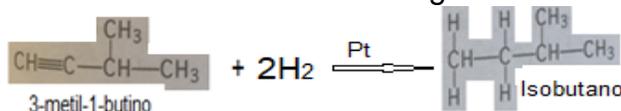
No hay subproductos ►

Reacciones de hidrogenación catalítica de alquenos y cicloalquenos ►



### Hidrogenación de alquinos

Para producir el alcano, deben considerarse dos moles de hidrógeno molecular. Se abren los dos enlaces pi del triple enlace para formar cuatro enlaces simples en donde se adicionan cuatro hidrógenos.



Las propiedades del isobutano lo hacen ideal tanto en su aplicación como telógeno durante la fabricación de polietileno, como en su aplicación como agente de espumación de diversos polímeros expandidos (polietileno, poliestireno, etc.), muchos de ellos utilizados en la industria alimentaria. Debido a su baja producción de residuos está también especialmente indicado como medio propulsor en aerosoles (propelente) y en aplicaciones especiales (como la fabricación de encendedores).

## Síntesis de alcanos a partir de halogenuros de alquilo (Síntesis de Wurtz)

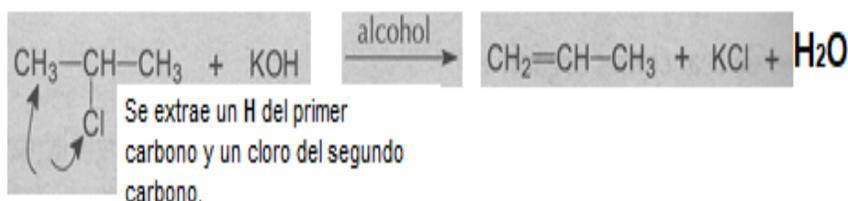


## Síntesis de los alquenos mediante las siguientes reacciones:

Deshidrohalogenación:

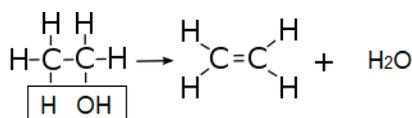


La precipitación del **KI** actúa como la fuerza conductora de la reacción.

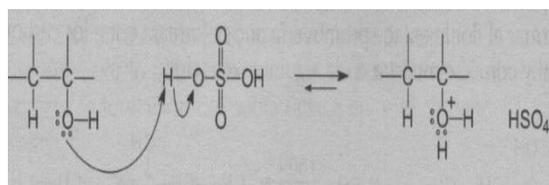


## Deshidratación de alcoholes

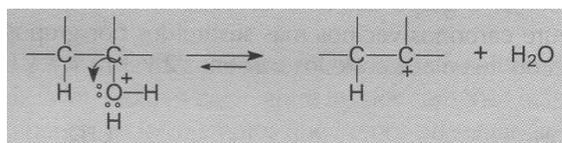
Supone el proceso contrario a la adición. Son aquellas en las que se produce la **eliminación** o pérdida de una molécula sencilla en el seno del compuesto.



En el primer paso el **H<sup>+</sup>** del ácido sulfúrico es atraído por el oxígeno del grupo hidroxilo (-OH) del alcohol. Como resultado, se obtiene el alcohol protonado y HSO<sub>4</sub><sup>-</sup> (radical anión; sulfato ácido) uno de los subproductos indicados en la siguiente ecuación ►

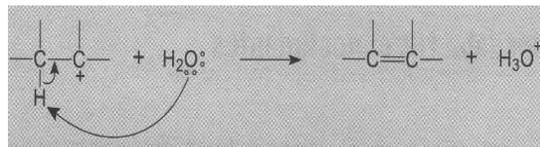


En el segundo paso, el par de electrones del enlace entre carbono y oxígeno (del alcohol) es atraído por el oxígeno, por lo que sale una molécula de agua, formándose un carbocatión.

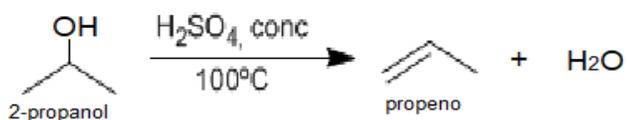


La formación de un carbocatión terciario siempre es más rápido que la de uno secundario y éste a su vez se forma más rápidamente que uno primario, de ahí que los terciarios sean más reactivos (reaccionan más rápidamente).

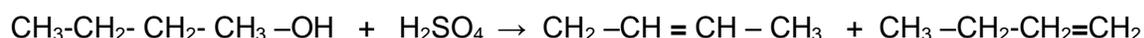
En el tercer y último paso, el oxígeno del agua recién formado extrae un H<sup>+</sup> del carbocatión, lo que deja un par de electrones disponibles para formar el doble enlace y con ello restablecer la neutralidad del carbono positivo. En consecuencia también se forma el ion hidronio H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> como un subproducto (Gutiérrez, et-al 2010) ►



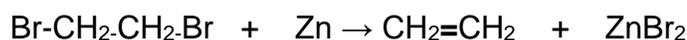
Ejemplo, la deshidratación de un alcohol, conduce a un alqueno por eliminación del grupo funcional OH- con átomos del hidrógeno del carbono vecino en forma de agua ►



Otro ejemplo:



### Deshalogenación



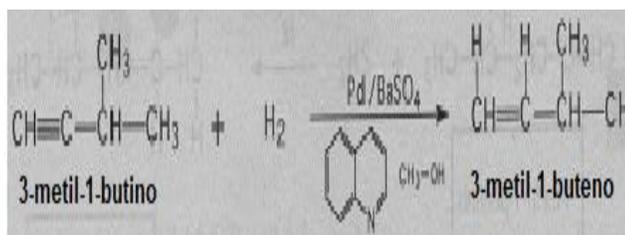
Los derivados halogenados pierden un haluro de hidrógeno para dar alquenos. La reacción sigue un mecanismo similar a las reacciones de eliminación

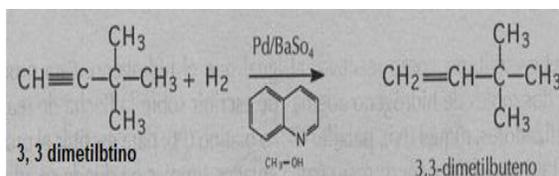


### Pirólisis o cracking (con calor)

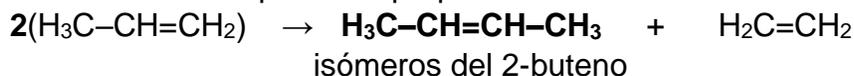


Para generar el alqueno es con un mol de H<sub>2</sub>, se abre un enlace π formando dos enlaces simples en donde se adicionan dos hidrógenos quedando un doble enlace entre carbonos ►





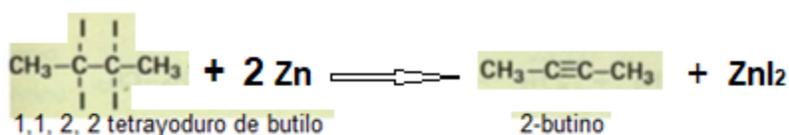
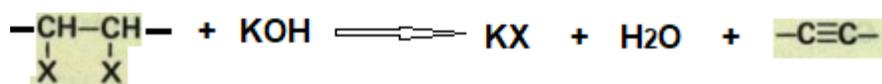
Por reacción de **metátesis** a partir del propeno se obtienen:



## Síntesis de alquinos

### Los tipos de reacciones para obtener alquinos

Reacción general de deshidrohalogenación para obtener los alquinos



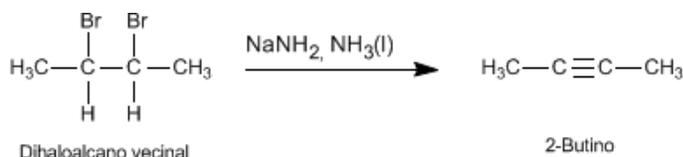
Alquilación del 1-butilil sodio con yoduro de metilo



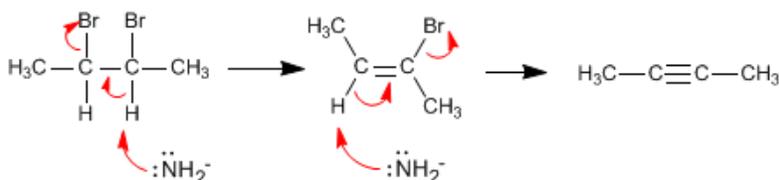
El grupo alquilo se une al carbono del triple enlace y se genera un alquilo nuevo más largo ►



Los dihaloalcanos vecinales eliminan mediante mecanismos E2, en presencia de amiduro, para dar alquenos halogenados que vuelven a eliminar en una segunda etapa para generar alquinos ▶

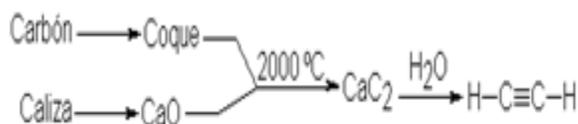


**Mecanismo:**



### Cadena productiva para obtener el acetileno o etino

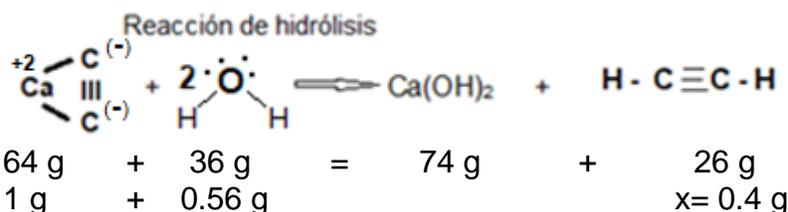
El alquino industrial más importante es el miembro más simple de la familia, el acetileno. Tradicionalmente, se ha preparado por la acción del agua sobre carburo de calcio, **CaC<sub>2</sub>** ▶



### Actividad experimental No. 8

Obtención de acetileno

**Propósito:** obtener acetileno por hidrólisis de carburo de calcio



1 g de carburo de calcio produce con pureza de 100% 0.4 g de etino.

El carburo cálcico técnico que se encuentra en el comercio suele tener una pureza de sólo el **82 %**. Además hay trazas de fosfuro de calcio, sulfuro de calcio, ferrosilicio, nitruro de magnesio y carburo de silicio presentes en el sólido. El color pardo a veces observado se debe a pequeñas cantidades de óxido de hierro.

**Previo** recomendamos, **ver video** para la obtención de acetileno en el laboratorio, elaborar **un resumen como evidencia**.

➤ [https://www.youtube.com/watch?v=HT4el\\_S0y6A](https://www.youtube.com/watch?v=HT4el_S0y6A)

➤ <https://www.youtube.com/watch?v=hKw-oMp0XKQ>

**Hipótesis** \_\_\_\_\_

## Material

Tubo de ensayo, tapón monohoradado, tubo de desprendimiento, balanza, probeta de 10 mL, un matraz erlemeyer pequeño, gotero o piseta, espátula, cerillos, pinzas para tubo de ensayo, varilla de vidrio, careta y guantes.

## Sustancias

Carburo de calcio, agua destilada permanganato de potasio (aproximado 0.3 g) "En ocasiones la reacción es directa sin agente oxidante".

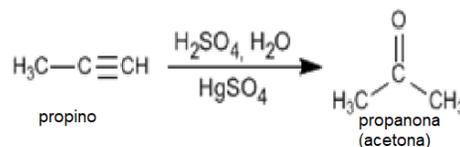
## Procedimiento

1. Coloca en el tubo de ensayo (de 25 x 200 mm) **1 g** de carburo de calcio y agrega con precaución unas gotas de agua (aún puede ser en exceso).
2. Inmediatamente tapa el tubo de ensayo con el tapón con tubo de desprendimiento y burbujea el gas de acetileno en una solución de permanganato de potasio (sustancia oxidante), observa lo que sucede.
3. Después saca el tubo de desprendimiento de la solución de permanganato de potasio y acerca a la boca del tubo de desprendimiento un cerillo encendido, observa lo que sucede y registra tus resultados. **Referencia:**

<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n9/p3.html>

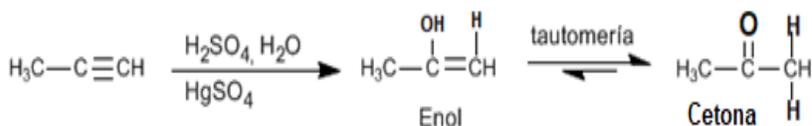
**Observaciones y conclusiones.** Elaborar un reporte.

Ejemplos de hidratación de alquinos ►



Es una reacción donde se genera un enol o una cetona; **tautomería**.

<https://www.quimicaorganica.org/alquinos/372-hidratacion-de-alquinos.htm>



## Tarea para el estudiante.

Investiga el significado de tautomería (ceto-enol)

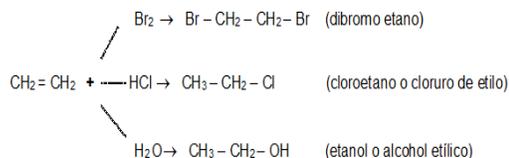
Yurkanis Bruice P. (2007) Química orgánica. Capítulo 5: página 118.

Brown H. William (2002) Introducción a la química orgánica. Capítulo 11 p. 296.



Los estudiantes realizan ejercicios de lápiz y papel y de manipulación de modelos sobre la síntesis de alcanos, alquenos y alquinos por adición y eliminación de hidrógenos para reafirmar sus conocimientos del tema, aplica la nomenclatura en reactivos y productos. **A10**

Los halógenos y sus halogenuros de hidrógeno y el agua pueden agregarse a una doble ligadura ►



La reacción general para la adición Markovnikov, con HBr, es la siguiente (también es igual con HCl o HI).

Productos Markovnikov ►

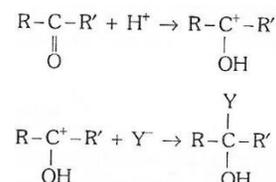
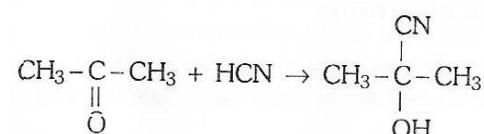


Para el caso del propeno, de acuerdo con **la regla de Markovnikov**:

“La porción **positiva** de la molécula que va a adicionarse queda unida al carbono con **más hidrógenos**”, se interpreta fácilmente a la luz de nuestro conocimiento del mecanismo de las reacciones de adición.

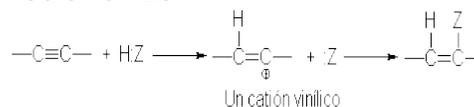
### Reacciones de adición nucleofílica

Se producen en compuestos con dobles enlaces polarizados: grupo carbonilo de aldehídos y cetonas ►

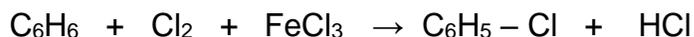


### Adición electrófilica de alquinos

La adición de ácidos como los halogenuros de hidrógeno es electrofílica, y aparentemente sigue el mismo mecanismo con los alquinos que con los alquenos; es decir, por la vía de un carbocatión intermediario. La diferencia estriba en que ahora el intermediario es un catión vinílico ►



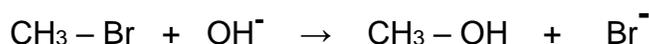
Reacciones de sustitución electrofílica ►  $\text{A}^+ + \text{R-B} \longrightarrow \text{R-A} + \text{B}^+$



☞ Es una halogenación donde un cloruro (Cl<sup>-</sup>) sustituye a un hidrógeno del benceno.

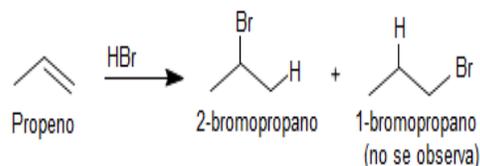
También se lleva a cabo con la alquilación un grupo **R** (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-) sustituye al hidrógeno. En la nitración (NO<sub>2</sub>), sulfonación (HSO<sub>3</sub>) y acilación (R-C=O) estos sustituyen al **H<sup>+</sup>** en el benceno durante la reacción.

Reacciones de sustitución nucleofílica ►  $\text{B}^- + \text{R-A} \longrightarrow \text{R-B} + \text{A}^-$

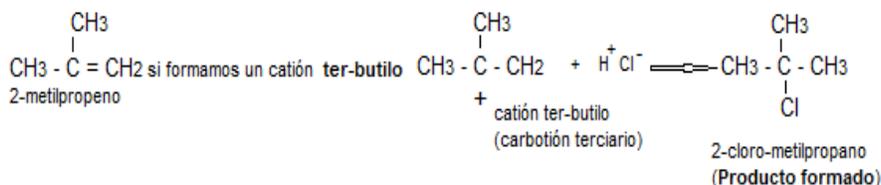
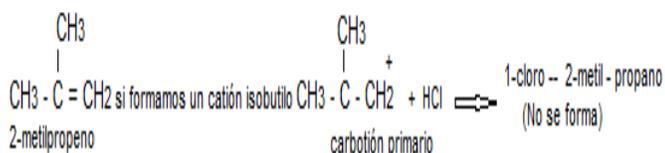


**Se dice que la adición de un haluro H-X** al propeno es una reacción altamente regioselectiva, la cual fue observada por Markovnikov. Aunque la regla de Markovnikov constituye una manera de predecir el producto de diversas reacciones de adición en alquenos, **no explica** por qué predomina determinado producto con respecto a otros posibles productos.

Si formamos a partir del propeno el catión propilo (carbocatión primario) se obtiene el 1-cloropropano que no se forma, pero si formamos el catión isopropilo (un carbocatión secundario) se obtiene el 2-cloropropano, producto formado ►



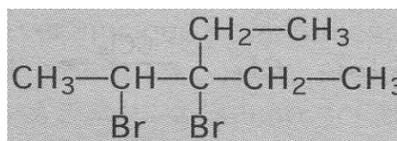
Observemos a continuación la halogenación del 2-metilpropeno ►



El producto que se observa es el 2-cloro-metilpropano lo cual indica que el carbocatión terciario se forma de manera preferencial al carbocatión primario.

Mediante este tipo de experimentos y basándose en evidencia experimental muy amplia, se sabe que un carbocatión terciario es más estable y que requiere de energía de activación más baja para su formación que un carbocatión secundario, el cual a su vez es más estable y requiere de energía de activación inferior para su formación que un carbocatión primario (William H. Brown, capítulo 6).

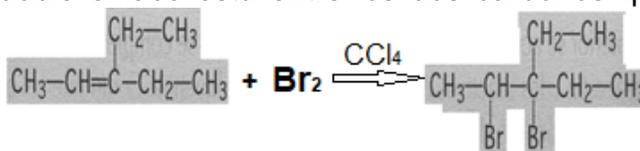
Otro ejemplo; escribe la reacción que corresponde a la síntesis del siguiente dihalogenuro ►



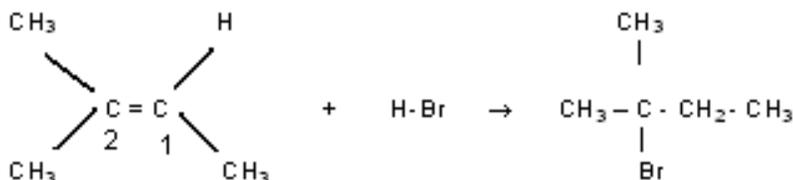
**Respuesta:**

El disolvente empleado en esta reacción es el tetracloruro de carbono.

El alqueno es aquel en donde el doble enlace está entre los dos carbonos que contienen a los halógenos en el dihalogenuro. La reacción queda de la siguiente manera ►

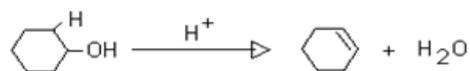


Observar la reacción del HBr con el 2-metil-2-buteno ►

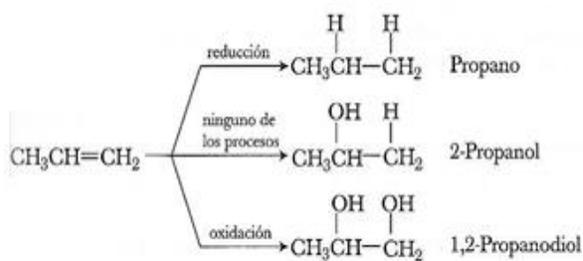


Con la regla de Markovnikov, El  $\text{H}^+$  se une al carbono 1 y el  $\text{Br}^-$  al carbono 2. Recordar que en la protonación de un alqueno, el electrófilo es el protón  $\text{H}^+$  donado por un ácido y el nucleófilo es el alqueno.

#### Reacciones de eliminación en cicloalcanos



**A10. (C)** El estudiante 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 los alquenos (Brown H. William. Capítulo 6)

“No esta en la naturaleza de las cosas que el ser humano realice un descubrimiento súbito e inesperado; la ciencia avanza paso a paso y cada persona depende del trabajo de sus predecesores”.

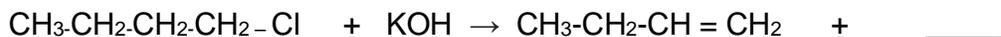
**Rutherford**

## Cuestionario No. 14

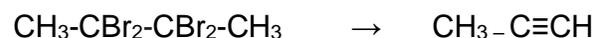
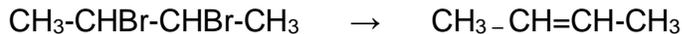
### Reacciones de eliminación

1. A partir del propano ¿cuál sería el modelo de reacción de eliminación para obtener el propeno? Escribe la ecuación química con fórmulas desarrolladas.

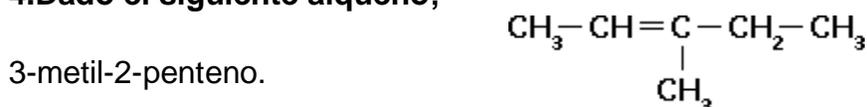
**2. Deshidrohalogenación**, explica con mecanismo de reacción la eliminación del cloro y bromo en las siguientes cuatro ecuaciones orgánicas:



**3. Deshalogenación**, explica con mecanismo de reacción la eliminación del bromo en las siguientes dos ecuaciones:



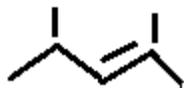
**4. Dado el siguiente alqueno;**



a) Escribe la reacción de hidrogenación ( $\text{H}_2$ )

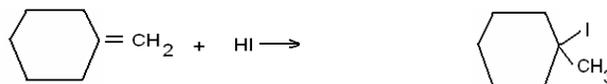
b) Escribe la reacción de halogenación con el cloro ( $\text{Cl}_2$ )

**5. Dado el 2, 4 dimetil-2-penteno, escribir la reacción de hidrohalogenación con HBr:**

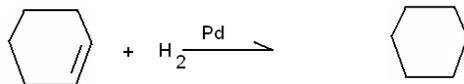


<https://www.alonsoformula.com/organica/alquenos.htm>

**6. Con la aplicación de la regla de Markovnikov, realiza el mecanismo de reacción para la adición del HI al metilenciclohexano para dar 1-yodo-1-metilciclohexano:**



7. En la siguiente ecuación química se propone la reducción de un alqueno por hidrogenación catalítica a 25°C y 3 atmósferas de presión. Escribe el nombre del reactante y producto:



8. Realiza el mecanismo de la siguiente reacción, aplica la regla de Markovnikov y completa la siguiente ecuación y da el nombre del producto:

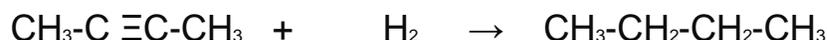


9. ¿Cuántos moles de  $\text{H}_2$  se necesitan para obtener el n-butano a partir del 2-buteno?



10. Si ahora deshidratamos 1-propanol ¿Cómo es la estructura del alqueno obtenido? Escribe la ecuación química:

11. ¿Cuántos moles de  $\text{H}_2$  se necesitan para obtener el n-butano a partir del 2-butino?



12. **Cuál o cuáles de las siguientes afirmaciones es cierta:**

- Un carbocatión son los iones positivamente cargados que contienen un átomo de carbono con sólo seis electrones en tres enlaces.
- Un carbanión son iones positivamente cargados que contienen un átomo de carbono con sólo seis electrones en tres enlaces.
- Los radicales libres son especies que contienen al menos un electrón desapareado.
- Un reactivo nucleófilo es el que es deficitario en electrones y por tanto tiende a captarlo.

Respuesta, Cuestionario No. 14; **12) a) y c)** (García Pérez, 2000)

## Estrategia 7

### ¿Cómo cambian las propiedades de los compuestos orgánicos por la presencia de átomos de oxígeno o de halógenos?

El profesor promueve que los estudiantes realicen las siguientes actividades:



Los estudiantes analizan datos de solubilidad y puntos de ebullición de hidrocarburos y el alcohol o halogenuro con el mismo número de átomos de carbono, que les permita comparar estas propiedades. **A<sub>11</sub>**

### Propiedades de compuestos con oxígeno o halógeno

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

#### Lectura

Comparación de propiedades con oxígeno y bromo derivados del n-butano

- ✓ n-butano, **C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>**, Punto de ebullición -1°C, Fusión -138°C, **solubilidad 0.006 g/100 mL** de agua.
- ✓ El n-butanal ( CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH=O) es un aldehído con una masa molar de 72.1 g/mol, P.eb. de 74 °C y punto fusión de -97°C **solubilidad 7 g/100 mL de agua**.
- ✓ Éter dietílico (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>), con masa molar de 74.12 g/mol, ebullición 34.8°C, fusión -116°C y **solubilidad de 6.9 g/100 mL de agua**.
- ✓ El n-butanol ( CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-OH) con una masa molar de 74.2 g/mol hierve a 118°C, y tiene un punto de fusión de -81°C, soluble en agua etanol y éter. **Solubilidad 7.9 g/100 mL de agua**.
- ✓ Cloruro de n-butilo CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>-Cl con masa molar 82.6 g/mol, ebullición 78°C, fusión -123°C, **solubilidad 0.09 g/100 mL**
- ✓ Bromuro de n-butilo o bromobutano, C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>-Br con masa molar de 137 g/mol, ebullición de 101.4°C y punto de fusión -112°C **insoluble en agua**, y soluble en alcohol y éter.



En discusión grupal, los estudiantes infieren cómo la presencia de un átomo con diferente electronegatividad modifica las propiedades (punto de ebullición, solubilidad), de los compuestos orgánicos.



#### Tarea para el estudiante.

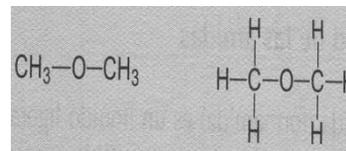
¿Qué es el bromometano? ¿Cómo puede ocurrir la exposición al bromometano?

- Brown H. W. (2002) Química orgánica. Capítulo 7, páginas 167-169.
- [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs27.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs27.html). Resumen de salud pública.

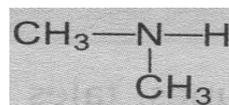
Ejemplos de propiedades de compuestos con oxígeno y nitrógeno:

Si ahora comparamos entre el metoximetano, **CH<sub>3</sub>-O-CH<sub>3</sub>** con masa molar de 46 g/mol y a **(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NH** con masa molar de 45 g/mol. En función de las fuerzas intermoleculares, ¿Cuál de los dos tiene mayor punto de ebullición?

Este **éter** tiene en su molécula uno de los tres elementos más electronegativos, el oxígeno; también hay hidrógeno en la estructura, sin embargo, **no puede formar puentes de hidrógeno** con otra molécula igual, debido a que el hidrógeno no está unido directamente al oxígeno.



Por otro lado, la estructura de la metilmetanamina tiene la fórmula semidesarrollada ►

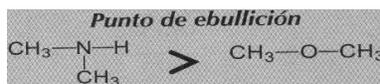
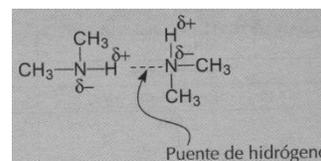


Como se puede observar, al estar unido el nitrógeno directamente al hidrógeno, éste tiene la facultad de unirse por puente de hidrógeno con el nitrógeno de otra molécula.



El estudiante centra las conclusiones en la formación de enlaces intermoleculares como responsables de la solubilidad y los cambios en los puntos de ebullición. **A<sub>11</sub>**

Una parte de la molécula puede formar puentes de hidrógeno, por lo que se espera que la metilmetanamina tenga un punto de ebullición más alto que otros compuestos de masa molar comparable que no formen puentes de hidrogeno, como el caso del éter dimetílico.



### Tarea para el estudiante.

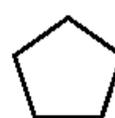
Al **éter dietílico**. El oxígeno tampoco puede formar puentes de hidrógeno, nuevamente, porque no hay enlaces **O-H** disponibles en la estructura molecular. ¿Qué favorecen sus fuerzas de dispersión? Consulta:

- <https://www.lifeder.com/eter-etilico/>

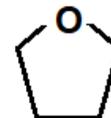
Los puntos de ebullición de una serie de éteres, halogenuros de alquilo, alcoholes u aminas también se elevan al aumentar su masa molar debido al incremento de las fuerzas de Van der Waals. Sin embargo, los puntos de ebullición de estos compuestos también se ven afectados por el enlace polar **C-Z** (donde Z indica N, O, F, Cl, o Br) El enlace **C-Z** es polar porque el nitrógeno, oxígeno y los halógenos son más electronegativos que el carbono al que están unidos.

Las moléculas con enlaces polares se atraen entre sí porque se pueden alinear a sí mismas, de tal manera que el extremo positivo de una de ellas queda junto al extremo negativo de otra. **Estas fuerzas de atracción llamadas interacciones dipolo-dipolo, son más fuertes que las fuerzas de Van der Waals, pero no tanto como los enlaces iónicos o covalentes.**

Por lo general, los éteres tienen un punto de ebullición más elevado que los alcanos de masa molar semejante, porque para que hiervan es necesario superar las fuerzas de Van der Waals y las interacciones dipolo-dipolo.



Ciclopentano  
p.e. = 49.3°C



Tetrahidrofurano  
p.e. = 65°C

Los alcoholes tienen puntos de ebullición mucho más elevados que los alcanos o los éteres porque además de las fuerzas de Van der Waals y las interacciones dipolo-dipolo del enlace **C-O**, los alcoholes pueden formar puentes de hidrógeno mismos que también es necesario romper.

**Un puente o enlace de hidrógeno es un tipo especial de interacción dipolo-dipolo que se presenta cuando un hidrógeno está unido a un oxígeno, un nitrógeno o un flúor de una molécula que interacciona con los pares de electrones no compartidos de un oxígeno, nitrógeno o flúor de otra molécula** (Yurkanis Bruice, 2007: capítulo 3).

Los halogenuros de alquilo tienen cierto carácter polar, pero sólo los fluoruros de alquilo cuentan con un átomo capaz de formar puentes de hidrógeno con el agua, esto quiere decir que los fluoruros de alquilo son halogenuros de alquilo más solubles en agua. Los otros halogenuros de alquilo son menos solubles en agua que los éteres o alcoholes con el mismo número de carbonos.

**A11. (C)** El estudiante 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)**

### Halogenuros

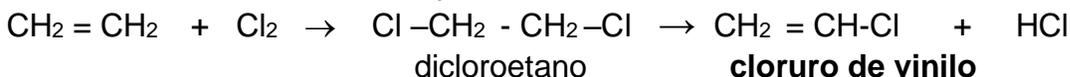
Los compuestos que contienen un átomo de halógeno unido por un enlace covalente a un átomo de carbono con hibridación **sp<sup>3</sup>** se llaman haloalcanos o, en el sistema de nomenclatura común, halogenuros de alquilo. El símbolo general de un halogenuro de alquilo es R- X. donde -X puede ser **-F, -Cl, -Br, o -I.**

Los halogenuros de alquilo pueden transformarse en alcoholes, éteres, tioles, aminas y alquenos con dos reacciones características; sustitución nucleofílica y la  $\beta$ -eliminación.

✓ **Adición en alquenos**



El cloruro de vinilo se puede obtener al reaccionar el eteno o etileno con el cloro gaseoso, para dar el dicloroetano, finalmente por eliminación de una molécula de ácido clorhídrico se obtiene el producto deseado ►



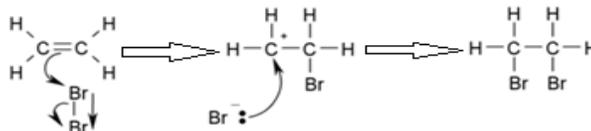
✓ **Hidrohalogenación.** Se refiere a la reacción con halógenos hidrogenados formando alcanos halogenados:

Estas reacciones deben seguir la **regla Markovnikov** de enlaces dobles.  
Por ejemplo, halogenación con el ácido HBr ►



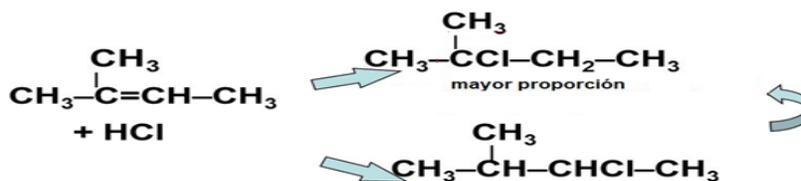
✓ **Halogenación:** se refiere a la reacción con halógenos (representados por la X)

$\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{X}_2 \rightarrow \text{XCH}_2 - \text{CH}_2\text{X}$ . Por ejemplo, halogenación con bromo ►



**Al reaccionar metil-2-buteno con ácido clorhídrico se producen dos derivados clorados.**

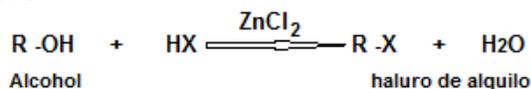
Escribe el nombre de los productos y justifica por qué uno de los dos se encuentra en mayor proporción:



**Adición de hidrácidos al etanol y al etileno**

**Reacción con halogenuros de hidrógeno.**

Se requiere de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para acelerar la formación del halogenuro ►



Esta reacción permite diferenciar un alcohol primario, secundario o terciario basándose en la reactividad, ya que cada uno tiene velocidad de reacción diferente: Los terciarios reaccionan de inmediato dando un precipitado blanco, los secundarios reaccionan en término de 5 minutos y el primario a temperatura ambiente no reacciona en forma apreciable.

El segundo método de obtención de halogenuros de alquilo consiste en tratar alcoholes (ROH) o alquenos (R<sub>2</sub>C=CR<sub>2</sub>) con hidrácidos. Los hidrácidos tienen por fórmula general HX (HF, HCl, HBr y HI). Se mostrará un ejemplo utilizando etanol para cada uno de ellos ►



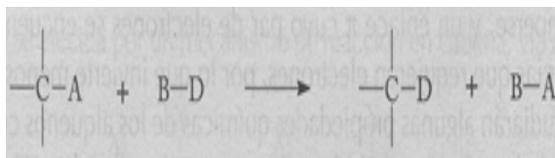
Asimismo, los alquenos pueden adicionar moléculas HX a sus dobles enlaces, formándose halogenuros de alquilo secundarios.



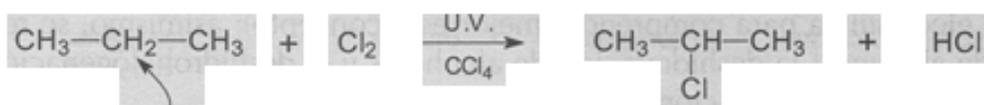
El producto BrCH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub> es el 1-bromopropano, y el CH<sub>3</sub>-CHBr-CH<sub>3</sub> el 2-bromopropano. **El segundo es el producto mayoritario** por ser el de mayor estabilidad, mientras que el primero se produce en menor proporción por ser más inestable. Esto se debe a que el CH<sub>3</sub>-CH-Br-CH<sub>3</sub> es un halogenuro de alquilo secundario.

### Reacciones de sustitución en halogenación de alcanos

En este tipo de reacciones se nota la presencia de un subproducto formado por el átomo sustituido y el átomo o átomos que restan de la segunda molécula ►

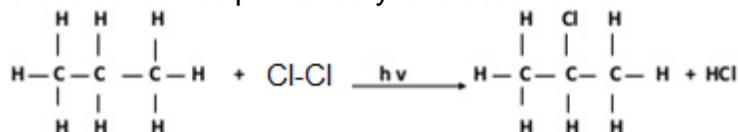


Un ejemplo de este tipo de reacción es la halogenación de los alcanos ►



Un H es sustituido por un cloro.

el propano tiene dos carbonos primarios y uno secundario



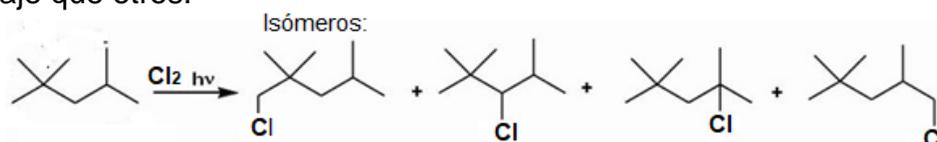
### ¿Porqué es la sustitución en el carbono secundario?

Veamos qué sucede con la halogenación del 2, 2, 4-trimetilpentano

Este alcano presenta todo tipo de carbonos (primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios y tras reaccionar con el cloro un hidrógeno (de un carbono terciario) se sustituye por dicho halógeno. Entonces el segundo átomo de cloro se une al hidrógeno que abandono al alcano, para generar cloruro de hidrógeno.

Ahora podríamos preguntarnos ¿es posible que se sustituya cualquiera **H** de la molécula del alcano?

**Si** en la halogenación es posible sustituir cualquiera de los hidrógenos y sólo uno por molécula, excepto en el metano que pueda sustituir sus cuatro hidrógenos, sin embargo hay hidrógenos que tienen mayor preferencia para llevar a cabo esta sustitución, lo cual se sabe porque hay productos que se forman en mayor porcentaje que otros.



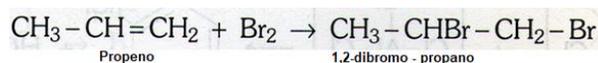
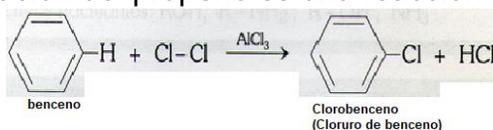
La preferencia para la sustitución se da de la siguiente forma, los hidrógenos de carbonos terciarios tienen mayor preferencia que los de carbonos secundarios, veamos:



Los carbonos cuaternarios, al carecer de hidrógenos, no reaccionan frente a los halógenos.

### Analogía y diferencias entre la halogenación del benceno y del propeno

La diferencia fundamental es que la halogenación del benceno, es una reacción de sustitución y la halogenación del propeno es una reacción de adición ►



### Propiedades de los halogenuros de alquilo

Las propiedades de esta familia de compuestos dependen de sus estructuras moleculares. Sin embargo, cuando se comparan con las de sus alcanos procedentes, puede observarse notables diferencias causadas por el simple hecho de haber enlaces **R-X** (X= átomo de halógeno).

Es decir, los enlaces **R-X** son los responsables de toda diferencia o semejanza entre uno o más halogenuros de alquilo.

Para empezar, los enlaces **R-H** son **casi apolares**, dada la **poca diferencia de electronegatividad entre el C y el H**; en cambio, los enlaces **R-X** presentan un momento dipolar permanente, debido a que los halógenos son más electronegativos que el carbono (en especial el flúor).

Por otro lado, algunos halógenos son livianos (**F** y **Cl**), mientras que otros son pesados (**Br** y **I**). Sus masas atómicas también moldean diferencias dentro de los enlaces R-X; y a su vez, directamente en las propiedades del halogenuro.

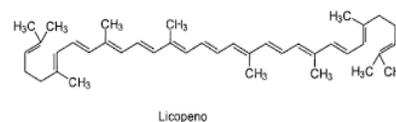
### 👁️ **Argumento**

Por lo tanto, adicionar halógenos a un hidrocarburo es igual a incrementar su polaridad y masa molar; es igual a volverlo menos volátil (hasta cierto punto), menos inflamable, y **aumentar sus puntos de ebullición o fusión, como se pudo observar con el cuadro de comparación de los derivados del n-butano, p.156.**

Referencia: <https://www.lifeder.com/halogenuros-de-alquilo/>



El estudiante obtiene evidencias de la adición de un halógeno en los dobles enlaces al realizar un experimento en el que se observa cómo se consume bromo y se decolora un compuesto insaturado como el **licopeno** o la deshidratación de un alcohol y la bromación de un alqueno.



### **Tarea para el estudiante.**

Recopilar información de la existencia del licopeno en la diversidad de los vegetales

- <https://blog.nutritienda.com/licopeno/>
- [https://www.cochrane.org/es/CD008007/PROSTATE\\_licopeno-para-la-prevencion-del-cancer-de-prostata](https://www.cochrane.org/es/CD008007/PROSTATE_licopeno-para-la-prevencion-del-cancer-de-prostata)

### **Actividad experimental No. 9**

#### **Bromación del licopeno**

**Propósito: Observar el progreso de una reacción de adición.**

Marco teórico

**Reactividad de los enlaces múltiples:** Los alquenos y alquinos son más reactivos que los alcanos ya que poseen enlaces múltiples con alta densidad electrónica que constituyen sitios de reacción hacia reactivos deficientes de electrones. La reacción de adición es característica de estos enlaces.

Con esta reacción los átomos de carbono involucrados en el doble enlace cambian su hibridación de  $sp^2$  a  $sp^3$ , mientras que los átomos de carbono involucrados en un triple cambian su hibridación de  $sp$  a  $sp^2$  y pueden llegar hasta  $sp^3$  dependiendo de las condiciones de reacción.

### **Hipótesis**

#### **Material y sustancias**

Una gradilla con seis tubos de ensayo, un vaso de precipitados de 250 mL y jugo de jitomate.

#### **Procedimiento**

1) Efecto arcoíris en el jugo de tomate:

Adiciones agua de bromo

1) Color inicial del jugo del tomate.

2) Adición de 4 mL de agua de bromo al jugo de tomate.

3) Adición de 1 mL de agua de bromo al jugo de tomate.

Color observado: Rojo. El licopeno es el responsable de su característico color rojo.

Color observado: Verde claro debido al rompimiento de enlaces que provoca la adición de agua de bromo.

Color observado: Verde pistacho. Cada vez se rompen más dobles enlaces. (Ocurriendo bromación).

4) Adición de 1 mL de agua de bromo al jugo de tomate.

5) Adición de 1 mL de agua de bromo al jugo de tomate.

6) Adición de 1 mL de agua de bromo al jugo de tomate.

Color observado: Verde Manzana. Un poco más amarillo que los anteriores (cada vez se rompen más dobles enlaces. (Ocurriendo bromación) Color observado:

Verde pistacho Cada vez se rompen más dobles enlaces. (Ocurriendo bromación)

Color observado: Verde pistacho más amarillento. Cada vez se rompen más dobles enlaces. (Ocurriendo bromación)

#### **Análisis de los resultados:**

El licopeno es un compuesto insaturado de color rojo y cuando se le adiciona bromo cambia de color (por un gradiente de concentración causa el efecto de un arcoíris), reacción característica de los alquenos (y de los alquinos); el color desaparece a medida que se adiciona el bromo a más dobles enlaces.

#### **Estructura del Licopeno:**

Es un caroteno insaturado altamente conjugado, debido a su estructura comprendida por 40 átomos de carbono y 56 átomos de hidrógeno, con 11 enlaces dobles todos conjugados.

Mecanismo de reacción:

- 1) Formación de un complejo de transferencia de carga entre el bromo y el doble enlace carbono-carbono, el cual se disocia en el ion bromonio y el ion bromuro.
- 2) El ataque del ion bromuro ocurre en forma **trans** permitiendo la eliminación del doble enlace, esta reacción de adición es catalizada por sustancias polares y por acción de la luz.

La interacción de transferencia de carga ocurre cuando un complejo es formado con una molécula que tiende a donar un electrón (en nuestro caso el doble enlace) y una molécula que se comporta como aceptor (en este caso el bromo).

Colores:

Los colores presentados en el efecto arcoíris del jugo de tomate están relacionado con la absorción del espectro visible del licopeno antes de ser sustituido y después de la bromación:

La absorción del espectro de luz visible se da hacia los colores azul, por esta razón el licopeno presentaba coloración rojo-rosado, al momento de la bromación esta condición se invierte y se evidencia una tendencia hacia el color azul.

Fuentes de error al comparar nuestra practica con la literatura:

- Agitar la mezcla, alterado los resultados. Esto hizo que la gama de colores se volviese más homogénea y no se identificara claramente el color verde, amarillo, naranja que en un principio si eran diferenciables. (Especies intermedias) (Tan sólo observamos claramente en nuestra experiencia la fase roja y azul)
- Pérdida de agua de Bromo (uso de una cantidad menor de agua de bromo). Se perdió solución en el proceso de transferencia al tubo de ensayo.

**Referencia:**

- <https://www.buenastareas.com/ensayos/Bromaci%C3%B3n-Del-Licopeno/79527883.html>

**Nomenclatura**

Los nombres **IUPAC** para los haloalcanos se derivan según las reglas.

Se localiza la cadena principal del hidrocarburo, y se numera en el sentido que permita asignar el número más bajo al primer sustituyente que se encuentre. Los halógenos sustituyentes se indican mediante los prefijos fluoro, cloro, bromo y iodo, y se mencionan por orden alfabético, junto con otros sustituyentes. La ubicación de cada átomo de halógeno sobre la cadena principal se indica mediante un número que precede al nombre del halógeno.

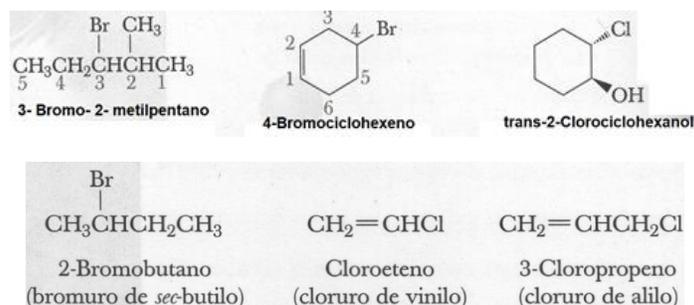
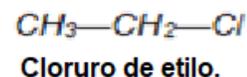
👉 **APOYO. Sugerimos el video en:**

- <https://www.youtube.com/watch?v=o6yUZ4Fkr88> (YouTube - 12 oct. 2018, Mónica Blanco "Haloalcanos"). Para argumentar en clase.

Para compuestos sencillos se nombran de la siguiente manera ►



Se menciona el halógeno con la terminación -uro, después la palabra 'de', y luego el nombre del radical con la terminación -ilo.



### 👉 Ejercicio para el estudiante.

Escribe las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes halogenuros

- a) 2-cloropropano, b) 1-Cloro-2-metilpropano; c) 2-Iodo-2-metilbutano

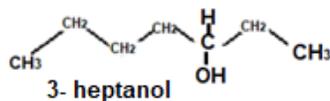
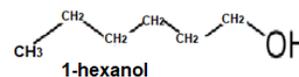
### Nomenclatura de los alcoholes

Se nombran con la terminación **ol**, o se dice primero la palabra alcohol y después el nombre de la cadena según el número de carbonos, de acuerdo con la **IUPAC** también se puede nombrar con la segunda forma. En el laboratorio se usan como reactivos de síntesis.

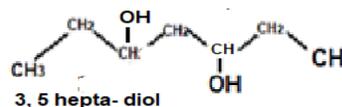
Para clasificar a los alcoholes, tenemos en cuenta los tipos de carbonos (primarios, secundarios y terciarios) y la ubicación que toma el grupo hidroxilo.

### 👉 Reglas:

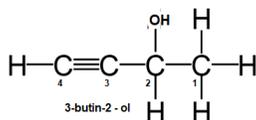
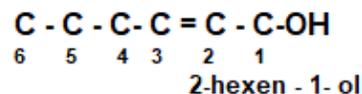
- A. Para nombrar los alcoholes, se escoge como cadena principal aquella donde se ubica el grupo. Se enumera por el extremo más próximo a la posición del mismo. La cadena lleva el sufijo **ol**.



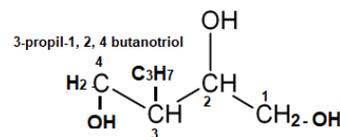
- B. Cuando hay más de dos grupos **-OH** se indica la posición con números y se agrega al final diol, triol, tetrol.....



C. Si el alcohol presenta doble o triple ligadura en la cadena principal, se indica con un número que debe ir antes del nombre del hidrocarburo insaturado (alqueno) ►

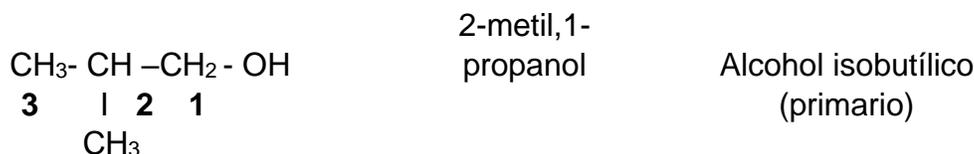


Cuando hay ramificaciones se nombran teniendo en cuenta la nomenclatura ya estudiada en los hidrocarburos y si hay varios grupos -OH, se escoge como cadena principal la que incluye el mayor número de ellos, así no sea la más larga ►



### Ejemplos de alcoholes primarios:

CH <sub>3</sub> - OH	Metanol	Alcohol metílico
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - OH	Etanol	Alcohol etílico
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -OH	1-propanol	Alcohol propílico
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -OH	1-butanol	Alcohol n- butílico



CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - OH	1-pentanol	Alcohol n- pentílico (amílico)
---	------------	-----------------------------------

### ☞ Argumento

Los documentos consultados recomiendan el uso *de isopropanol al 75% en las fórmulas para la desinfección de las manos y no para superficies. La desinfección de las superficies con hipoclorito de sodio al 0.1% o etanol al 62-71% (pequeñas superficies) reduce significativamente la infectividad de los coronavirus en las superficies en un tiempo de exposición de 1 minuto. Se espera un efecto similar contra el SARS-CoV-2.* (<http://www.murciasalud.es/preevid/23528>) 19 marzo 2020.

### Ejemplos de alcoholes secundarios:

$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH-CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	2-propanol	Alcohol isopropílico
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	2-butanol	Alcohol <b>sec</b> -butílico (secundario)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	3-pentanol	Alcohol 3-isopentílico (Isómero de los amílicos)

### Ejemplos de alcoholes terciarios:

$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{-C-OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-metil-2-propanol	Alcohol <b>tert</b> -butílico
$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C-CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-metil-2-butanol	

### 👁️ Argumento

Los alcoholes inferiores de mayor importancia industrial son metanol, etanol, isopropanol y los butanoles.

El etanol es la sustancia que suele componer el alcohol de botiquín que tenemos en casa, si nos fijamos en el etiquetado de la botellita podemos ver que hay alcoholes de 70° y de 96°, la única diferencia entre ambos es la cantidad de alcohol que contienen, siendo de 70 volúmenes en el caso del alcohol de 70 grados, y de 96 en el otro caso.

El alcohol etílico a partir de 70 grados ya es un antiséptico excelente. Para conseguir una buena acción desinfectante lo tenemos que dejar actuar unos **2 minutos**. Su poder bactericida es muy elevado, **el alcohol de 70° elimina un 90% de las bacterias**.

### Tarea para el estudiante.

¿Cuál es grupo funcional de los tioles? Dibujar la estructura de los primeros cinco y escribir su nombre en nomenclatura **IUPAC**.

➤ <https://www.quimicas.net/2015/11/ejemplos-de-tioles-o-mercaptanos.html>

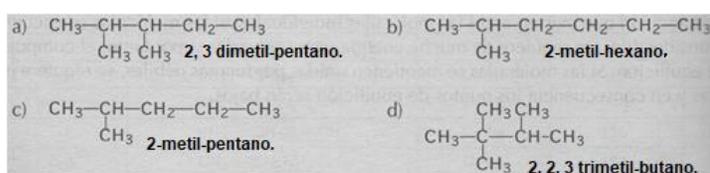
### 👁 Ejercicio para el estudiante.

La halogenación con cloro del 2-metilpropano genera dos productos posibles: producto preferencial 64% y el otro 34%. **Escribe la ecuación química.**

Es importante hacer notar que cualquiera de los hidrógenos de carbono primarios (-CH<sub>3</sub>) que se considere para la sustitución ofrece el mismo producto de ahí que se escribe una sola vez. La adición con bromo de esta misma molécula es muy similar, difiere únicamente en el porcentaje de obtención de cada uno de los productos posibles. Al comparar estos dos ejemplos es posible que el bromo (Br<sub>2</sub>) genere un porcentaje mayor del producto preferencial que el cloro (Cl<sub>2</sub>), por lo que se dice que es más selectivo para sustituir a H del carbono terciario [Gutiérrez-López-Arellano-Ochoa, (2010) Química orgánica, aprende haciendo: páginas 216-217].

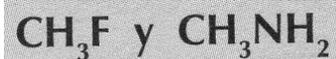
### Cuestionario No. 15

1. Ordena de mayor a menor en cuanto a su punto de ebullición los siguientes hidrocarburos saturados arborescentes ►

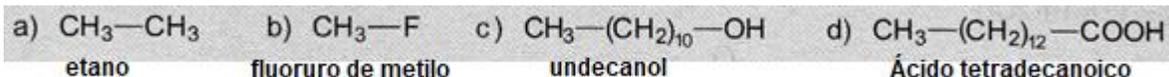


2. ¿Cual de los dos compuestos fluoruro de metilo y metil-amina tiene mayor punto de ebullición?

Explica en función de las fuerzas intermoleculares que presentan.

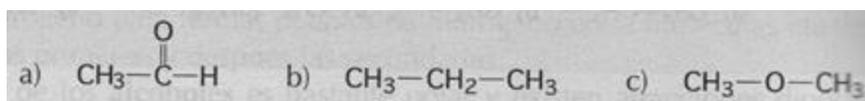


3. De los siguientes compuestos, señala aquel que es soluble en agua, explica en todos los casos por qué es soluble o insoluble

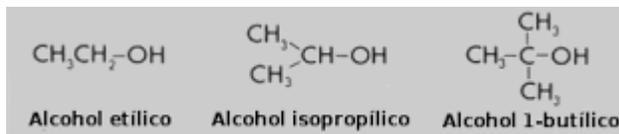


4. Se tienen los siguientes puntos de ebullición reales de compuestos de masa molar comparables, identifica a qué molécula le corresponde cada uno ►

Puntos de ebullición  
-24.8°C  
-42.0°C  
21.0°C



5. Clasifica a los siguientes tres alcoholes en primario, secundario y terciario ►



6. Investiga, las propiedades aplicaciones del siguiente poliol ¿Cómo se nombra con base a la nomenclatura IUPAC?



- <https://www.solostocks.com.co/venta-productos/quimicos-organicos-basicos/alcoholes/pentaeritritol-1645423>
- [http://www.ercros.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=179&Itemid=1152&lang=es](http://www.ercros.es/index.php?option=com_content&view=article&id=179&Itemid=1152&lang=es)

Opción múltiple

**1. Las reacciones de eliminación de derivados halogenados pueden ser:**

- De dos tipos.
- E1 ocurre en una etapa.
- E2 ocurre en una etapa
- E2 ocurre en dos etapas.

**2. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es falsa?**

- Los alquenos se transforman en alcanos por hidrogenación catalítica.
- Los alquenos adicionan ácidos hidrácidos.
- Los alcanos son combustibles en exceso de oxígeno.
- Los alcanos se hidrogenan mediante la síntesis de Wurtz.

**3. Los hidrocarburos no saturados se caracterizan por:**

- Ser muy reactivos.
- Dar reacciones de adición.
- Dar reacciones de sustitución
- Se obtienen por deshidratación de alcoholes.

**Tarea para el estudiante.**

Investiga la estructura de la trietanolamina, usos y aplicaciones



- <https://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-la-trietanolamina-4147154.htm>

Respuestas de Cuestionario No. 15:

1. Efecto del número de carbonos y las ramificaciones; **b > a > d > c**

2. Fuerzas intermoleculares y puntos de ebullición. Efecto de los puentes de hidrógeno **CH<sub>3</sub>-F**, no forma puentes de hidrógeno, masa molar 34 g/mol y el CH<sub>3</sub>-NH<sub>2</sub>, si forma puentes de hidrógeno, se espera que tenga mayor punto de ebullición, masa molar 31g/mol.

3. Solubilidad; a) insoluble, es no polar; b) soluble, un solo carbono y el flúor forma puentes de hidrógeno con el agua; c) insoluble, tiene una parte polar -OH, pero la cadena de carbonos es muy larga y prevalece la parte no polar; d) insoluble, tiene una parte polar **-COOH**, pero la cadena de carbonos es muy larga y prevalece la parte no polar.

4. Puntos de ebullición: a) 21°C (aldehído) b) - 42 (alcano) c) -24.8 (éter)

**Referencia:** (Gutiérrez, 2010: página 201. Segunda edición).

Respuestas:

1. a y c
2. a y d
3. a, b y d (García Pérez, 2000: tema 13, pp. 357-58)

**A12. (C, H) El estudiante** 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 **IUPAC** para nombrar halogenuros y alcoholes de hasta cinco carbonos. **(N3)**

👉 En este espacio recordemos a,

**Johannes Diderik van der Waals** (1837-1923). Físico holandés.

Ganó en 1910 el Premio Nóbel por sus investigaciones sobre los estados de agregación de la materia; gaseoso y líquido.

(Yurkanis Bruice P. 2007).

Fue el primero en hallar la ecuación que expresa el comportamiento de los gases teniendo en cuenta la atracción recíproca de las moléculas (Nekrasov, 1981).

“Nuestras horas son minutos cuando esperamos saber, y siglos cuando sabemos lo que se puede aprender”.

**Antonio Machado**

## Estrategia 8

### ¿Cómo se lleva a cabo los procesos de oxidación de los hidrocarburos?

#### Reacciones de oxidación de compuestos orgánicos

El profesor promueve que los estudiantes realicen las siguientes actividades:

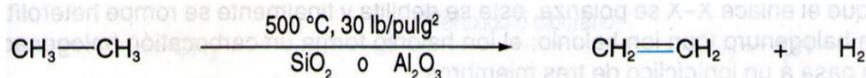


Analiza, compara y explica la forma de obtener un alcohol, una cetona, un aldehído y un ácido carboxílico a partir de la oxidación de alcanos con el uso de agentes oxidantes. (A<sub>13</sub>)

#### Lectura

##### Oxidaciones orgánicas (N3)

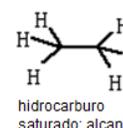
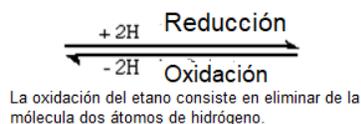
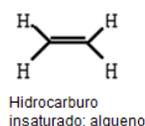
Al someter un alcano a temperaturas superiores a 500°C, a presiones de 30lb/pulg<sup>2</sup> y en presencia de catalizadores como dióxido de silicio, o el dióxido de aluminio se efectúa la reacción de eliminación E1, 2, liberándose hidrógeno y formándose el correspondiente alqueno:



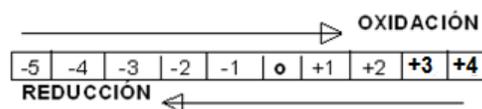
Se puede decir que la transformación del etano a eteno es una reacción de **oxidación** por el simple hecho de **umentar el número de ligadura**, y también al tener en la parafina a los carbonos con número de oxidación de C<sup>-3</sup> el producto tendrá C<sup>-2</sup>, y también es una reacción de deshidrogenación.



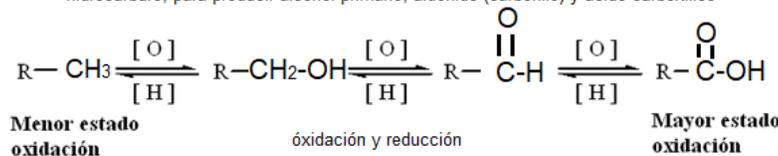
El estudiante analiza las oxidaciones en las que, en general, el reactivo gana átomo de oxígeno y/o **pierde átomos de hidrógeno**.

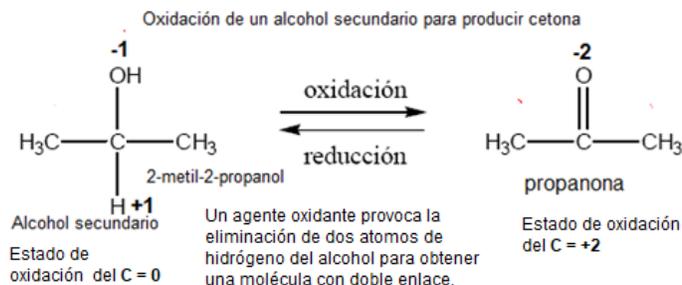
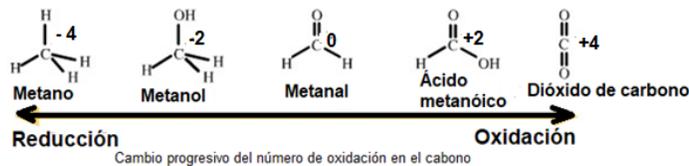


El alqueno con C<sup>-2</sup> al hidrogenarse, el carbono pasa a un estado de oxidación de C<sup>-3</sup> por lo que es un proceso de reducción.



Esquema secuencial para representar una serie de oxidaciones iniciando con un hidrocarburo, para producir alcohol primario, aldehído (carbonilo) y ácido carboxílico





El estudiante indica la ganancia de átomos de oxígeno y/o pérdida de átomos de hidrógeno y compara éstas oxidaciones de los compuestos orgánicos con las oxidaciones vistas en los compuestos inorgánicos, para obtener una visión de conjunto. **A13**

### Reacciones de oxidación y reducción

Estas reacciones suponen una transferencia de electrones o un cambio en el número de oxidación. Una reducción en el número de átomos de hidrógeno unidos a un carbono o **un aumento en el número de enlaces de un carbono** con otros átomos, tales como **C, O, Cl, Br, F, o S** indica una oxidación.

🔍 **Incremento en el número de enlace:**



El compuesto **orgánico se reduce** y el **Zn** se oxida porque se combina con el cloro pasando de  $\text{Zn}^0$  a  $\text{Zn}^{+2}$  donde el zinc pierde dos electrones. El haluro dihalogenado se reduce al perder los dos átomos de cloro.

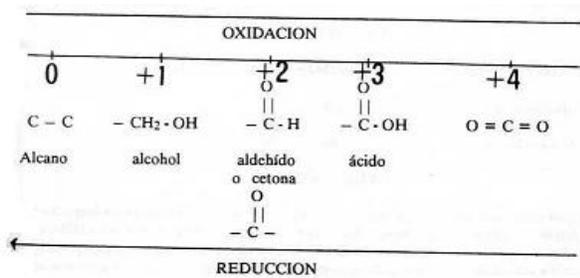
En el siguiente ejemplo de oxidación, el aldehído etanal frente a un agente oxidante el reactivo gana un oxígeno para convertirse en un carboxilo:



El  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{O}$  se oxida y el  $\text{MnO}_4^-$  se reduce. La reacción transcurre con calor.

Las siguientes reglas son para establecer el estado de oxidación del carbono y construir la escala de redox.

- 1) Los enlaces **C-C** y **C-H** no modifican el estado de oxidación del carbono.
- 2) El estado de oxidación se incrementa o disminuye en uno por cada enlace con el oxígeno (o átomo más electronegativo).



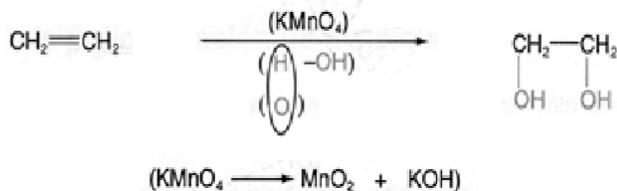
El control de la redox en un compuesto determinado se logra mediante el uso de agentes oxidantes y reductores:

- Agentes oxidantes: **KMnO<sub>4</sub>**, **K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>**, **K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**, **CrO<sub>3</sub>** en ácido acético glacial, en piridina. Dependiendo de algunos casos particulares la reacción puede efectuarse inclusive con **O<sub>2</sub>**, o con **Cu** a 250 °C.

### Obtención de aldehídos, cetonas, alcoholes y ácidos carboxílicos (N3)

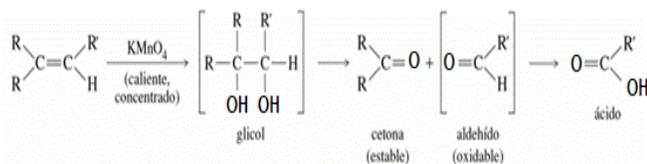
El grado de la oxidación puede controlarse mediante la temperatura y el medio de reacción, alcalina, ácido o neutro.

La oxidación de los alquenos también sirve como técnica de identificación de éstos, ya que el **KMnO<sub>4</sub>**, de color morado se reduce a **MnO<sub>2</sub>**, de color café ►



[Salvador Castellanos Malo. (1999) Química orgánica. McGrawHill].

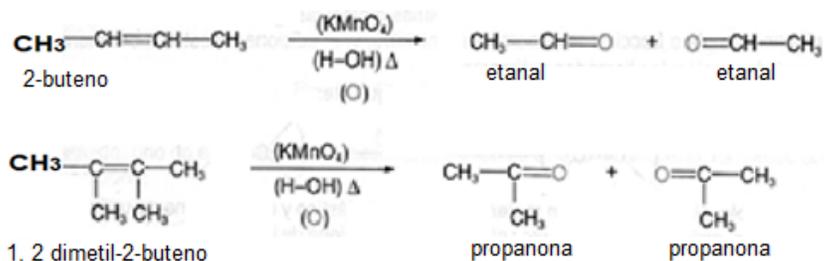
Una disolución concentrada de **KMnO<sub>4</sub>** en medio ácido y con calor. La ruptura del doble enlace se da a través del glicol ►



☞ **Actividad demostrativa**; en una capsula de porcelana o crisol poner un gramo de **KMnO<sub>4</sub>** y agregarle de 3 a 5 gotas de glicerina, esperar a que se realice la reacción. ¿Qué acción tiene el **KMnO<sub>4</sub>**? (YouTube - 17 feb. 2016)

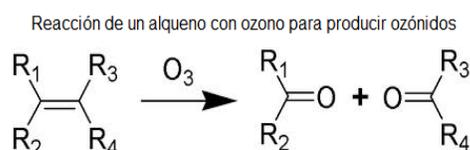
- <https://piensaengrandeproyectosdeciencia.wordpress.com/2015/08/27/12-recaccion-del-permanganato-con-glicerina-12/>

Si la solución de  $\text{KMnO}_4$  es caliente, entonces la oxidación es más vigorosa y se provoca el rompimiento del doble enlace, formándose como productos aldehídos, si el doble enlace está localizado entre dos carbonos monosustituídos, y cetonas, si el doble enlace está localizado entre carbonos disustituídos ►



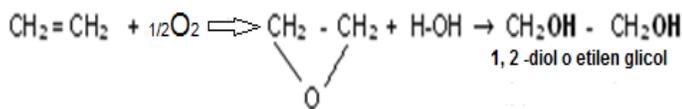
### Oxidación de alquenos con ozono

El resultado global de la ozonólisis es la ruptura del doble enlace carbono-carbono de la molécula, el oxígeno se une a cada uno de los dos átomos que forman el doble enlace original formando aldehídos o cetonas ►



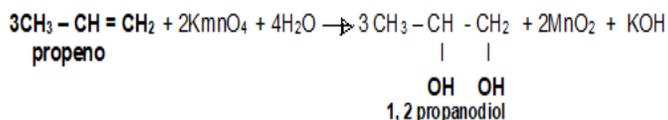
#### ✓ Síntesis del etilen-glicol a partir de la oxidación del etileno

En las reacciones de oxidación, los electrones  $\pi$  de **los alquenos** son susceptibles de reaccionar con los agentes oxidantes. Este proceso sencillo, permite la distinción clara entre los alquenos y los alcanos. El eteno en presencia de plata se produce el epóxido de etileno, después por hidratación en medio básico da como resultado final un polialcohol ►



#### ✓ Síntesis del 1, 2 propanodiol a partir de la oxidación del propeno

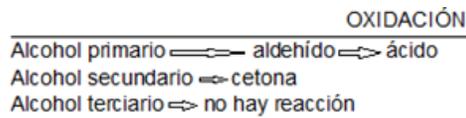
De la oxidación obtenemos glicoles, para ello usamos  $\text{KMnO}_4$  a bajas temperaturas ►



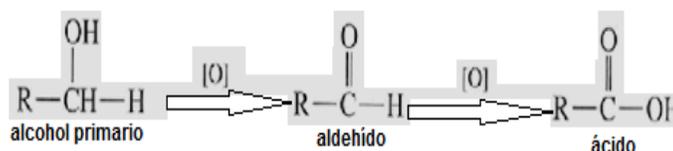
Esta reacción es conocida como **prueba de Bayer** y se utiliza para la identificación de alquenos, de acuerdo al cambio de color que experimenta el  $\text{KMnO}_4$  (violeta) a coloración (café púrpura) formando el  $\text{MnO}_2$ .

## ✓ Oxidación de alcoholes

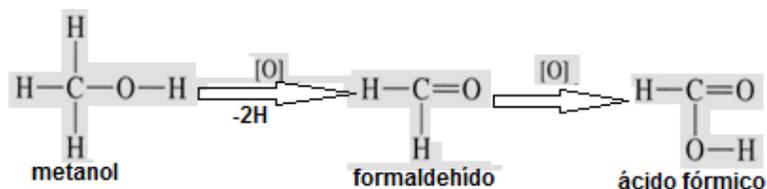
La oxidación de un alcohol implica la pérdida de uno o más hidrógenos del carbono que tiene el grupo **-OH**. El tipo de producto que se genera depende del número de estos hidrógenos a que tiene el alcohol, es decir, si es primario secundario o terciario ►



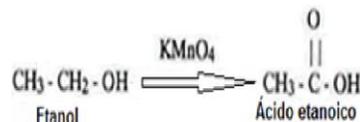
La reacción se efectúa con una mezcla crómica ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ) y entre el intervalo de 60 a 70°C para que destile el aldehído y no pase a ácido.



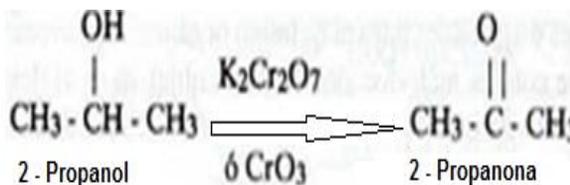
Con un alcohol secundario se produce acetona, en este caso no es necesario separar la cetona obtenida, ya que la oxidación no continúa.



La oxidación de alcoholes primarios a ácidos carboxílicos generalmente se hace con  $\text{KMnO}_4$ , si este se mezcla en un disolvente no polar se obtiene un buen rendimiento ►



Las oxidaciones de alcoholes a cetonas se realizan con  $\text{Cr}^{+6}$  (soluciones acuosas ácidas de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , o  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , o  $\text{CrO}_3$  en ácido acético glacial). Las oxidaciones de alcoholes secundarios a cetonas son directas ►



La transformación de alcoholes primarios a aldehídos es problemática: Uno de los agentes oxidantes más conveniente es el **Clorocromato de piridinio** producido por la reacción entre el ácido crómico y el cloruro de piridinio ►



## Actividad experimental No. 10

### El alcoholímetro

**PROPÓSITO.** Conocer el principio básico de un alcoholímetro.

**MARCO TEORICO.** Un alcoholímetro es un artefacto que sirve para medir las cantidades de alcohol en el organismo en base al aliento de un individuo, el principio básico es la oxidación del etanol.

En esta actividad realizaremos la oxidación progresiva del etanol con el uso de un agente oxidante en medio ácido.

**Hipótesis** \_\_\_\_\_

#### Material

Seis tubos de ensayo.

Dos goteros.

#### Sustancias

Cinco gramos de dicromato de potasio.

Agua destilada (la necesaria).

#### Ácido sulfúrico 4M.

Alcohol etílico o etanol.

#### Procedimiento

Coloca 5 gramos de  $K_2Cr_2O_7$  en 40 mL de agua. Agitar vigorosamente hasta disolver.

En cada uno de los seis tubos de ensayo ponga 10 gotas de la solución anterior.

Agregue a cada tubo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 gotas de la solución de  $H_2SO_4$  respectivamente.

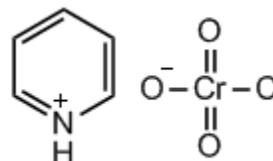
A cada tubo agrega 2 gotas de etanol.

Observa y registra.

#### Conclusiones

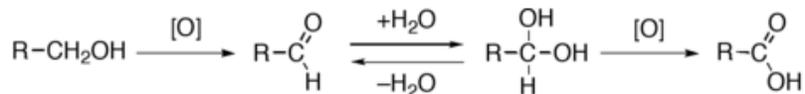
Investiga el nombre de la siguiente estructura? ►

Ecuación Química, tipo redox ►



★ Durante la reacción el etanol se transforma en ácido acético y cromo en forma de cromato de ion (amarillo naranja) a  $Cr^{+3}$  (color verde).

Cuanto mayor sea la concentración de alcohol se obtiene más intenso color verdoso. Número de Oxidación del cromo pasa de;  $Cr^{+6} \Rightarrow Cr^{+3}$

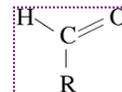


(176)

**Selecciona la o las respuestas correctas en la siguiente cuestion de opción múltiple:**

**Los alcoholes son:**

- a) Derivados de los hidrocarburos, donde se ha sustituido un átomo de hidrógeno por el grupo funcional **-OH**.
- b) Son compuestos orgánicos oxigenados que contienen el grupo carbonilo en su molécula.
- c) Primarios, secundarios o terciarios según la posición del grupo hidroxilo.
- d) Compuestos que poseen un átomo de oxígeno unido a dos radicales iguales o distintos.



### Nomenclatura de los aldehídos

Tienen el grupo funcional  $\text{C}=\text{O}$  y se da la terminación **al**.

$\text{CH}_2=\text{O}$	Metanal o formaldehído
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{O}$	Etanal o etanoaldehído
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{O}$	Propanal o propanoaldehído
$\text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{O}$	3-bromopropanal

$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}=\text{O} \\   \\ \text{Br} \end{array}$	2-bromopropanal
---	-----------------

$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}=\text{O} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Metil propanal
---	----------------

$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{O}$	Butanal
--	---------

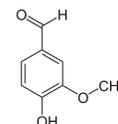
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}=\text{O} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-metil-butanal
---	-----------------

	Ciclopropil metanal
--	---------------------

El grupo funcional de un aldehído es un grupo carbonilo que está unido a través de su carbono con dos hidrógenos, en el caso del formaldehído  $\text{CH}_2=\text{O}$ , el cual es el aldehído simple.

Ejemplos de aldehídos naturales; la glucosa, es un polihidroxi aldehído.

La vainillina, ( $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$ ) es el saborizante principal de la vainilla ►



## Nomenclatura de las cetonas

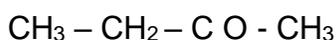
Se encuentran naturalmente en: La fructosa y en el alcanfor.

El grupo funcional de una cetona es un **carbonilo** enlazado con dos átomos de carbono. Si el grupo carbonilo se encuentra en un carbono terminal se trata de un aldehído y se encuentra en un carbono secundario es una acetona:

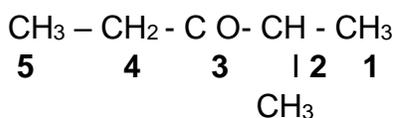
Citar los **dos radicales que están unidos al grupo carbonilo** por orden alfabético y a continuación la palabra **cetona**.



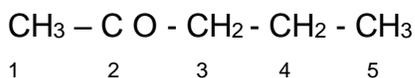
Propanona



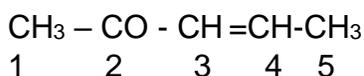
Butanona o etil-metil cetona



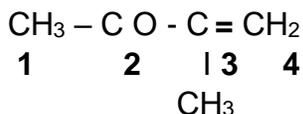
2-metil - 3 - pentanona



2- pentanona o metil-propil cetona



3-penten-2-ona



3-metil-3-buten-2-ona

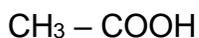
## Nomenclatura de los ácidos

Los **ácidos orgánicos** son una variedad de ácidos que se concentran habitualmente en los frutos de numerosas plantas. Son compuestos orgánicos que poseen al menos un grupo ácido. El más común es el grupo carboxilo (en cuyo caso serían llamados **ácidos carboxílicos**). Este grupo tiene la función

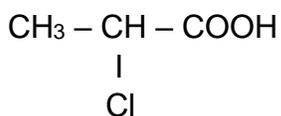
**-COOH-** con la terminación **oico**:



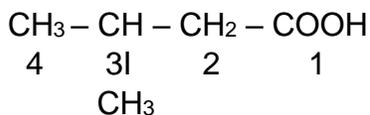
Ácido metanoico o fórmico.



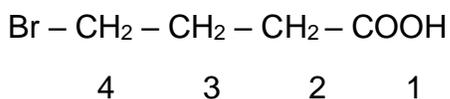
Ácido etanoico o acético



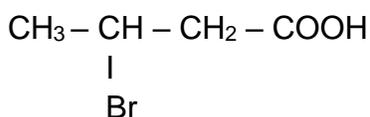
Ácido  
cloropropanoico



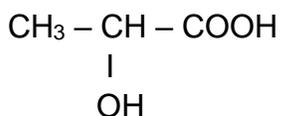
Ácido 3- metil  
butanoico



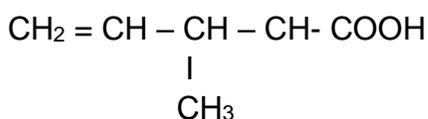
Ácido -4-bromo  
butanoico



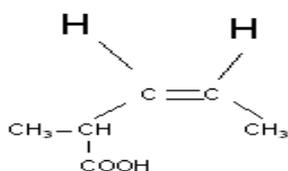
3-bromo-butanoico



2hidroxipropanoico  
(ácido láctico)



3-metil-4-  
pentenoico



Ácido cis-2-metil-  
3-pentenoico

 **A continuación:**



El estudiante explica la combustión a partir de un experimento en el que quema alcohol, gasolina y acetona en una corcholata. Establece la importancia de la combustión y generaliza que todas las sustancias orgánicas pueden llevar a cabo la reacción de combustión con la energía de activación necesaria. **A13**

## Lectura

Oxidación y combustión. (N3)

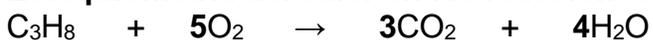
La combinación de una sustancia con oxígeno se llama **oxidación**, cuando el **proceso es lento** y el calor desarrollado durante el mismo se disipa sin aumento material de temperatura, cual sucede cuando se corroe el hierro o se pudre la madera. Cuando la **oxidación es rápida**, acompañada por desprendimiento de calor y luz (como al arder madera o carbón), el proceso se **llama combustión**.

La combustión completa del propano de acuerdo a la siguiente ecuación:



Ecuación química no balanceada.

### Estequiometría del calor en las reacciones:



- Determinar el calor generado en la reacción de combustión del propano a 25°C y una atmosfera de presión.

Se buscan en tablas de datos los calores de formación de cada uno de los compuestos involucrados en la reacción:

$$\Delta H_f^\circ \text{ de } \text{C}_3\text{H}_8 = -103.8 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ del } \text{CO}_2 = -393.5 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ del } \text{H}_2\text{O} = -241.8 \text{ KJ/mol}$$

El calor de formación del oxígeno es cero por ser un elemento en su estado natural (gas)

$$\Delta H_r = (\Delta H_f^\circ \text{ productos}) - (\Delta H_f^\circ \text{ reactante})$$

$$\Delta H_r = 3\text{mol}(-393.5\text{KJ/mol}) + 4\text{mol}(-241.8\text{KJ/mol}) - 1\text{mol}(-103.8\text{KJ/mol})$$

$$\Delta H_r = (-1180.5\text{KJ/mol} - 967.2\text{KJ/mol} - (-103.8\text{KJ/mol}))$$

$$\Delta H_r = -2043.9 \text{ KJ/mol de propano}$$

El signo menos (-) significa que el calor es liberado en la llama del soplete.

👁 **Actividad de observación; en equipo los estudiantes** queman 1 mL de alcohol, gasolina magna y acetona en distintas corcholatas y mide el tiempo de reacción. Elaborar observaciones y conclusiones.

### La dirección de una reacción química

En general, la dirección de una reacción química se determina por la magnitud y la dirección de los cambios en la energía calorífica y en la entropía. Por ejemplo, una reacción se llevará a cabo hacia adelante, hacia la formación de productos, si el resultado de esa dirección es una liberación de calor y en un aumento de entropía.

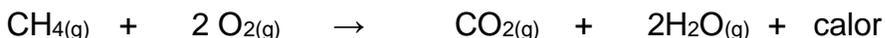
Como ejemplo analiza la combustión del metano **CH<sub>4</sub>**.

**Calor de combustión:** para el metano es 213 kcal/ mol de CH<sub>4</sub>. Es decir 21300 calorías por cada 16 gramos.



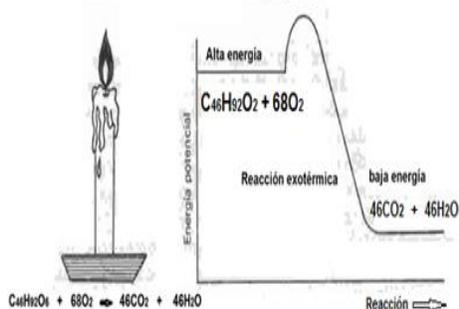
La reacción de combustión del metano se presenta como un reto para los químicos inorgánicos, pues el metano, junto con otros miles de compuestos derivados del carbono y el hidrógeno, es cinéticamente estable a la oxidación, sin embargo, desde el punto de vista de la termodinámica, dicha reacción no es demasiado favorable.

Por ejemplo la reacción del oxígeno con el metano, CH<sub>4</sub> es exotérmica a **25°C** :

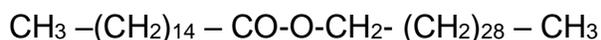


Como ejemplo, el principal componente de la **cera de abejas** es la miricina, el éster del ácido palmítico con el alcohol mirícico —o melísico—, que se denomina **palmitato de mirícilo** o **hexadecanoato de triacontanol** ►

La combustión de cera de abeja y el modelo cinético de la reacción:



**C<sub>46</sub>H<sub>92</sub>-OO**



De acuerdo con la gráfica de la cinética de la reacción es **exotérmica**, pero para que se lleve a cabo se requiere de energía de activación.

Las sustancias requieren una cierta energía de activación (**E<sub>a</sub>**) puesto que **tienen que vencer primero las fuerzas de repulsión, vibración, traslación, etcétera** que existen entre los átomos de las moléculas que van a reaccionar. Durante su combustión la energía de la cera de abeja es mayor que la energía de los productos CO<sub>2(g)</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>(v)</sub>.

### Actividad experimental No. 11

Combustión de un compuesto orgánico

**Propósitos:**

- a) Comprobar la combustibilidad de compuestos orgánicos
- b) Preparar un gel que se utiliza como combustible

## Desarrollo experimental

Material una balanza, dos vasos de precipitados muy pequeños, pipeta graduada de 5 mL, agitador de vidrio, espátula, dos cápsulas de porcelana, cronómetro, cerillos o encendedor. Lentes protectores y cubreboca.

**Sustancias.** Alcohol etílico, acetato de calcio y piseta con agua destilada.



**Hipótesis** \_\_\_\_\_

### Procedimiento

1. En vaso de precipitados, preparar una disolución de acetato de calcio, disolviendo 1 gramo en 3 mL de agua.
2. Agregar de 6 a 7 mL de alcohol a la solución que se preparo en paso 1, y agitar hasta que se forme el gel. A este se le conoce como alcohol sólido.
3. Con la espátula coloca un poco de gel en la cápsula y enciéndela. Observar y lava la cápsula.
4. Por separado coloca un poco de alcohol en una cápsula y un poco de acetato en otra, intenta encender cada sustancia, anota observaciones
5. Enciende el contenido del vaso que tiene el alcohol sólido y registra el tiempo que tarda en extinguirse la flama.
6. Coloca la misma cantidad de alcohol etílico que utilizaste en la preparación del gel paso 1 y enciéndela. Registra.
7. lavar el material que utilizaste.

### ☞ Cuestionario para incluir en el reporte.

1. ¿Qué es un combustible y qué es un comburente?
2. En el producto que preparaste en la práctica, ¿Cuál es la sustancia combustible?
3. ¿Cuál de las dos pruebas realizadas te lleva a la conclusión?
4. En base a las observaciones que realizaste durante el experimento, ¿qué resulta más eficaz para que el fuego dure encendido más tiempo?
5. ¿Cuál es el producto que se obtiene de la combustión para del etanol?
6. ¿Qué se observa en el residuo del gel después de que se extingue la llama?

Si un **alcohol** es agregado a una solución saturada del acetato del calcio, se forma un gel semisólido inflamable que es como un "calor enlatado" como el Sterno.

➤ [https://es.wikipedia.org/wiki/Acetato\\_de\\_calcio](https://es.wikipedia.org/wiki/Acetato_de_calcio)

### Referencia:

Ibarguengoitia-Cervantes-Ibáñez-García. (2005) Química en microescala 1.  
Universidad Iberoamericana, A.C. México.

### Cuestionario No. 16

1. Determina el calor generado en la reacción de combustión del acetileno ( $C_2H_2$ ) a  $25^\circ C$  y 1 atm.

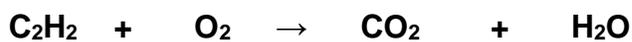
Datos ►

$H_f^\circ$  de  $C_2H_2 = + 226.7$  KJ/mol

$H_f^\circ$  del  $CO_2 = - 393.5$  KJ/mol

$H_f^\circ$  del  $H_2O = - 241.8$  KJ/mol

Balancear la ecuación:



**Respuesta  $\Delta H_r = - 1225.5 \text{ KJ / mol}$**  de acetileno o eteno

El signo menos significa que el calor es liberado en la llama del soplete.

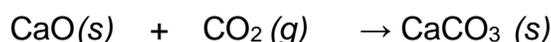
2. Calcular la cantidad de Kilocalorías de energía calorífica que se producen al quemar 25 gramos de gas metano de acuerdo con la siguiente ecuación:



La reacción indica que un mol de metano (16 g) libera 213 Kcal

**Respuesta: 25 gramos al quemarse produce 333 Kcal**

3. La cal viva, óxido de calcio, reacciona con el dióxido de carbono, para dar carbonato de calcio (calcita), según la reacción:



- a) Calcula la variación de entalpía estándar para dicha reacción.  
b) Es una reacción endotérmica o exotérmica?

Datos:

$$\Delta H_f^0(\text{CaO}) = 635 \text{ kJ/mol}; \Delta H_f^0(\text{CO}_2) = 393 \text{ kJ/mol}; \Delta H_f^0(\text{CaCO}_3) = 1207 \text{ kJ/mol}$$

Para esta reacción quedará:  $\Delta H_r^0 = \Delta H_f^0(\text{CaCO}_3) - \Delta H_f^0(\text{CaO}) - \Delta H_f^0(\text{CO}_2)$

a) **Respuesta:**  $\Delta H_r^0 = 1207 - 635 - 393 = 179 \text{ kJ}$

**A13. (C)** El estudiante 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 **IUPAC** para nombrar aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos de hasta cinco carbonos. **(N3)**



Mediante simulaciones compara la reactividad de alcoholes, cetonas y ácidos carboxílicos para concluir que el grupo funcional y el medio de reacción determinan la forma de reaccionar de estas sustancias.

Elaborar un informe con sus conclusiones. **A14**

## Lectura

### Compuestos orgánicos oxigenados

Los compuestos orgánicos oxigenados poseen en su grupo funcional uno o varios átomos de oxígeno. Se encuentran abundantemente en los organismos vivos y tienen gran importancia industrial. Entre estos compuestos tenemos alcoholes, fenoles, éteres, aldehídos, cetonas, ácidos y ésteres.

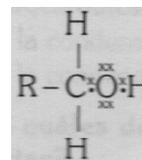
### Reactividad de los alcoholes

Los alcoholes y fenoles se caracterizan por la presencia, en sus moléculas, del grupo hidroxilo, **-OH**, donde el oxígeno se une al carbono por un enlace sencillo.

Deben su comportamiento químico a las características del grupo hidroxilo presente en sus moléculas. Su reactividad será la que presenten los alcoholes en general.

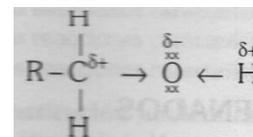
En los alcoholes, tanto el carbono como el oxígeno enlazados, **C-O**, presentan hibridación **sp<sup>3</sup>** y se unen por enlace sigma formado por la interacción de dos orbitales **sp<sup>3</sup>**, uno procedente del carbono y el otro del oxígeno. El enlace **O-H**, también es de tipo sigma en cuya formación se emplea un orbital **sp<sup>3</sup>** del **O** y el orbital **1s** del hidrógeno.

La estructura electrónica de un alcohol puede ser representada ►



Debido a la fuerte electronegatividad del oxígeno ►

El carbono presenta densidad de carga positiva y el oxígeno negativa, con un marcado carácter polar. Igual ocurre en el grupo hidroxilo.

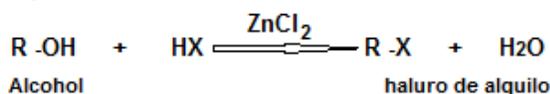


La energía del enlace **C-O** es de 85 Kcal/mol, menor que la correspondiente al enlace **O-H** que es de 105 Kcal/mol.

Dado los distintos tipos de alcoholes, existe un **orden de reactividad** para la deshidratación: un alcohol terciario reacciona más rápidamente que uno secundario y éste más rápido que primario fenómeno que resulta para distinguir los tres tipos de alcoholes a nivel experimental.

### Reacción con halogenuros de hidrógeno ►

Se requiere de **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** para acelerar la formación del halogenuro ►

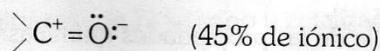
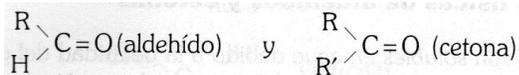


Esta reacción permite diferenciar un alcohol primario, secundario o terciario basándose en la reactividad, ya que cada uno tiene rapidez de reacción diferente: Los terciarios reaccionan de inmediato dando un precipitado blanco, los secundarios reaccionan en término de **5** minutos y el primario a temperatura ambiente no reacciona en forma apreciable.

## Reactividad de aldehídos y cetonas

Los aldehídos y cetonas presentan el grupo carbonilo, con enlace doble entre el carbono y el oxígeno que es el responsable de sus propiedades.

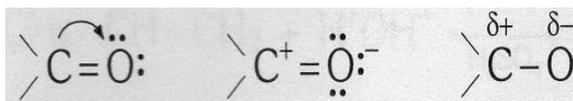
El doble enlace del grupo carbonilo es muy polar, pues el oxígeno es muy electronegativo respecto al carbono ►



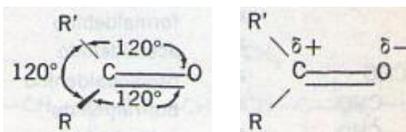
El carbono, en el doble enlace con el oxígeno o con otro carbono, utiliza la hibridación **sp<sup>2</sup>** formando tres orbitales con ángulos de 120°, entre sí, y situados en un plano. En el doble enlace, uno de los ángulos es **sigma** y el otro **pi**.

El grupo carbonilo es un híbrido de resonancia entre las siguientes formas ►

Y por esta razón es sensible a muy diversos reactivos ►



El grupo carbonilo tiene forma planar, debido a que el carbono y el oxígeno poseen hibridación **sp<sup>2</sup>**, y están unidos por doble enlace. Los electrones del doble enlace unen átomos de diferente electronegatividad, por lo que los electrones  $\pi$  se encuentran más cerca del oxígeno que es el más electronegativo, formándose un dipolo.

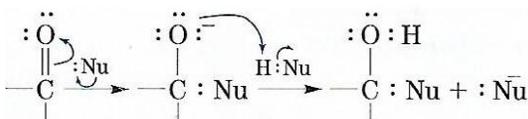


A causa de su polaridad, los grupos carbonilo atraen reactivos, tanto electrofílicos como nucleofílicos. Los reactivos electrofílicos son deficientes en electrones y por lo tanto, son atraídos al oxígeno carbonílico parcialmente negativo y a sus pares de electrones no enlazantes. En contraste, los reactivos nucleofílicos son ricos en electrones y buscan centros positivos; son atraídos hacia el carbono parcialmente positivo.

Un buen número de nucleofílicos reaccionan con aldehídos y cetonas, entre ellos el ion hidruro ( $\text{H}^-$ ), carbaniones ( $\text{R}_3\text{C}^-$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), alcoholes ( $\text{R-OH}$ ). Todas estas especies son bases de Lewis con electrones no enlazantes y son atraídos hacia el carbono del carbonilo.

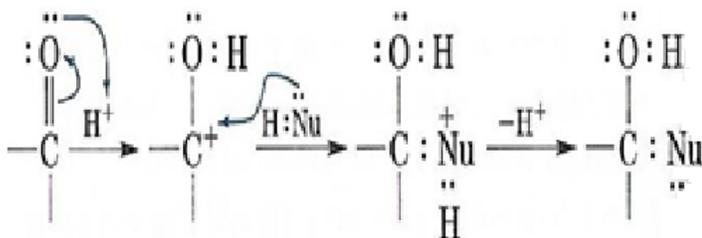
### Adición iniciada por una base

La extracción de un ion de  $\text{HNu}$  o de una neutralización con ácido por parte del oxígeno negativo completa el proceso de adición ►



## En la adición nucleofílica iniciada por ácido

Un hidrógeno se enlaza al oxígeno carbonílico parcialmente negativo; el resultado es un carbocatión. La forma de un carbocatión intensifica la atracción del nucleófilo hacia el carbono del carbonilo ►

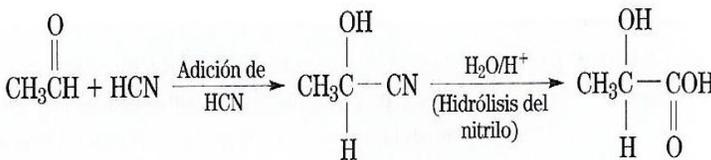


Adviértase que la reacción tiene catálisis ácida: un ion hidrógeno inicia el proceso y es devuelto en el paso inicial:

En estas reacciones el carbono del carbonilo se transforma de un átomo trigonal con hibridación  $sp^2$ , a un carbono tetraédrico con hibridación  $sp^3$ .

## Adición de cianuro de hidrógeno para obtener ácido láctico

Puesto que el grupo cianuro se hidroliza con facilidad para dar un ácido carboxílico, las cianidrinas son intermediarios útiles en síntesis orgánica. La reacción es de utilidad en la preparación de moléculas biológicas tales como hidroxiácidos y carbohidratos. Una variante de la reacción puede conducir a aminoácidos. Por ejemplo, el hidroxiácido ácido láctico se puede preparar a partir del etanal por adición de **HCN** seguida de una hidrólisis ►



Esta reacción se debe llevar a cabo con mucho cuidado en una campana de extracción de vapores.

**Los aldehídos son en general más reactivos que las cetonas** porque tienen un solo grupo alquilo y un hidrógeno mientras que las cetonas tienen dos grupos alquilo que pueden obstaculizar el acercamiento de la especie reactiva. Además, muchas reacciones de grupos carbonilo dependen del carácter positivo del carbono carbonílico. **Como grupos donadores de electrones, los sustituyentes alquílicos reducen la carga parcialmente positiva, esto también hace disminuir la reactividad de las cetonas** (Bailey, 1988: Capítulo 11, pp 346-349).

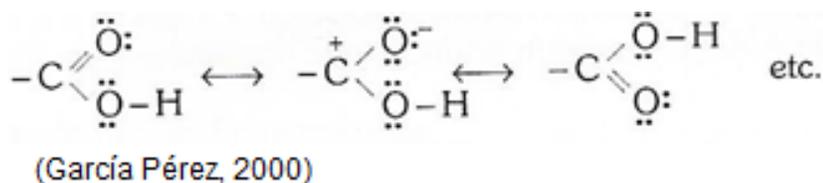
## Reactividad de los ácidos orgánicos

El grupo funcional de los ácidos es el carboxilo, formado por un grupo carbonilo y otro hidroxilo, que no actúan independientemente el uno del otro. La estructura del grupo carbonilo confiere propiedades especiales a los ácidos.

En su molécula se encuentra el grupo carboxilo. **-COOH**

El grupo carboxilo parece formado por la superposición de un grupo carbonilo y un grupo hidroxilo. -OH. Sin embargo, ambos grupos no actúan independientemente y el **grupo carboxilo** confiere a los ácidos propiedades especiales.

La estructura real del grupo **carboxilo** es un híbrido de resonancia entre varias formas resonantes ►



**El doble enlace del grupo carboxílico es muy polar**, el oxígeno es más electronegativo que el carbono (45% de iónico), es un híbrido de resonancia y por esta razón es sensible a muy diversos reactivos.

Las distancias del carbono a los oxígenos es idéntica. La unión entre cada oxígeno y el carbono se efectúa por un enlace  $\sigma$  y además existe un enlace  $\pi$  deslocalizado entre ambos enlaces. El enlace es muy polar y por esta razón el hidrógeno se pierde con facilidad, como  $H^+$ , confiriéndole a las moléculas propiedades ácidas (García Pérez, 2000).

#### Concepto clave:

► Grupos funcionales

**Los átomos o grupos de átomos que se unen a una cadena carbonatada modificando sus propiedades fisicoquímicas reciben el nombre genérico de grupos funcionales** (Pérez Izquierdo Alberto, 2019).

#### 📖 APOYO. Sugerencia para el estudiante.

Investigar, video de You Tube para la comparación de los grupos funcionales. A14 AcademiaVasquez.com (YouTube - 12 feb. 2013). Argumentar en clase.

A continuación, se presenta una tabla, en donde se muestra la prioridad que tienen los distintos grupos funcionales:

Grupo funcional	Nombre sustituyente	Fórmula general	Sufijo de función
Ácido carboxílico	Carboxi	R-COOH	-oico
Aldehído	Formil	R-CHO	-al
Cetona	Oxo	R-CO-R	-ona
Alcohol	Hidroxí	R-OH	-ol

## Cuestionario No. 17

**1. Escribir las ecuaciones que corresponden a las transformaciones químicas siguientes:**

- a) Un aldehído en un alcano.
- b) Una cetona en un alcohol secundario.
- c) Un aldehído en un ácido carboxílico.
- d) Un alcohol en un aldehído.

(García Pérez, 2000; tema 14, pp. 378. Alfaomega-Tébar)

Subraya la respuesta correcta en las siguientes cinco preguntas de opción múltiple:

**2. Cuales de las reacciones de los alcoholes son falsas:**

- a) Transformación de los alcoholes en haluros de alquilo.
- b) Deshidratación de alcoholes: Formación de éteres y alquenos.
- c) Oxidación de alcoholes.
- d) Formación de ésteres.

**3. ¿Cual o cuales de las siguientes afirmaciones a la obtención de los ácidos son verdaderas?**

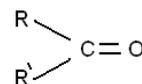
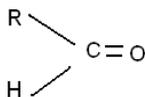
- a) Por oxidación de aldehídos.
- b) Por hidrólisis de nitrilos.
- c) Por hidrólisis de ésteres.
- d) Por reducción de cloruros de acilo.

**4. ¿Quién tiene más carácter ácido, los alcoholes o los fenoles?**

- a) Los alcoholes tienen un carácter ácido muy superior a los fenoles.
- b) Ambos presentan el mismo carácter ácido.
- c) El carácter ácido de los fenoles es muy superior al de los ácidos.
- d) Depende del alcohol y del fenol de que se trate.

**5. La reacción que más distingue un aldehído de una cetona es:**

- a) Reacciones de adición.
- b) Reacciones de sustitución.
- c) Reacciones de oxidación.
- d) Reacciones de reducción.



**A14. (C)** El estudiante 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)**.

## Estrategia 9

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

#### Síntesis de ésteres y amidas

El profesor promueve que los estudiantes realicen las siguientes actividades.



El estudiante realizará una investigación sobre las aminas y amidas para conocer sus propiedades, características y algunas reacciones de obtención, poniendo especial énfasis en las reacciones de condensación.

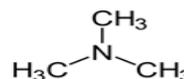
**A15**

#### Lectura

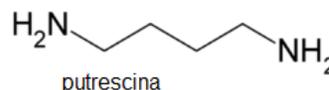
##### Las aminas

Estas sustancias destacan porque se identifican como el olor del pescado o de la carne animal putrefacta, son compuestos orgánicos que contienen nitrógeno y su fórmula general es  $N-R_3$ . En el caso de estos compuestos, **R** puede ser un grupo de hidrocarburos o sólo un átomo de hidrógeno.

Muchas aminas simples tienen olores muy desagradables, por ejemplo la trimetilamina es la causante del olor del pescado podrido ►



la putrescina es uno de los componentes de la carne animal en putrefacción ►

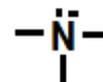


Las aminas son bases débiles pues forman pocos iones hidroxilos cuando las ponemos en contacto con el agua. En ausencia de agua las aminas actúan más bien como disolventes polares con la posibilidad de formar puentes de hidrógeno (**polaridad seca**).

#### 🔍 Identificación en el laboratorio

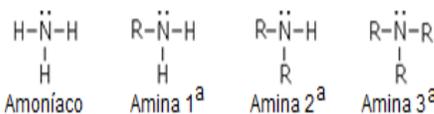
Para diferenciar las aminas entre sí en el laboratorio se hacen reaccionar con una solución de nitrito de sodio y ácido clorhídrico, esto da origen a **ácido nitroso** inestable. Cada tipo de amina tendrá un comportamiento diferente frente al ácido nitroso, dependiendo además de la temperatura a la cual se lleve a cabo la reacción.

En las aminas alifáticas existe un par de electrones sin compartir localizado en el nitrógeno, ya que el nitrógeno utiliza tres orbitales híbridos  $sp^3$  para unirse a los hidrógenos o a los radicales, existiendo un cuarto orbital híbrido ocupado por un par de electrones ►

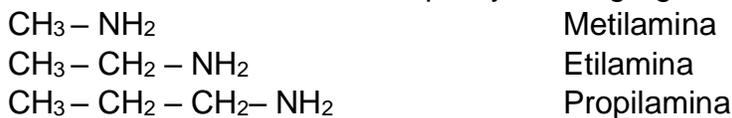


**Las aminas** tienen carácter **básico**, la estructura de las aminas primarias y secundarias les permite formar **puentes de hidrógeno**, lo cual se traduce en puntos de ebullición altos en comparación **con las aminas terciarias, que con dificultad forman puentes de hidrógeno**.

## Nomenclatura de las aminas



Para nombrar las **aminas primarias**, se indica el nombre del radical alquilo y se le agrega el sufijo amina.



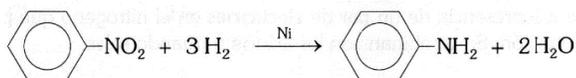
En caso de las aminas secundarias y terciarias, se antepone al nombre del radical el prefijo **di** o **tri** respectivamente; cuando se trate del mismo radical se termina con el sufijo **amina**; y cuando los radicales sean diferentes, se nombran en orden alfabético con el sufijo **amina**.

Aminas secundarias **-NH-**

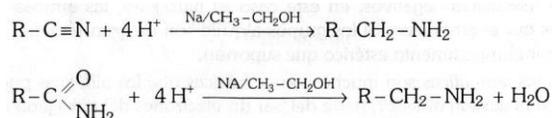


## Síntesis de aminas

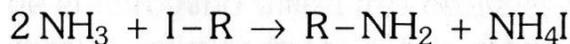
- a) Por reducción de nitrocompuestos con hidrógeno ►



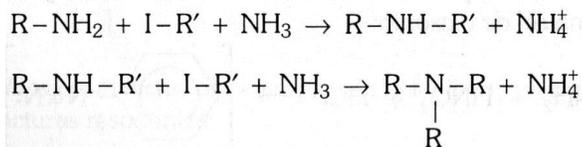
- b) Por reducción de nitrilos o amidas con sodio y etanol ►



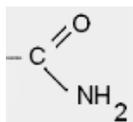
- c) Método de Hofmann ►



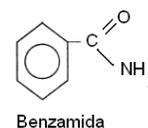
A partir de las aminas primarias pueden obtenerse las secundarias y a partir de estas las terciarias ►



## Nomenclatura de las amidas



El grupo funcional amida es de mayor importancia en la química de la vida, **las proteínas son poliamidas**, también se encuentran presentes en la seda o en la lana de forma natural. **La amida** benzamida es compuesto aromático



Benzamida



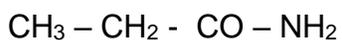
Metanamida (IUPAC)

Formamida (común)



Etanamida (IUPAC)

Acetamida (común) **primaria**.



Propanamida (IUPAC)

Propionamida (común)

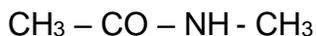
Las amidas primarias pueden ser **monoamidas**, **diamidas** o **triamidas** ►



Urea (**diamida** carbónica).  
Carbamida.



Propandiamida.

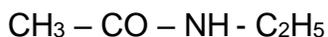


*N*-metilacetamida. (**secundaria**)

*N*-metiletanamida.



*N, N*-dimetilmetanamida. (**terciaria**)



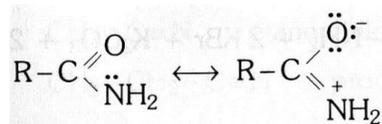
*N*-etiletanamida. ( \_\_\_\_\_ )

**A15 ( C ).** El estudiante identifica compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, al estudiar sus compuestos: aminas y amidas. Aplica la nomenclatura **IUPAC. (N2)**

## Reacciones de condensación. (N2)

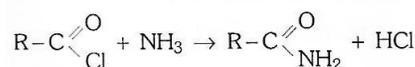
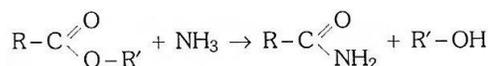
Las reacciones de condensación, son aquellas en las que se combinan dos o más moléculas complejas con eliminación de una molécula sencilla como H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, HCl, etcétera.

Las amidas son híbridos de resonancia entre las estructuras ►

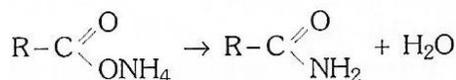


### Síntesis de amidas

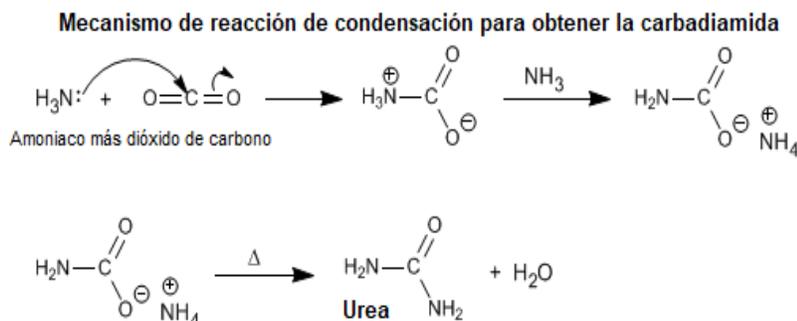
- ✓ Por acción del amoníaco sobre ésteres o sobre cloruros de ácido ►



- ✓ Deshidratación de sales amónicas por calefacción ►



En la industria las materias primas para obtener la **urea** son el amoníaco y el dióxido de carbono ►



### COMENTARIO

❖ La síntesis de aminoácidos: química combinada

Hell-Volhard-Zelinaky realizan la bromación del ácido propanoico para convertirlo a ácido 2-bromopropanoico seguida de aminación se produce alanina racémica 56%. Con la síntesis de Gabriel se logra obtener glicina 85%.

La síntesis de Strecker consiste en hacer reaccionar acetaldehído con amoníaco se obtiene la alanina 55% [Vollhardt-Schore. (2005) Química orgánica. Capitulo 26. Omega].

### Tarea para el estudiante.

Química y salud: la amida natural más sencilla es la **urea**. Investiga su funcionamiento en el metabolismo y en que momento se genera la **uremia**.

**Referencia**; Timberlake. (2011) Química. Capitulo 13; pagina 471. PEARSON.

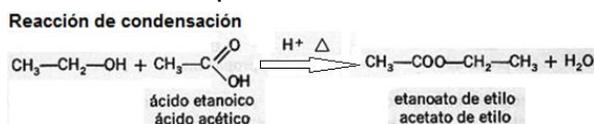
➤ <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/uremia>



El estudiante concluye que el grupo funcional amina y amida son importantes en la formación de biomoléculas (proteínas). **A16**

## Esterificación

En presencia de un catalizador ácido, tanto alcoholes como fenoles reaccionarán con un ácido carboxílico para formar un éster. Se rompe el enlace **O-H** del alcohol; el grupo hidroxilo utilizado para formar el subproducto agua proviene del ácido carboxílico, **no** del alcohol (Burton-Routh, 1977) ►

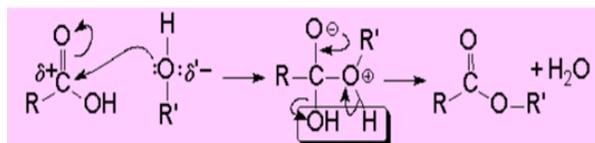


Son reacciones mucho más lentas que las de neutralización ácido-base. Además durante el proceso es el **OH** del ácido el que se une al **H** del alcohol; y esto es opuesto a lo que se podría esperar (Sienko-Plane, 1986).  
<https://quimica.laguia2000.com/reacciones-quimicas/esterificacion>.

Los ácidos reaccionan con los alcoholes dando éster más agua. Esta se forma a partir del -OH del ácido y del hidrógeno del alcohol. Se ha demostrado utilizando <sup>18</sup>O radiactivo en el ácido y comprobando que después de la reacción se encuentra en el agua.



El átomo central del ácido carboxílico tiene dos oxígenos por lo que queda con deficiencia electrónica, por eso, puede ser atacado por los pares no compartidos del oxígeno del alcohol ►



El mecanismo de esta reacción es tal que el **-OH** del agua resultante proviene del ácido, mientras que el alcohol aporta el **-H**.

[Petrucci.(1986) Química general. Capítulo 20. Pp. 484-486. Addison-Wesley-Iberoamericana].

Todas las grasas y aceites naturales (exceptuando los aceites minerales) y la mayoría de las ceras son mezclas de ésteres. Por ejemplo, los ésteres son los componentes principales de la grasa de res (sebo), de la grasa de cerdo (manteca), de los aceites de pescado (incluyendo el aceite de hígado de bacalao) y del aceite de linaza.

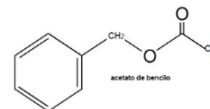
### Aprenderemos más de ésteres y éteres: síntesis del acetato de bencilo y del éter dietílico

Los ésteres tiene aromas agradables y son responsables de muchos sabores y olores naturales. Contienen el grupo funcional **-COO-** y su fórmula general es **R-COO-R'**

Los ésteres se designan de acuerdo con los dos grupos de hidrocarburos ( R y R' ) y llevan la terminación **-ato**. Un éster común es el butirato de etilo:



Otros ésteres comunes son el butirato de metilo, que se encuentra en las manzanas, el formiato de etilo, un sabor a ron artificial. En diversos perfumes se utilizan ésteres para producir un olor agradable. Por ejemplo, el aceite de jazmín contiene acetato de bencilo, una molécula que se encuentra en dicha flor ►



Es más fácil y económico sintetizar el acetato de bencilo que extraerlo del jazmín. En casi todos los perfumes se recurre a esta sustancia sintética y el compuesto es idéntico al producto “natural”.

### 👉 **Obtención industrial del acetato de bencilo**

Usando el alcohol bencílico y ácido acético como materias primas, esterificación directa bajo la catálisis de ácido sulfúrico produce **acetato de bencilo**, que es neutralizado, lavado y fraccionado en productos acabados.



En la catálisis del ácido sulfúrico, alcohol bencílico y ácido acético glacial se mezclan y se calienta para esterificar. Después de la reacción, la mezcla se neutraliza con un álcali y luego se lava con agua hasta neutral.

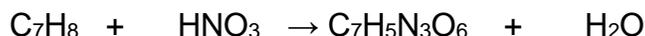
Después del secado con cloruro de calcio anhidro, el producto se destila a presión reducida.

Una pequeña cantidad de **ácido bórico** se agrega antes de la destilación permite exceso benzyl alcohol para reaccionar con él para formar alta ebullición borato de bencilo y permanezca en el alambique. **Referencia:**

<http://www.haofeichemical.com/info/synthesis-of-benzyl-acetate-24439237.html>

### **Questionario No. 18**

1. Dibuja el modelo de dos moléculas de ácido etanoico (dímero) formando enlaces o puentes de hidrógeno y explica porque este ácido tiene elevado punto de ebullición (118°C).
- <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n8/m9.html>
2. La esterificación se ha considerado como el análogo de la neutralización ácido-base. ¿En qué dos aspectos importantes es diferente? [Sienko-Plane (1986) Química principios y aplicaciones. Capítulo 20, ejercicio 20.34 Mc Graw Hill].
3. Elabora una tabla con nombre, estructura y fuente o sabor de diez esterés.
- 👉 Dickson T.R. (1992) Química ecológica, tabla 12.5. pp 282. Limusa.
4. Podemos preparar el trinitrotolueno (TNT) mediante la reacción de tolueno con ácido nítrico ►



- Balancea la ecuación.
- ¿Cuántos gramos de tolueno y ácido nítrico se necesitan para fabricar 1000 gramos de TNT? Suponer reactantes 100 % de grado de pureza. Usa la tabla periódica.

### Actividad experimental No. 12

#### Esterificación

¿Es la esterificación de un alcohol con un ácido el método más adecuado para obtener una esencia artificial?

¿Se podrán elaborar ésteres de ácidos y alcoholes superiores?

Con las respuestas a las preguntas anteriores **elabora una hipótesis:** \_\_\_\_\_

#### Introducción

Los ésteres son compuestos orgánicos que se encuentran presentes en gran variedad de productos vegetales y animales. Los ésteres orgánicos simples forman parte de aceites esenciales y son responsables del olor característico de flores, frutas y vegetales. El acetato de etilo huele como las manzanas.

Es un disolvente para barnices y lacas automotrices de secado rápido.

Materiales	Reactivos
1. Una gradilla con tubos de ensayo	Ácido acético
2. vasos de precipitados de 100 mL	Alcohol metílico
3. 2 pipetas	Alcohol isoamílico
4. Un mechero	Alcohol bencílico
5. Pinzas para tubo	Hielo

#### Hipótesis

#### Desarrollo del experimento

- Añade con una pipeta de 1mL de ácido acético y **1** mL de alcohol etílico en un tubo de ensayo.
- Deja deslizar por la pared del tubo de ensayo una gota de ácido sulfúrico concentrado, ya sea con una pipeta o con un gotero.
- Mezcla agitando suavemente el tubo con suma precaución.
- Introducir el tubo dentro de un vaso de precipitados que contenga agua y calienta el tubo a baño maría hasta que el agua del vaso hierva de 2 a 3 minutos.
- Saca el tubo, espera 30 segundos y vierte su contenido a un vaso de precipitados que contenga unos 20 mL de agua helada.
- Huele el contenido.
- Repite la misma operación utilizando ácido acético con alcohol isoamílico y ácido acético con alcohol bencílico percibiendo en ambos casos el aroma logrado.

Aroma	Nombre del éster	Fórmula semidesarrollada

#### Conclusiones

**Referencia:** Zárraga et-al. (2003) **QUÍMICA**. Capítulo 11. Mc Graw Hill. México.

### 📖 Cuestionario para incluir en el reporte

1. El aroma del producto ¿es igual al que se percibe en las frutas u otras plantas? Este aroma, ¿es perdurable?
2. ¿Porqué para percibir los aromas es necesario verterlos en agua helada?
3. ¿Se cumplieron las hipótesis propuestas?
4. Escribe con fórmulas químicas la siguiente ecuación que a continuación se menciona de una reacción de condensación:

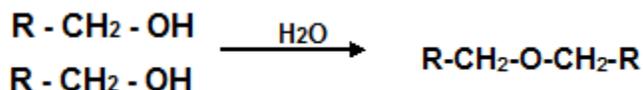


📖 Ver aplicaciones y restricciones en,

➤ <http://cosblog.com/test/2012/12/10/salicilato-de-metilo/>

### Obtención de éteres

Los éteres derivan de los alcoholes por eliminación de una molécula de agua de acuerdo a la siguiente ecuación química:

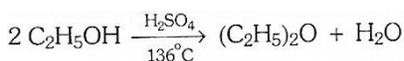


Se pueden considerar también como resultado de sustituir el hidrógeno funcional de un alcohol por un radical R' es decir, - CH<sub>3</sub>:  $\text{R} - \text{OH} \longrightarrow \text{R} - \text{O} - \text{R}'$

### Actividad experimental No.13

#### Preparación del éter dietílico

Es una reacción en fase líquida y el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado actúa como deshidratante. La temperatura juega un papel muy importante, la mezcla se debe calentar a **136°C** ▶

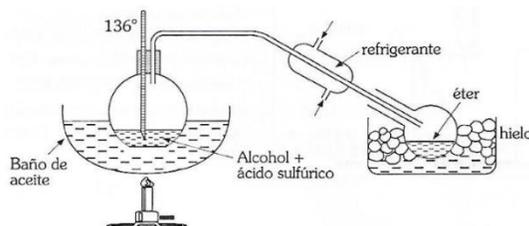


El éter se condensa a 34°C

El éter dietílico es un líquido incoloro. Muy fluido y muy volátil.

#### Hipótesis

Su rápida evaporación produce un descenso de temperatura, es un excelente disolvente de grasa, yodo, etcétera, fácilmente inflamable y ligeramente soluble en agua (Consultar: <https://www.lifeder.com/eter-etilico/>) Los estudiantes **realizaran pruebas de laboratorio.**



“No olvidar que aumentar o disminuir la temperatura puede favorecer la formación o rotura de enlaces químicos, y por lo tanto, modificar la estructura de las moléculas o materiales. Por ello, la temperatura desempeña un papel relevante en los métodos de producción y procesamiento de materiales” (Pérez Izquierdo Alberto, 2019).

### Tarea para el estudiante.

El **triclosán** es un éter aromático, investiga su estructura y sus aplicaciones así como los efectos que se le han descubierto actualmente.  $C_{12}H_7Cl_3O_2$

➤ <https://www.infosalus.com/estetica/noticia-dudas-frecuentes-triclosan-existe-algun-peligro-20190312081435.html>

¿Por cuáles fuerzas intermoleculares se rigen las moléculas del **éter etílico** en la fase líquida? A pesar de esto, soluble en agua. ¿Por qué?

➤ Ver: <https://www.lifeder.com/eter-etilico/> por Gabriel Bolívar

### Cuestionario No. 19

#### 1. En relación a las amidas cuál de estas afirmaciones es o son falsas:

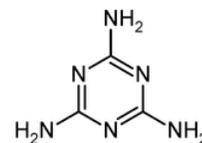
- Son débilmente ácidas.
- Son débilmente básicas.
- Se reducen a aminas empleando como agente reductor el hidruro de litio y aluminio.
- Se obtienen por reacción de un yoduro de alquilo con cianuro potásico.

#### 2. Las aminas primarias, secundarias y terciarias se diferencian por reacción con

- ácido sulfúrico.
- ácido nitroso.
- ácido nítrico.
- ácido fosfórico.

3. La melamina plástica, usada para fabricar platos Melmac, tiene la fórmula empírica  $CH_2N_2$ . Su masa molar es 126.0  
¿Cuál es su fórmula molecular? Respuesta: \_\_\_\_\_.

2, 4, 6 triamino-1, 3, 5-triazina



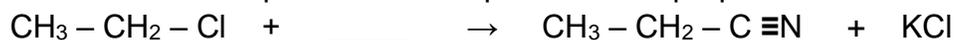
4. Comprueba que el éter metil terbutílico tiene 18.2 % en peso de oxígeno.

#### 5. Se sugiere resolver el siguiente problema:

En 4.50 g de un ácido orgánico, se encontró que existen 2.25 g de carbono (C), 2.00 g de oxígeno (O) y 0.25 g de hidrógeno (H) ¿Cuál es su fórmula empírica? Respuesta  $C_3H_4O_2$ . Escribe o dibuja su fórmula semidesarrollada, ¿Cuál es su nombre de acuerdo con la **IUPAC**?, se usa en pinturas acrílicas. \_\_\_\_\_.

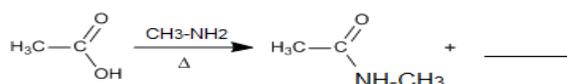
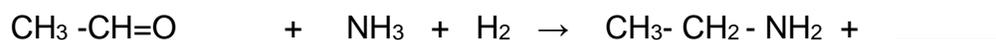
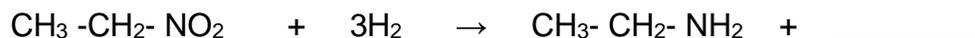
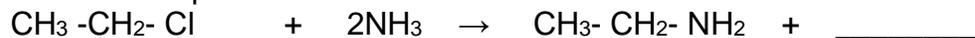
1. a)    2. b)

6. ¿Cuál es el reactante que se necesita para obtener propanonitrilo?



Esta reacción es del tipo de ¿Condensación o de hidrólisis?

7. Escribe el nombre y fórmula de los subproductos en las siguientes cinco ecuaciones químicas:



**A16. (C, H)** El estudiante comprende que las reacciones de condensación permiten obtener ésteres, amidas y aminas con la liberación de moléculas de agua, al predecir y representar reacciones de importancia industrial. Aplicará la nomenclatura de la IUPAC. **(N3)**

### Estrategia 10

**¿Existen regularidades en la relación estructura y propiedades de los alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos que permiten hacer predicciones?**

El profesor promueve que los estudiantes realicen las siguientes actividades.



El estudiante realizará una investigación bibliográfica para establecer qué son los grupos funcionales y cuál es su estructura. A partir de esto aplicará el concepto en el conocimiento de la síntesis de compuestos orgánicos.

### Lectura

Propiedades de compuestos orgánicos con base a su grupo funcional.

Muchos disolventes se hacen por la adición de átomos que contienen oxígeno o nitrógeno a una molécula de hidrocarburo. Tales grupos se llaman grupos funcionales y producen modificaciones en la polaridad de la molécula.

### Importancia de los grupos funcionales en los compuestos del carbono

El carbono se combina con otros átomos (C, H, N, O, S y halógenos) para formar unidades estructurales llamadas grupos funcionales, estos grupos son importantes por tres motivos:

1. Son las unidades por las cuales se dividen los compuestos orgánicos en clases.
2. Son los sitios donde se llevan a cabo las reacciones químicas; un grupo funcional específico, sin importar el compuesto del cual forma parte, **experimentará el mismo tipo de reacciones químicas.**
3. Estos grupos sirven de base para nombrar los compuestos orgánicos.

“Las funciones orgánicas determinadas como el conjunto de sustancias que tienen propiedades similares se caracterizan porque tienen un centro de reactividad especial”. En un compuesto se tiene el resto de la molécula (cadena) relativamente poco reactiva y se acostumbra a simbolizar por **R** ►

Si consideramos como ejemplo la fórmula empírica **C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O**, sus compuestos están constituidos por los mismos átomos en el mismo número, pero son diferentes por tener unas funciones químicas distintas.

**Grupos funcionales orgánicos más importantes**

Nombre de la función	Grupo funcional	Nombre del grupo	Fórmula representativa	Ejemplo
HIDROCARBURO	$\begin{array}{c}   \\ -C-C- \\   \end{array}$	alcanos	R-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -R'	etano: CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>
		alquenos	R-CH=CH-R'	eteno: CH <sub>2</sub> =CH <sub>2</sub>
		alquinos	R-C≡C-R'	etino: CH≡CH
RADICAL		alquil o alquilo	-R	metilo: -CH <sub>3</sub> etilo: -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
ALCOHOL	-OH	hidroxilo	R-CH <sub>2</sub> OH	etanol: CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> OH
ALDEHÍDO	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\   \\ H \end{array}$	carboxilo	R-CHO	etanal: CH <sub>3</sub> -CHO
CETONA	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\   \\ R \end{array}$	carbonilo	R-CO-R'	propanona: CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>3</sub>
ÁCIDO	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\   \\ OH \end{array}$	carboxilo	R-COOH	a. etanoico: CH <sub>3</sub> -COOH
ÉTER	-O-	oxi	R-O-R'	metoxietano, etil-metil-éter: CH <sub>3</sub> -O-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
AMINA	-NH <sub>2</sub>	amino	R-NH <sub>2</sub>	metilamina: CH <sub>3</sub> -NH <sub>2</sub>
AMIDA	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\   \\ NH_2 \end{array}$	amido	R-CONH <sub>2</sub>	etanoamida: CH <sub>3</sub> -CONH <sub>2</sub>
NITRIL	-C≡N	ciano	R-CN	etanonitrilo: CH <sub>3</sub> -CN
HALOGENURO DE ALQUILO	$\begin{array}{c} -X \\ X = \text{halógeno} \end{array}$	halo (flúor, cloro)	R-X	clorometano: CICH <sub>3</sub>

Los compuestos con la misma función química tienen un cierto número de propiedades comunes, en los que el conjunto de ellos caracteriza la función. En las fórmulas semidesarrolladas el conjunto de estas propiedades se traduce en un grupo de átomos que presentan una disposición particular, siempre la misma. [García Pérez. (2000) **Química**. Tebar-Alfaomega].

### Estructura de los grupos funcionales

Los compuestos de cada grupo se caracterizan porque en los hidrocarburos un hidrógeno se sustituye por otros átomos o radicales, produciendo una extensa serie de productos orgánicos.

Todas las sustancias de una serie homóloga presentarán las propiedades características de la función a que pertenecen, pero no todos los compuestos tendrán las mismas propiedades físicas y químicas, ya que el cambio gradual en su estructura llevará consigo una modificación en aquellas propiedades ►

**Series homólogas**

Hidrocarburos saturados	Ácidos	Alcoholes
CH <sub>4</sub>	HCOOH	CH <sub>3</sub> OH
CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> -COOH	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> OH
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> OH
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -COOH	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> OH

Los términos consecutivos de una serie difieren entre sí en un grupo metileno, a medida que aumenta el número de grupos metilenos (**-CH<sub>2</sub>-**) en una serie, por ejemplo la serie alcohol, cada vez es menor la influencia del grupo funcional **-OH** ya que la cadena va adquiriendo más carácter de hidrocarburo.

### Conceptos clave:

➤ Grupo funcional

Es un conjunto de átomos presente en la cadena de carbono de un compuesto y que por sus características de reactividad define el comportamiento químico de la molécula. Cada grupo funcional definirá, un tipo distinto de compuesto orgánico.

➤ Serie homóloga

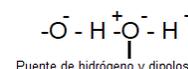
Está constituida por un grupo de compuestos con el mismo grupo funcional y tales que cada término se diferencia del anterior y del posterior en que posee un grupo **-CH<sub>2</sub>-** más y menos, respectivamente.

El conjunto de compuestos orgánicos que contienen el mismo grupo funcional constituye una *familia de compuestos*.

### Propiedades de los alcoholes, R-OH

El grupo hidroxilo causa un incremento de la polaridad húmeda; cuando la cadena es muy larga disminuye la polaridad húmeda y su miscibilidad con el agua. El etanol es completamente miscible con el agua, mientras que con el amílico se mezcla sólo con una cantidad limitada de agua y viceversa.

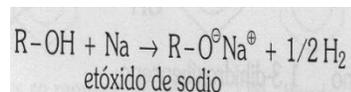
Los alcoholes monohidroxílicos primarios y secundarios de hasta nueve carbonos son líquidos, a temperatura ambiente, los siguientes son sólidos.



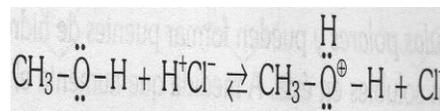
Presentan, por tanto puntos de fusión y de ebullición elevados, en comparación con los hidrocarburos del mismo número de carbonos.

Los alcoholes y fenoles deben su comportamiento químico a las características del grupo hidroxilo presente en sus moléculas. Los tipos de reacciones más importantes son:

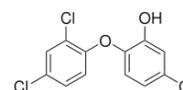
Los alcoholes, debido a la polaridad del **-OH**, presentan un carácter débilmente ácido y así pueden reaccionar en frío con metales muy activos (sodio, potasio,...) liberando hidrógeno ►



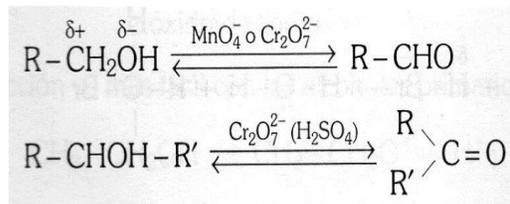
Debido a la existencia de pares de electrones sin compartir, en el oxígeno del grupo hidroxilo, los alcoholes pueden comportarse como bases frente a los ácidos fuertes (HCl....) Así ►



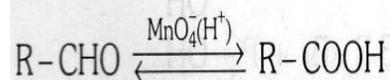
¿Qué grupos funcionales tiene la siguiente estructura? ►  
 ¿Qué grupos funcionales tiene la vainillina?



Los alcoholes primarios y secundarios se oxidan, con permanganato potásico en medio básico o dicromato potásico en medio ácido, hasta aldehídos o cetonas respectivamente. La oxidación de las cetonas es muy difícil, siendo necesario utilizar oxidantes muy fuertes y e condiciones energéticas ►



La primera reacción debe ser controlada para evitar la formación de ácido. Por el contrario, la oxidación continua y el aldehído se transforma en el ácido correspondiente ►



Los alcoholes terciarios solo se oxidan en condiciones drásticas y con ruptura de la cadena.

El carácter ácido de los fenoles es muy superior al de los alcoholes, pues el ion fenóxido  $\text{Ar}-\text{O}^-$  se encuentra estabilizado por la existencia de varias estructuras resonantes y la constante de disociación de los fenoles es aproximadamente  $10^{-10}$ .

### Propiedades de aldehídos y cetonas, $\text{R}-\text{C}=\text{O}$

Los primeros términos son solubles en agua debido a la polaridad del grupo carbonilo, que facilita la formación de enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua. A partir de cadenas de cuatro carbonos, ya son prácticamente insolubles en agua. Todos son solubles en disolventes orgánicos, como el éter, benceno, etcétera. La solubilidad en agua de las **cetonas** depende de la longitud de la cadena, hasta 5 átomos de carbono tienen una solubilidad significativa como sucede en los alcoholes, ácidos carboxílicos y éteres. ... La presencia del grupo carbonilo convierte a las **cetonas** en compuestos polares.

El punto de ebullición de las cetonas es en general, más alto que el de los hidrocarburos de masa molar comparable; así, la acetona y el butano con el valor de 58 g/mol tienen un punto de ebullición de  $56^\circ\text{C}$ , y  $-0.5^\circ\text{C}$  respectivamente. La solubilidad en agua de las cetonas depende de la longitud de la cadena, hasta 5 átomos de carbono tienen una solubilidad significativa como sucede en los alcoholes, ácidos carboxílicos y éteres.

A partir de **5** átomos la insolubilidad típica de la cadena de hidrocarburos que forma parte de la estructura comienza a ser dominante y la solubilidad cae bruscamente. Los compuestos de hasta cuatro átomos de carbono, forman puente de hidrógeno con el agua, lo cual los hace completamente solubles en agua. Igualmente son solubles en solventes orgánicos. La acetona o propanona es un buen disolvente orgánico.

Todos son de menor densidad que el agua. Los más chicos presentan cierta solubilidad en agua, pero va disminuyendo a medida que aumenta la cantidad de carbonos.

El metanal y el etanal son gaseosos. Los siguientes son líquidos y a continuación sólidos. Los puntos de fusión y de ebullición son más bajos que de los alcoholes correspondientes, por no existir enlaces de hidrógeno entre las moléculas, aunque si fuerzas de atracción dipolo-dipolo. Por esta razón, los puntos de fusión y de ebullición son más elevados que los de los hidrocarburos correspondientes.

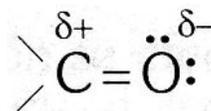
El grupo carbonilo no forma puentes de hidrógeno y se debe a que para que exista un puente de hidrógeno con otra molécula (polar) ésta debe contener o flúor, o nitrógeno o bien oxígeno enlazado a hidrógeno, por lo que el grupo carboxilo y el grupo alcohol pueden interactuar mediante puentes de hidrógeno (por poseer grupo -OH, ambos) con otras moléculas semejantes, iguales o agua.

Ver más en Brainly.lat - <https://brainly.lat/tarea/4517798#readmore>

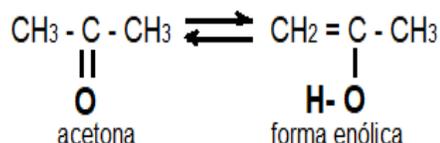
Pero en el caso del aldehído posee un grupo carbonilo en el extremo de la molécula, donde el hidrógeno esta unido a un carbono, lo que no le permite tener la propiedad de formar puente de hidrógeno, igual es el caso con las cetonas.

### El grupo carbonilo es también responsable de las propiedades químicas:

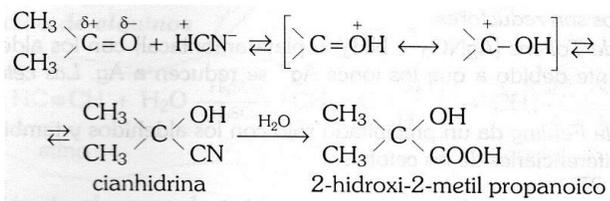
Dada la polaridad de este grupo, el carbono puede aceptar electrones y será atacado por los reactivos nucleofílicos. El oxígeno tiene pares de electrones sin compartir y elevada carga negativa y le atacarán los reactivos electrofílicos ▶



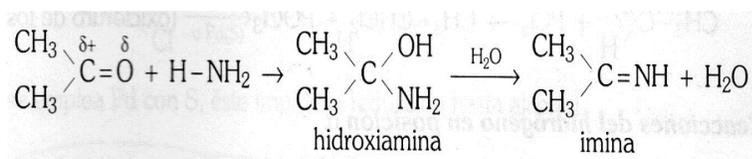
Las cetonas se caracterizan por su grupo carbonilo que es muy polar y provoca un aumento en la polaridad seca. Sin embargo, si un grupo metil o metileno está colocado cerca del carbonilo la polaridad húmeda aumenta debido a que puede formarse un grupo hidroxilo mediante intercambio de aniones ▶



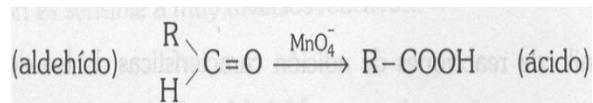
El grupo carbonilo en las cetonas da reacciones de adición características de los dobles enlaces. Así con el **HCN** ▶



El **HCN** es un reactivo nucleofílico y la reacción es una adición nucleofílica igual que la siguiente ▶



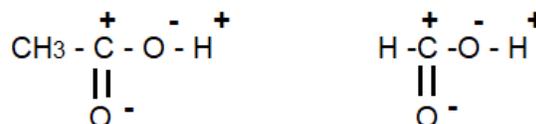
Los aldehídos se oxidan con mayor facilidad que las cetonas y esta propiedad sirve para diferenciarlos ►



Los aldehídos suelen ser utilizados como saborizantes artificiales, pero en la industria química son precursores de los oxoalcoholes, utilizados en la producción de detergentes y sanitizantes industriales.

### Propiedades de los ácidos, R-COO-H

Algunos grupos funcionales además de modificar la polaridad también confieren propiedades químicas especiales a la molécula, el grupo -COOH puede reaccionar con el agua. En ausencia de agua estos ácidos actúan como disolventes muy polares, la sección **no-polar** de la molécula es pequeña y tiene polaridad seca y húmeda ►



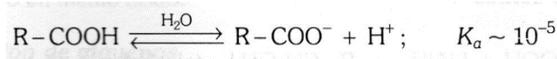
Hasta **nueve** carbonos son líquidos y los demás sólidos.

Los primeros solubles en agua. A medida que aumenta la masa molar va disminuyendo la solubilidad. Así, los ácidos grasos (palmítico, esteárico y oleico) son todos insolubles.

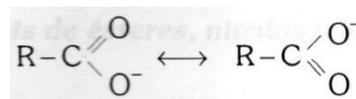
Los puntos de fusión y de ebullición son elevados respecto a los alcoholes y fenoles correspondientes. Los hechos anteriores se explican por la gran polaridad del grupo carboxilo que facilita la formación de enlaces de hidrógeno entre moléculas próximas, así muchos de estos ácidos forman dímeros (moléculas asociadas en parejas).

De uno a tres carbonos tienen olor irritante. De cuatro a nueve carbonos olor a manteca rancia. Los demás son inodoros.

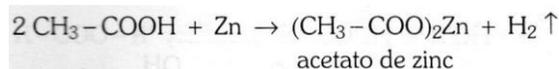
El enlace es muy polar y por esta razón el hidrógeno se pierde con facilidad, como **H<sup>+</sup>**, confiriendo a las moléculas propiedades ácidas ►



La disociación se favorece porque el ion carboxilato, -COO<sup>-</sup> se encuentra estabilizado por resonancia ►



Como tales ácidos reaccionan con metales activos desprendiendo hidrógeno ►



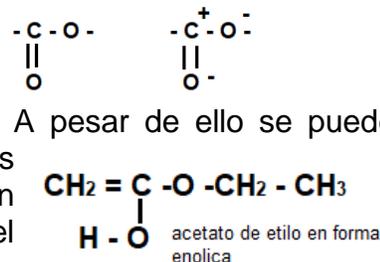
Se neutralizan con las bases, produciendo éster más agua



## Propiedades de los ésteres, R-COO-R\*

Todos los ésteres contienen el grupo ►

Que comunica cierta polaridad a la molécula. A pesar de ello se pueden producir puentes de hidrógeno cuando existen grupos metílicos o metilos cerca del grupo carboxilo ya que en este caso se puede formar un grupo enol, igual que el caso de las cetonas ►



Con frecuencia, sobre todo para ésteres que no contienen demasiados carbonos, el punto de ebullición es inferior a los del alcohol y el ácido de que provienen, aunque su masa molar es más elevada, debido a que los ésteres no son moléculas asociadas, (su molécula no contiene -OH).

Por ejemplo, el acetato de etilo hierve a 77°C. Esta ausencia de **OH** explica que sólo los primeros términos sean un poco solubles en agua. Por el contrario, son buenos disolventes de las sustancias orgánicas más variadas (Devore-Muñoz, 2000: capítulo 25).

**En cuanto a las propiedades físicas, cabe destacar:**

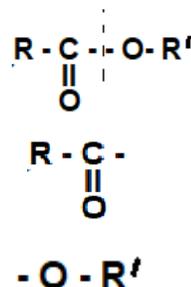
- ✓ Los ésteres no pueden donar enlaces de hidrógeno. Esto influye en que los puntos de ebullición y fusión de los ésteres son menores en comparación a los ácidos carboxílicos con masas moleculares parecidas.
- ✓ Los ésteres son capaces **de aceptar enlaces de hidrógeno**, esto permite que los ésteres de baja masa molar sean solubles en agua y los de mayor masa molar insolubles. Los ésteres son solubles en la mayoría de los disolventes orgánicos, su solubilidad la determina la longitud de la cadena hidrocarbonada.
- ✓ **Al aumentar el número de carbonos en la cadena alquil, disminuye su solubilidad en agua.**
- ✓ Los puntos de ebullición de los ésteres son muy semejantes a los de las correspondientes cetonas, debido a que sus fuerzas de atracción intermoleculares son entre el grupo **-COO-** y los hidrógenos de los grupos alquil de las otras moléculas (S. Castellanos Malo, 1999).

## Propiedades químicas

Los ésteres están dotados de una gran reactividad química. En la mayor parte de las reacciones su molécula se rompe conforme al modelo ►

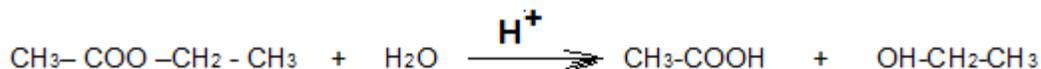
Es decir dando los radicales acilo (del ácido) ►

Y el alcoxilo ( del alcohol) ►



Los ésteres dan sabor y olor a muchas frutas y son los constituyentes mayoritarios de las ceras animales y vegetales.

Los ésteres se descomponen por la acción **del agua (hidrólisis)** en sus correspondientes ácidos y alcoholes, una reacción que es catalizada por la presencia de los ácidos. Por ejemplo, el etanoato de etilo se descompone en ácido etanoico y etanol ►

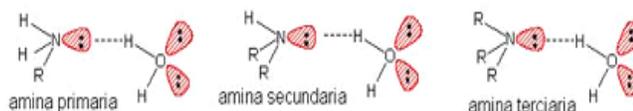


### Propiedades de las aminas, R-NH<sub>2</sub>

**Solubilidad:** las aminas primarias y secundarias son **compuestos polares**, capaces de formar puentes de hidrógeno entre sí y con el agua, esto las hace solubles en ella. La solubilidad disminuye en las moléculas de seis átomos de carbono y en las que tienen el anillo aromático.

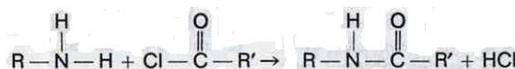
Tienen carácter **básico**, la estructura de las **aminas primarias y secundarias** les permite formar enlaces de hidrógeno, lo cual se traduce en puntos de ebullición altos en comparación con **las aminas terciarias**, que con dificultad forman enlaces de hidrógeno.

Todas las aminas, incluso las terciarias, forman puentes de hidrógeno con el agua y los alcoholes. Por esta razón, las aminas de baja masa molar (hasta 6 átomos de carbono) son relativamente solubles en agua y en alcoholes.

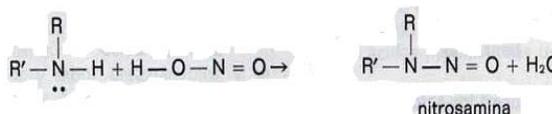


<https://www.monografias.com/trabajos72/compuestos-nitrogenados-aminas/compuestos-nitrogenados-aminas2.shtml>

Las aminas primarias y secundarias reaccionan con los haluros de ácido y con los anhídridos de ácido dando amidas ►



Una amina secundaria con ácido nitroso produce nitrosamina más agua ►



### Tarea para el estudiante.

Si la trimetilamina y la etilmetilamina tienen la misma masa molar ¿Por qué el punto de ebullición de la trimetilamina (3°C) es menor que el de la etilmetilamina (36°C)? ver respuesta en Timberlake Karen C. (2011) Química. Capítulo 13 p. 465.

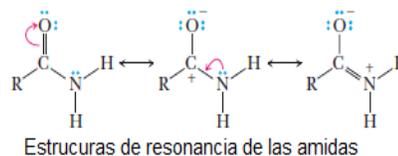
¿Porqué la siguiente amina **CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>** es soluble en agua?

## Propiedades de las amidas, R-CO-NH<sub>2</sub>

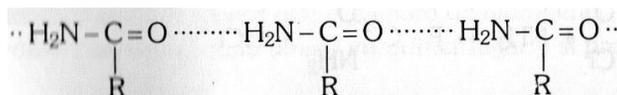
El grupo **amida** es polar y, a diferencia de las aminas, las **amidas** son moléculas neutras. ... Por tanto, la combinación de **fuerzas** electrostáticas y enlaces de hidrógeno explican las atracciones **intermoleculares** tan fuertes que se observan en las **amidas** (<http://www.guatequimica.com/tutoriales/aminas/Amidas.htm>).

Las amidas tienen características estructurales que son únicas entre los derivados de los ácidos carboxílicos. A finales de 1930 Linus Pauling descubrió que los ángulos de enlace en el átomo de nitrógeno de una amida en una proteína son cercanos a 120°; el átomo de nitrógeno es trigonal plano y tiene hibridación **sp<sup>2</sup>**.

En la actualidad se sabe que las amidas se pueden representar de mejor forma como un híbrido de tres estructuras de resonancia.



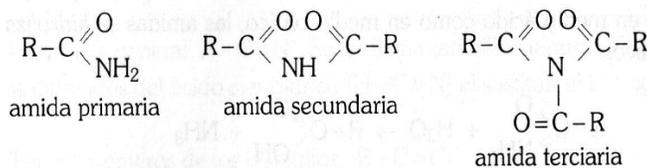
Presentan asociaciones moleculares por formación de puentes de hidrógeno ►



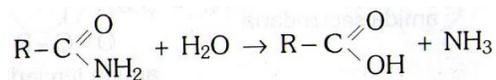
Esto hace que los primeros términos de la serie de las amidas primarias presenten puntos de fusión y de ebullición muy superiores a los que corresponderían a sus masas molares en los términos superiores y en las amidas secundarias y terciarias los enlaces de hidrógeno no se producen, por efecto estérico de los radicales y los puntos de fusión y ebullición son muy bajos.

Son débilmente básicas. El par de electrones sin compartir, localizado en el átomo de nitrógeno, permite incorporar un protón; sin embargo, este carácter básico es muy débil debido a la participación de la segunda estructura resonante. Entre aminas y amidas existe el siguiente orden de basicidad:

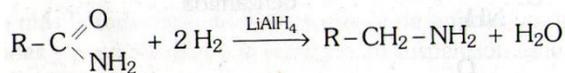
aminas alifáticas > aminas aromáticas > amidas



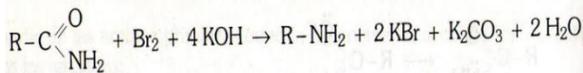
Tanto en medio ácido como en medio básico, las amidas se hidrolizan dando ácidos orgánicos ►



Se reducen a aminas empleando como agente reductor el hidruro de aluminio y litio ►



Con bromo o cloro y un álcali, las amidas se transforman en aminas con un átomo de carbono menos (degradación de Hofmann) ►



Las características del compuesto orgánico dependen de cuál de los grupos funcionales tiene mayor “fuerza química”, es decir, de cuál de los grupos funcionales tenga mayor **prioridad**.

### Tarea para el estudiante.

Investiga las estructuras de la talidomida ¿es una amida o una amina?

- <http://elfisicoloco.blogspot.com/2014/10/la-talidomida-y-sus-isomeros.html>



Con base en el análisis de la información, orientar al estudiante para elaborar un cuadro que contenga nombre genérico, estructura general y al menos dos ejemplos con fórmula y nombre. El estudiante encontrará similitudes y diferencias entre las principales funciones orgánicas con su respectivo grupo funcional respecto a las propiedades. **A17**

**A17. (C, H) El estudiante** 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, ésteres, aminas y amidas. **(N2)**



El estudiante construye una tabla que contenga los datos de puntos de ebullición, fusión y solubilidades de algunos ácidos carboxílicos, aldehídos, cetonas y alcoholes de hasta **seis carbonos** para establecer regularidades y patrones que siguen estas propiedades al aumentar la masa molar de estos compuestos. Generalizaciones respecto a las propiedades como la solubilidad y el punto de ebullición. Observará la influencia del grupo funcional en estas propiedades.

### Lectura

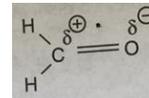
Relación propiedades enlaces intermoleculares. **(N3)**

Al comparar un alcano, un alcohol y un aldehído de masa molar similar, podemos verificar que el alcano tiene el punto de ebullición menor debido a que sus enlaces son **covalentes no polares**; el alcohol, al tener la posibilidad de formar enlaces de hidrógeno con moléculas iguales, su punto de ebullición es muy alto comparado con el aldehído que no puede formar enlaces de hidrógeno, pero si interacciones dipolo-dipolo ►

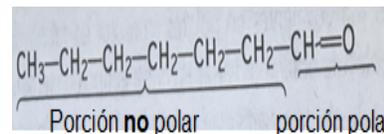
$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$ Propanol Punto de ebullición: 97.2 °C	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH=O}$ Propanal Punto de ebullición: 49 °C	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$ Butano Punto de ebullición: -138 °C
---	---	---

### Solubilidad y punto de ebullición de los aldehídos

Por tanto, son solubles en agua y otros solventes polares. Su solubilidad en dichos solventes decrece conforme se incrementa el tamaño del grupo alquilo (R) ya que en las grandes moléculas de aldehídos o cetonas predomina la porción polar ►



Los aldehídos y cetonas inferiores hasta **3** átomos de carbono, son muy solubles en agua, probablemente por los puentes de hidrogeno que pueden establecer con la molécula polar del agua (Gutiérrez, p. 186) ►



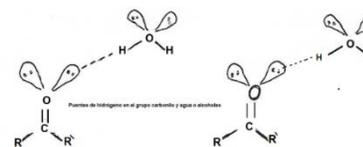
La polarización del grupo carbonilo explica la reactividad de los aldehídos y cetonas. La segunda estructura resonante del grupo carbonilo pone de manifiesto que el átomo de carbono actuará como centro electrofílico, al estar cargado positivamente, mientras que el átomo de oxígeno, cargado negativamente actuara como centro nucleofílico. La polarización del grupo carbonilo crea atracciones dipolo-dipolo entre las moléculas de cetonas y aldehídos por lo, que estos compuestos tienen mayores puntos de ebullición que los hidrocarburos o éteres de masa molar semejante.

Sin embargo, las cetonas y los aldehídos no tienen enlaces **-OH** o **-NH-**, y por lo tanto, sus moléculas no pueden formar puentes de hidrógeno entre sí. Por esta razón los puntos de ebullición de aldehídos y cetonas son menores que de los alcoholes o aminas de masa molar semejante.

A continuación, se indican a modo de comparación, los puntos de ebullición de una serie de compuestos orgánicos entre los que figuran un aldehído, el propanal y una acetona ►

$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{CH}_3\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=O}$	$\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$
Butano	metoxietano	propanal	propanona	1-propanol
P. eb. 0°C	P. eb. 8°C	P. eb. 49°C	P. eb. 56°C	P. eb. 97°C

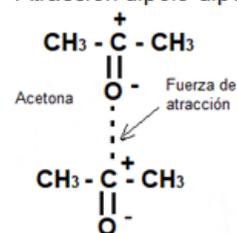
Los aldehídos y las cetonas pueden formar enlaces por puentes de hidrógeno con las moléculas del agua o las de los alcoholes, tal y como se representa esquemáticamente a continuación ►



Debido a estos puentes de hidrógeno los aldehídos y las cetonas son buenos disolventes de sustancias polares, como los alcoholes. De hecho, los aldehídos y las cetonas de baja masa molar son solubles en agua.

Los aldehídos y las cetonas no pueden formar enlaces intermoleculares de hidrógeno, porque al carecer de grupos hidroxilo (-OH) sus puntos de ebullición son más bajos que los alcoholes correspondientes. Sin embargo, los aldehídos y las cetonas pueden atraerse entre sí mediante las interacciones polar-polar de sus grupos carbonilo y sus puntos de ebullición son más altos que los de los alcanos correspondientes ►

Atracción dipolo-dipolo

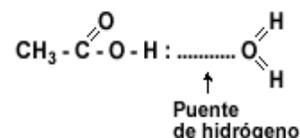


**Cuando no existe un dipolo** ¿Hay fuerzas de atracción entre moléculas?

**No**, hay fuerzas débiles de atracción a dipolos fluctuantes (fuerzas de Van der Waals) los dipolos fluctuantes están constituidos por electrones que se mueven alrededor de núcleos positivos (file:///E:/1981\_torraca\_solubilidad\_spa\_5091\_light.pdf).

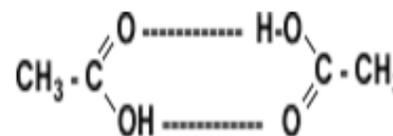
### Solubilidad y punto de ebullición de los ácidos

El grupo carboxilo **-COOH** confiere carácter polar a los ácidos y permite la formación de puentes de hidrógeno entre la molécula de ácido carboxílico y la molécula de agua ►



La presencia de dos átomos de oxígeno en el grupo carboxilo hace posible que dos moléculas de ácido se unan entre sí por puente de hidrógeno doble, formando un dímero cíclico.

**Punto de ebullición:** Los ácidos carboxílicos presentan puntos de ebullición elevados debido a la presencia de doble puente de hidrógeno ►



**Punto de fusión:** El punto de fusión varía según el número de carbonos, siendo más elevado el de los ácidos fórmico y acético, al compararlos con los ácidos propiónico, butírico y valérico de 3, 4 y 5 carbonos, respectivamente. Después de 6 carbonos el punto de fusión se eleva de manera irregular. Esto se debe a que el aumento del número de átomos de carbono interfiere en la asociación entre las moléculas. Los ácidos monocarboxílicos aromáticos son sólidos cristalinos con puntos de fusión altos respecto a los ácidos alifáticos.

### Propiedades físicas de los alcanos alquenos y alquinos

Las propiedades físicas dependen principalmente de la polaridad. Las moléculas de los alcanos, alquenos y alquinos son no polares o muy débilmente polares.

Las fuerzas que mantienen unidas a las moléculas no polares son débiles y de corto alcance, actúan solamente entre las porciones de las moléculas que están en contacto directo, esto es entre las superficies de las moléculas.

## Argumentación

Al aumentar el tamaño de la molécula, aumenta su área superficial y también las fuerzas intermoleculares, esto explica que las temperaturas de fusión y de ebullición aumentan al aumentar el número de átomos de carbono, y los isómeros más ramificados tienen puntos de ebullición menores.



Con esta información el estudiante comparará las propiedades de los grupos funcionales, con las propiedades de alcanos, alquenos y alquinos para concluir que éstos son menos polares y solubles que los alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos con la intención de dar significado a lo aprendido

en la unidad, al integrar en una amplia estructura. **A18**

### Relación propiedades- enlaces intermoleculares A18

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

### Lectura

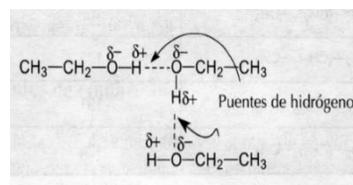
Si comparamos un alcohol con un ácido carboxílico de masa molar similar podemos observar que el punto de ebullición del ácido será mayor que el del alcohol correspondiente, debido a que el alcohol sólo puede formar un puente de hidrógeno como se verifica en las

siguientes moléculas ►



### Solubilidad y punto de ebullición de los alcoholes

Debido a que los alcoholes forman puentes de hidrógeno con el agua, los alcoholes de baja masa molar son solubles en agua. Al aumentar el número de carbonos, aumenta la porción no polar y la molécula se vuelve menos parecida al agua y menos soluble en la misma ►



Los alcoholes son moléculas **polares** y pueden formar puentes de hidrógeno con las moléculas de agua y así, son solubles en ésta, a medida que aumenta la masa molar disminuye la solubilidad en agua y aumenta la solubilidad en disolventes orgánicos apolares, como el benceno, éter, etcétera.

Los alcoholes monohidroxílicos son menos densos que el agua, pero los polihidroxílicos son más densos. **¿Cuál de los alcoholes de cadena normal tiene su punto de ebullición aproximadamente al del agua?** metanol, etanol, propanol, butanol.

## Solubilidad y punto de ebullición de los éteres

Al éter más simple  $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$  lo encontramos en estado gaseoso. Son líquidos de C3 a C9 y sólidos de C10 en adelante.

Presentan una polaridad muy débil y muestran la siguiente tendencia, en cuanto a su solubilidad:

C2 -C3 solubles en agua. Esto se explica con el comportamiento del éter etílico:

En el éter líquido influyen las **fuerzas de dispersión**, ya que su momento dipolar (1.5D) carece de una región lo suficientemente deficiente en densidad electrónica ( $\delta^+$ ).

Esto se debe a que ningún átomo de carbono de los grupos etilos cede demasiado su densidad electrónica al átomo de oxígeno.

El oxígeno tampoco puede formar puentes de hidrógeno, nuevamente, porque no hay enlaces O-H disponibles en la estructura molecular. Por lo tanto, son los dipolos instantáneos y su masa molecular los que favorecen sus fuerzas de dispersión.

El oxígeno tampoco puede formar puentes de hidrógeno, nuevamente, porque no hay enlaces O-H disponibles en la estructura molecular. Por lo tanto, son los dipolos instantáneos y su masa molecular los que favorecen sus fuerzas de dispersión.

A pesar de esto, es altamente soluble en agua. ¿Por qué? Porque su átomo de oxígeno, de mayor densidad electrónica, sí puede aceptar puentes de hidrógeno de una molécula de agua ►



Estas interacciones son responsables de que 6.04 g de este éter se disuelvan en 100 mL de agua.

C4 ligeramente soluble (10 g/100 g de  $\text{H}_2\text{O}$ )

C5 apenas soluble (0.1 g/ 100 g de  $\text{H}_2\text{O}$ )

C6 insoluble en agua (0.25 g/100 g de  $\text{H}_2\text{O}$ )

Puesto que los éteres carecen de enlaces hidrógeno-oxígeno, no pueden formar puentes de hidrogeno y los compuestos tienen puntos de ebullición considerablemente más bajos que los alcoholes isómeros con masas molares idénticas.

Sus puntos de ebullición son bajos, ligeramente mayores a los hidrocarburos de masa molares similar.

## Solubilidad y puntos de ebullición de los haluros

Los haluros de alquilo son menos solubles en agua que los éteres o alcoholes con el mismo número de carbonos. Sólo hasta **2** carbonos son solubles o ligeramente solubles en agua.

**Puntos de ebullición.** Para que un halogenuro cambie del estado líquido al gaseoso, se deben superar las fuerzas de Van der Waals (en el grupo alquilo) como las interacciones dipolo-dipolo (del halógeno). Cuanto más grande es el tamaño del átomo del halógeno, más grande es el tamaño de su nube de electrones, y cuanto más grande es ésta, más fuertes son las interacciones de Van der Waals. A medida que aumenta el número atómico de los halógenos, el radio atómico aumenta. Por tanto los puntos de ebullición de los haluros aumenta de acuerdo a como se desciende en el grupo **VIIA** de la tabla periódica. Observar la siguiente tabla ►

Flúor	Cloro	Bromo	Iodo
CH <sub>3</sub> -F (-78.4°C)	CH <sub>3</sub> -Cl (-24.2°C)	CH <sub>3</sub> -Br (3.6°C)	CH <sub>3</sub> -I (42.4°C)

(Gutiérrez et-al, 2010)

## La polaridad de los derivados halogenados

Los enlaces R-X difieren de polaridad en el orden siguiente:

R-F > R-Cl > R-Br > R-I

Por lo tanto, los enlaces R-CH<sub>3</sub>-F son más polares que los enlaces R-CH<sub>3</sub>-I. Al ser más polares, los halogenuros R-F tienden a interactuar mediante fuerzas dipolo-dipolo. Mientras, en los halogenuros R-Br o R-I, sus momentos dipolares son más débiles y cobran mayor fuerza las interacciones regidas por las fuerzas de dispersión de London (<https://www.lifeder.com/halogenuros-de-alquilo/>)

## Solubilidad y punto de ebullición de las amidas

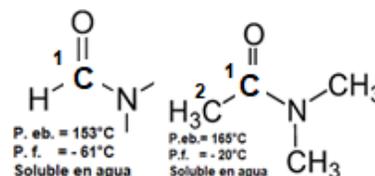
Son solubles en los disolventes orgánicos comunes, tales como alcoholes, éteres, alcanos halogenados e hidrocarburos aromáticos. **Las amidas más sencillas son solubles en agua debido a su alta polaridad y a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con el agua.**

Por ejemplo

la N, N-dimetil**metano**amida (N,N-dimetilformamida)

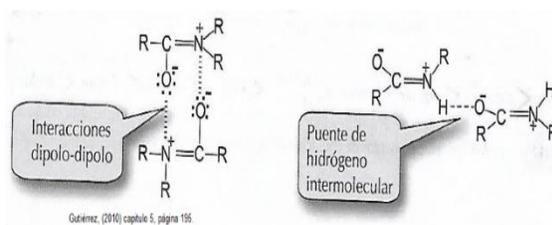
y el dimetil**etano**amida (dimetilacetamida)

son solubles en agua ►



Las amidas tienen los puntos de ebullición y fusión más altos de los grupos funcionales revisados, porque tienen interacciones dipolo-dipolo muy fuertes, debido a un fenómeno de resonancia de los electrones que participan significativamente en la estructura global del compuesto.

**Las amidas tienen interacciones dipolo-dipolo muy fuertes**, debido a un fenómeno de resonancia de los electrones que participan significativamente en la estructura global del compuesto ►



Los hidrógenos unidos directamente a nitrógeno son capaces de formar puentes con los nitrógenos de moléculas similares, lo cual contribuye a un aumento en su punto de ebullición.

**Las amidas**, la mayoría son sólidos cristalinos, excepto la formamida que es un líquido a temperatura ambiente, casi todas son incoloras e inodoras, sus puntos de ebullición son más altos que los ácidos correspondientes, por ejemplo la etanamida hierve a 222°C y el ácido etanoico a 118°C. Las amidas de baja masa molar son solubles en agua, las demás pueden disolverse en etanol o éter etílico.

### **Ejercicio.**

Que el estudiante mencione cual de los siguientes compuestos orgánicos tiene mayor punto de ebullición. Explica en función de las fuerzas intermoleculares que se presentan:

Éter metílico (masa molar 46 g/mol) y dimetil  $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$  y  $(\text{CH}_3)_2\text{-NH}$  amina, (masa molar 45 g/mol).

### **Respuesta:**

El éter tiene en su molécula uno de los 3 elementos más electronegativos, el oxígeno, también hay hidrógeno en la estructura, sin embargo no puede formar puentes de hidrógeno con otra molécula igual, debido a que el hidrógeno no está unido directamente al oxígeno.

Por otro lado la estructura de la metilmetanamina al estar unido el nitrógeno directamente al hidrógeno, éste tiene la facultad de unirse por puentes de hidrógeno con el nitrógeno de otra molécula.

Una parte de la molécula puede formar puentes de hidrógeno, por lo que se espera que la amina tenga un punto de ebullición más alto que otros compuestos de masa molar comparable que no formen puentes de hidrógeno como el caso del metoximetano y como el propano con masa molar de 44 g/mol (Gutiérrez et.al 2010).

### **Solubilidad con grupos funcionales diferentes.**

1. ¿Cuál de los siguientes compuestos son solubles en disolventes no polares?

a) $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$	b) $\text{H}_2\text{O}$	c) $\text{C}_6\text{H}_6$	d) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
etano	agua	benceno	etanol

**Respuesta:**

Las moléculas que tienen enlaces covalentes **no polares son el etano y el benceno** por lo que se espera que sean solubles en disolventes no polares.

2. Entre los siguientes puntos de ebullición de compuestos de masa molar comparable, identificar a qué molécula le corresponde cada uno

Puntos de ebullición		
118 °C	a) $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3$	b) $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$
32 °C		c) $\text{CH}_3-\text{COOH}$
221 °C		

**Respuesta:**

Lo primero que debemos hacer es identificar los grupos funcionales y verificar que sus masas molares resulten ser comparables, para relacionar los puntos de ebullición.

La molécula a) es un éster; b) es una amida y c) es un ácido carboxílico.

Recuerda que los mayores puntos de ebullición son las amidas, por las interacciones dipolo-dipolo y los puentes de hidrógeno capaces de formar, por lo que se requiere de una buena cantidad de energía para separar a las moléculas y por lo mismo le corresponde el punto de ebullición más alto, de 221°C; el ácido carboxílico puede formar dos puentes de hidrógeno y el éster ninguno de ellos, por lo que el ácido le corresponde el punto de ebullición de 118°C y al éster de 32°C.

$\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3$	$\text{CH}_3-\text{COOH}$	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$
p.e. 32 °C	p.e. 118 °C	p.e. 221 °C

**Problema**

1. Un químico encontró tres frascos con diferentes ácidos carboxílicos y etiquetas de identificación borrosas, sólo se alcanzaba a ver los siguientes datos de solubilidad en agua:

- a) 1.7 g/100 g
- b) 0.2 g/ 100 g
- c) Soluble en todas las proporciones.

De acuerdo con los datos anteriores establece la correspondencia entre los siguientes ácidos: ácido pentanoico, decanoico y etánico.

**Respuesta:**

Recordar que los compuestos carboxílicos (**-COO-**) con menos de cuatro carbonos son solubles en agua por la posibilidad de formar puentes de hidrógeno con ella y cuando **la porción no polar es pequeña**: por lo tanto el ácido etánico, al tener 2 carbonos, es soluble en todas proporciones; le sigue el ácido pentanoico que contiene 5 carbonos, su solubilidad es de 1.7 g/100 g y finalmente el ácido decanoico casi insoluble con 0.2 g/ 100 g.

## La polaridad de las moléculas

Casi todos los enlaces formados entre los átomos de diferentes elementos son polares, al menos en cierta medida. No obstante, no todas las moléculas de los compuestos son polares. De hecho, la polaridad de las moléculas está determinada por dos factores:

- 1) La polaridad de los enlaces en la molécula.
- 2) La geometría de la molécula.

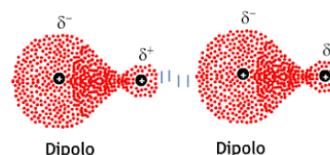
La geometría de una molécula es un factor importante porque un enlace dipolo es una fuerza que tiene dirección, así como magnitud (el tamaño y la dirección constituyen, en conjunto, lo que se conoce como momento dipolar del enlace).

La magnitud del enlace dipolo depende de la diferencia de electronegatividad entre los dos elementos. La manera en que interactúan las direcciones de los diversos enlaces dipolo de la molécula entre sí determina, sin embargo, si la misma molécula es polar.

## Fuerzas dipolo-dipolo

Existe una fuerza dipolo-dipolo entre moléculas neutras polares. Las moléculas polares se atraen cuando el extremo positivo de una de ellas está cerca del extremo negativo de otra. Las fuerzas dipolo-dipolo

**sólo son efectivas cuando las moléculas polares están muy juntas, y generalmente son más débiles que las fuerzas ion-dipolo** ►



En los líquidos, las moléculas polares están en libertad de moverse unas respecto a otras, las moléculas a veces están en orientaciones que son atractivas y a veces en orientaciones repulsivas. Dos moléculas que se atraen pasan más tiempo cerca una de otra que dos que se repelen, por lo que el efecto global es una atracción neta.

Si examinamos diversos líquidos, observaremos que para moléculas con masa y tamaños aproximadamente iguales, la intensidad de las atracciones intermoleculares aumenta al incrementarse la polaridad. Podemos ver esta tendencia en los líquidos que se enlistan en la tabla siguiente; los puntos de ebullición se elevan al aumentar la magnitud del momento dipolar ►

Sustancia	Masa molar (uma)	Momento dipolar	P. de ebullición °K
Propano CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	44	0.1	231
Eter dimetilico CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	46	1.3	248
Cloruro de metilo CH <sub>3</sub> Cl	50	1.9	249
Acetaldehído CH <sub>3</sub> CHO	44	2.7	294
Acetonitrilo CH <sub>3</sub> CN	41	3.9	355

(Brown-LeMay-Bursten, 1998: Capitulo 11)

### Concepto clave:

➤ Dipolo

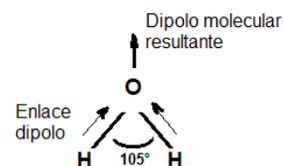
Un dipolo es una molécula con asimetría eléctrica haciendo que en ésta aparezcan cargas opuestas en dos puntos. 

A menudo un dipolo se representa como:

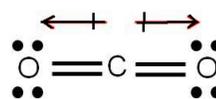
La molécula de cloruro de hidrógeno es polar y se comporta como un dipolo pequeño. El dipolo HCl se puede representar como  $\text{H} \rightarrow \text{Cl}$  La flecha apunta hacia



Una molécula será polar cuando 1) tenga enlaces polares y 2) el centro de la carga parcial positiva se encuentre en un sitio distinto en la molécula con respecto al centro de carga parcial negativa ▶

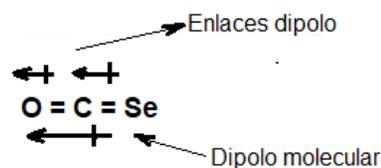


Consideremos primero el dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ . Cada enlace  $\text{C-O}$  es polar: el oxígeno, por ser el átomo más electronegativo, tiene una carga parcial negativa, mientras que el carbono una parcial positiva. Como el dióxido de carbono es una molécula lineal, los centros de las cargas parciales negativa y positiva coinciden, y por lo tanto, esta molécula es no polar.



Los dipolos son del mismo tamaño, pero sus direcciones son opuestas ya que el  $\text{CO}_2$  es una molécula lineal. Así, los enlaces dipolo se cancelan, haciendo no polar a la molécula.

Por otra parte, la molécula de  $\text{COSe}$  también es lineal, pero los dos enlaces dipolo **no se** cancelan. En realidad, se refuerzan entre sí ya que ambos tienen la misma dirección. Como resultado, existe un dipolo molecular neto ▶



El dipolo molecular es el efecto resultante **o neto** de todos los enlaces dipolo individuales.

### Tarea para el estudiante.

¿Qué tipo de enlace causa el punto de ebullición alto del agua comparado con el punto de ebullición bajo del  $\text{H}_2\text{S}$ ?

- b) Las fuerzas de Van der Waals.
- c) Los puentes de hidrógeno.
- d) Los enlaces covalentes.
- e) Los enlaces iónicos.

### Las condiciones en las que las fuerzas de Van der Waals son efectivas es cuando se tiene temperaturas

- a) y presiones altas.
- b) y presiones altas.
- c) y presiones bajas.
- d) altas y presiones bajas.

El **metano** tiene casi la misma masa molar que el agua, pero hierve a **-161°C** debido a que no hay enlaces de hidrógeno y que sólo se necesita un poco de energía para quebrantar las fuerzas de Van der Waals que mantienen unidas las moléculas en el líquido. Entre el **CH<sub>3</sub>-F** y el **CH<sub>3</sub>-OH** la diferencia es que en este hay puentes de hidrógeno y este es una fuerza mayor que la dipolo-dipolo (Malone, página 656).

### Concepto clave:

- Polaridad

La **polaridad química** o sólo **polaridad** es una propiedad de las moléculas que representa la separación de las cargas eléctricas en la misma. Esta propiedad está íntimamente relacionada con otras propiedades como la solubilidad, punto de fusión, punto de ebullición, fuerzas intermoleculares, etc.

- <http://lachuspaquimica.blogspot.com/2011/05/polaridad.html>

La relación de los enlaces dipolo individuales con el dipolo molecular total es análogo al efecto de dos personas que jalan con una cuerda un bloque de concreto. La fuerza ejercida por cada persona es análoga a un enlace dipolo, y el efecto neto (la resultante) de sus esfuerzos es análoga al dipolo molecular. Dos personas con la misma fuerza jalando en direcciones opuestas (en ángulos de 180°) cancelan mutuamente sus fuerzas y no hay movimiento neto (Malone, 2001).

De manera similar, el dipolo resultante de la molécula del **H<sub>2</sub>O** está determinado por el tamaño de cada dipolo **H-O** y por el ángulo entre los dos dipolos.

### Polaridad de los disolventes

Como los halogenuros de alquilo son más polares que los alcanos de los cuales derivan, incrementan su capacidad de disolver un mayor número de compuestos orgánicos. Es por esta razón que tienden a ser mejores disolventes; aunque, no significa que puedan suplantar a los alcanos en todas las aplicaciones.

En química, se denomina **polaridad de un disolvente** al parámetro que mide su polaridad y le confiere propiedades de solubilización de diferentes solutos. En general, las reacciones químicas tienen lugar en fase homogénea, ya que, para que dos especies entren en contacto, deben estar en la misma fase. En disolución, las especies reactivas gozan de mayor libertad de movimiento y se difunden en el volumen total del disolvente, aumentando así la probabilidad de colisión entre ellas.

El disolvente debe actuar sobre el soluto solvatándolo y venciendo las fuerzas intermoleculares que lo mantienen unido, pero sin dar lugar a la reacción.

El disolvente idóneo suele tener unas características químicas y estructurales similares a las del compuesto a disolver.

**En función de la naturaleza del soluto y del disolvente, las fuerzas de solvatación entre ambos pueden ser de diferentes tipos: puentes de hidrógeno, interacciones polares y fuerzas de London.**

La polaridad y, consecuentemente, la solubilidad de los compuestos orgánicos en disolventes polares, aumenta con la disminución de la longitud de la cadena hidrocarbonada, la presencia de grupos funcionales polares y la capacidad de formación de puentes de hidrógeno con el disolvente.

**La polaridad es una característica muy importante de los disolventes debido a que determina la solubilidad y el orden de elución de los compuestos en técnicas de separación como la cromatografía.**

[https://es.wikipedia.org/wiki/Polaridad\\_de\\_un\\_disolvente](https://es.wikipedia.org/wiki/Polaridad_de_un_disolvente)

### Tarea para el estudiante.

- 1) Investigar el significado de elución química y sus aplicaciones
- 2) Investiga el concepto de constante dieléctrica y el efecto sobre la solubilidad ►

Disolvente	Constante dieléctrica	Solubilidad del NaCl
H <sub>2</sub> O	80	36.12
CH <sub>3</sub> -OH	35	1.3
CCl <sub>4</sub>	2.2	0.00

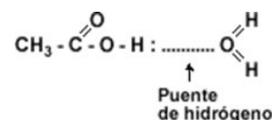
Babor,1977; Capítulo 17. páginas 285-286.

### Cuestionario No. 20

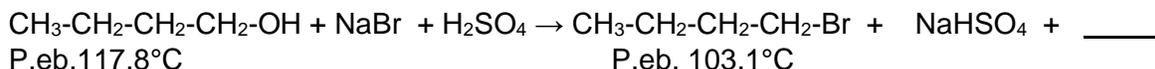
1. ¿Cuál de estos cuatro compuestos son solubles en disolventes polares?

a) CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	b) H <sub>2</sub> O	c) C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	d) CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH
etano	agua	benceno	etanol

2. ¿Porque el éster derivado del ácido etanoico con alcohol metílico o etílico **no** forma puentes de hidrogeno con el agua pero si el ácido etanoico?



3. Para obtener bromuro de n-butilo se hace reaccionar n-butanol con NaBr y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



¿A qué se debe que el halogenuro tiene menor punto de ebullición?

**A18. (C, H)** El estudiante 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. **(N3)**

## Estrategia 11

### ¿Cómo impacta al ambiente la producción de petróleo y petroquímicos en México?

Al inicio de la unidad se le solicitará a los estudiantes, el desarrollo de una investigación documental, en Internet o audiovisual sobre problemas de contaminación ambiental relacionados con:

- Producción de petroquímicos.
- Métodos de control biotecnológicos.
- Extracción y transformación del petróleo.
- La industria del petróleo y de la petroquímica.



Con la información obtenida, elaborar un ensayo para concluir sobre la importancia de realizar acciones para prevenir y remediar los problemas de contaminación ambiental de la industria petrolera y petroquímica. **A19**

### Lectura

Contaminación originada por los procesos de extracción y transformación de petróleo.

Los hidrocarburos son un tipo de contaminación que afectan a la calidad del agua de manera importante: Los derrames de petróleo, cada día son más frecuentes en los océanos, dejan estelas de contaminación de efectos a muy largo plazo. La formación de una película impermeable sobre el agua en las zonas donde se derrame afecta rápida y directamente a las aves y a los mamíferos acuáticos ya que obstruye el intercambio gaseoso y desvía los rayos luminosos que aprovecha el fitoplancton para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis.

En la explotación del petróleo se derrama cerca de la mitad en el área de perforación, lo que implica grandes pérdidas y contaminación del aire, agua y suelo. La manera tradicional de extraer o recuperara el petróleo es mediante bombeo con agua lo cual representa una pérdida considerable de agua.

### Concepto clave:

- Biorremediación

Se define como cualquier proceso que utilice microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para retornar un medio ambiente alterado por contaminantes a su condición natural.

Las principales propiedades del petróleo que influyen sobre el medio ambiente son:

- a) **Toxicidad:** los hidrocarburos aromáticos de bajo punto de ebullición son letales para casi todos los organismos terrestres y marinos. Algunos de los hidrocarburos saturados son menos tóxicos y hasta no tóxicos para los seres vivos.
- b) **Solubilidad:** los hidrocarburos de alto peso molecular son insolubles en agua. Los derivados del benceno y los naftalenos pueden solubilizarse en agua. Dicha solubilidad influirá en la toxicidad del componente de petróleo en el ámbito marino.
- c) **Biodegradabilidad:** la biodegradación del petróleo es función de sus características y peso molecular de sus componentes, por lo cual la tasa de degradación debe estudiarse y referirse al tipo de petróleo producido en el área Magallanes.
- d) **Volatilidad, densidad y actividad superficial:** indican las tendencias del petróleo y de sus componentes a la evaporación, a hundirse o a dispersarse fácilmente o no.
- e) **Carcinogenicidad:** varios componentes del petróleo tienen sustancias potencialmente carcinógenas.

### Los efectos de la contaminación por petróleo

Los efectos del petróleo sobre los ecosistemas marinos dependen de factores como: tipo de petróleo (crudo o refinado), cantidad, distancia del sitio contaminado con la playa, época del año, condiciones atmosféricas, temperatura media del agua y corrientes oceánicas. Los hidrocarburos forman con el agua una capa impermeable que obstaculiza el paso de la luz solar que utiliza el fitoplancton para realizar el proceso de la fotosíntesis, interfiere el intercambio gaseoso, cubren la piel y las branquias de los animales acuáticos provocándoles la muerte por asfixia.

Los hidrocarburos saturados de bajo punto de ebullición, fácilmente solubles en agua de mar producen anestesia y narcosis en los animales “contaminados”, y muertes a altas concentraciones. Es conocido que el ciclopropano y el eteno son anestésicos potentes.

Los hidrocarburos saturados de alto punto de ebullición están presentes naturalmente en muchos organismos marinos y no son altamente tóxicos, sin embargo pueden interferir con la recepción de estímulos químicos que utilizan ciertos animales marinos para comunicarse entre sí.

Los hidrocarburos aromáticos son altamente tóxicos, los de bajo punto de ebullición son solubles en agua y pueden matar por contacto (benceno, tolueno, xileno). Los de alto punto de ebullición y en particular los aromáticos polinucleares, pueden ser venenosos a largo plazo.



El naftaleno y el fenantreno, por ejemplo, son más tóxicos para los peces que el xileno o benceno.

## La biorremediación

Es una biotecnología de restauración, en la que se inoculan microorganismos halógenos o bioaumentación que oxidan el ó los contaminantes de los productos de los Hidrocarburos (Jones, 1998, Müller y Mahro, 2001).

Una estrategia biotecnológica y ecológica alternativa, es la biorremediación, en la que el microbiota mineraliza y elimina los **HC** de los ambientes naturales. Este tipo de biotecnología se realiza por: **a)** bioaumentación, cuando se inoculan cultivos axénicos (que se desarrolla en un ambiente donde no hay ningún otro organismo vivo) ó mezclas de microorganismos y/o por **b)** bioestimulación: en donde el ambiente contaminado con **HC**, se enriquece con nutrientes esenciales para estimular la actividad microbiana nativa, que se recomienda además es tolerante a la solubilidad mayor mineralización de los productos contaminantes de los **HC**.

Un ejemplo de un tratamiento más generalizado es el de la limpieza de derrames de petróleo por medio de la adición de fertilizantes con nitratos o sulfatos para estimular la reproducción de bacterias nativas o exógenas (introducidas) y de esta forma facilitar la descomposición del petróleo crudo.

### Métodos actuales para combatir la contaminación por hidrocarburos

◆ **Biorremediación intrínseca:** se deja que el propio ambiente natural resuelva el problema si se determina que en el propio ambiente hay las poblaciones y condiciones óptimas (temperatura, pH, nutrientes, etcétera.). Aún así se sigue un control para asegurarse que no se producen compuestos tóxicos secundarios.

◆ **Biorremediación in-situ:** se intenta acelerar el proceso en el mismo ambiente modificando las condiciones ambientales o por inoculación microbiana.

◆ **Biorremediación ex situ:** consiste en extraer el contaminante y degradarlo en otro sitio en condiciones controladas de laboratorio. Evidentemente la mayoría de las veces no se puede hacer por ser un proceso costoso.

Actualmente la biorremediación *in situ*, se está convirtiendo en una alternativa cada vez más popular porque es más barata que otros métodos de limpieza. Se trata de acelerar los procesos degradadores naturales de biodegradación mediante el suministro de oxígeno y nutrientes al contaminante durante un periodo prolongado, pero una de las limitantes ambientales para la biorremediación de residuos químicos peligrosos es la excesiva concentración de residuo, la falta de oxígeno (por eso es tan importante el reciente descubrimiento de degradación anaerobia), **pH** desfavorable, la falta de nutrientes, la falta de humedad y la temperatura.

Ésta claro que la biorremediación, aunque en un futuro puede ser muy eficaz para procesos de descontaminación no hay que olvidar que no deja de ser una técnica paliativa delante de catástrofes ecológicas.

Por eso primero hay que apostar por una política preventiva y de minimizar los riesgos de contaminación, y porque no dentro de esta política preventiva aunque la cosa esta verde no hay que dejar de ser optimista y pensar en cómo estas técnicas biológicas en general (biotecnología) en el futuro tendrá un uso mucho más amplio apostando por una tecnología sostenible y ecológica.

Algunas posibles soluciones a nuestra problemática central son las siguientes:

- ✓ **Reciclar plásticos**, tan solo cumplir este sencillo proceso en casa, el gobierno se ahorraría la pena de ampliar tiraderos de basura, pues cabe mencionar que los envases de plástico ocupan cerca de la mitad en volumen de los basureros porque no los compactamos.
- ✓ **Invertir en infraestructura**, esta puesta en práctica le corresponde al gobierno y en una pequeña parte a la sociedad, pues ésta última puede presionar a las autoridades competentes para que cumplan con esta idea.
- ✓ **Dar mantenimiento**, aunque suene descabellado, en México la vida de los ductos de transporte de petróleo refleja la gran cantidad de derrames que ocurren, si bien hubo un tiempo en el cual era común escuchar esto en regiones de Veracruz y Tabasco, si es de alarmarse porque significaría que vivimos rodeados de bombas de tiempo.
- ✓ **Invertir en ciencia**, esto repercutiría en gran medida en la mejora de las propiedades biodegradables de muchos derivados del petróleo como el plástico.
- ✓ **Fuentes alternativas de energía**, para muchos la idea de sustituir la gasolina en autos por hidrógeno suena futurista, pero viéndolo desde otro punto de análisis resulta a la vez práctico el que no dependiéramos del petróleo como fuente principal de energía pues sería de un México sin petróleo.
- ✓ **Racionar y reducir**, esto se comenta porque en el país se acostumbra a desperdiciar y mal usar bienes y servicios, por lo que se vuelve difícil erradicar esta mala costumbre de la sociedad.

El interés de la biotecnología ambiental no es eliminar los compuestos peligrosos, sino eliminar su impacto.

## Desulfuración

Se busca controlar el contenido de azufre en gasolinas y diésel; “existen procesos fisicoquímicos eficientes para desulfurarlos, aunque requieren energía, presión, equipos y catalizadores especiales”, después de algunos años de investigación los científicos obtuvieron una patente internacional, que protege su proceso enzimático para la desulfuración del diésel. Han demostrado que es posible eliminar el elemento para cumplir con las regulaciones ambientales.

Actualmente trabajan en la alteración genética para obtener enzimas más resistentes o activas que transformen más contaminantes; extraen el gen del hongo y lo modifican luego lo expresan en una bacteria o en otro hongo, una vez hecho lo anterior, las moléculas son más estables y pueden conseguirse cantidades abundantes de ellas.

Con esa tecnología los investigadores universitarios han asesorado a firmas dedicadas a la biorremediación que colaboran con PEMEX. A nivel de planta piloto producen una suspensión bacteriana que degrada el hidrocarburo y lo transfieren a una empresa que lo aplica en lugares contaminados, como los campos petroleros en Tabasco o Coatzacoalcos, Veracruz (Vázquez Duhalt Rafael, 2011).

### **Tarea para el estudiante.**

Elaborar un resumen del proceso y la tecnología de la  
**Desulfuración de combustibles usando un método de oxidación avanzada**

- [https://www.researchgate.net/publication/328228553\\_Desulfurization\\_of\\_fuel\\_oils\\_using\\_an\\_advanced\\_oxidation\\_method](https://www.researchgate.net/publication/328228553_Desulfurization_of_fuel_oils_using_an_advanced_oxidation_method).

### **Cuestionario No. 21**

1. ¿Cómo afectan los derrames de petróleo crudo a los océanos?
2. ¿Qué provocan los gases del petróleo crudo y sus derivados a la atmósfera?
3. ¿Cuál es la causa por la cual contamina la industria petrolera?
4. ¿Cuáles son las medidas para evitar daños por el petróleo y sus derivados?
5. ¿Cómo podemos contribuir para ayudar al medio ambiente ante la contaminación del petróleo?

#### **Estrategia sugerida:**

Elaborar un ensayo, periódico mural o collage, entre otros, partiendo de la pregunta: ¿Cómo podría mejorarse el uso que se le da al petróleo en México? En discusión grupal concluir acerca del mejor uso del petróleo.

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

### **Evaluación**

Nivel de desempeño del estudiante en la unidad 1 de Química IV

Utiliza modelos teóricos para explicar propiedades de los compuestos del carbono. Indaga sobre el petróleo y su aprovechamiento en beneficio del país para valorar este recurso. Realiza investigación experimental y documental sobre los compuestos orgánicos, sus reacciones y enlaces para comprender su comportamiento. A través del estudio de la estructura de los compuestos orgánicos predice sus propiedades y, como consecuencia, su utilidad. Elabora argumentos para justificar propuestas de solución a problemas relacionados con el impacto social y ambiental derivados de la actividad petrolera y petroquímica. Se apoya en las TIC para la realización de las diversas actividades asignadas en esta unidad (Programas de Estudio. Primera edición: 2018).

## EJERCICIO PARA EVALUAR LA UNIDAD 1 QUÍMICA IV

Nombre del alumno \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Subraya la respuesta correcta que corresponde a los siguientes enunciados y preguntas.

### 1. El petróleo tiene una gran importancia en la sociedad actual porque:

- A) Más del 90% de los materiales que se obtienen en el mundo provienen de este producto y con él se obtienen diversas formas de energía.
- B) Las sustancias que se obtienen por destilación del petróleo se emplean para la fabricación de diversos objetos de uso común.
- C) Con la tecnología que tenemos actualmente es la única fuente de energía que podremos utilizar durante varios años.
- D) Es posible obtenerlo fácilmente mediante procesos cíclicos que se llevan a cabo en la naturaleza de forma continua y rápida.
- E) Más del 90% de la energía que se obtiene, el mundo proviene de este producto y con él se preparan una gran diversidad de materiales.

### 2. Los diferentes tipos de petróleo (pesado, medio, y ligero) tienen distintos precios en el mercado; el más caro es el petróleo \_\_\_\_\_ debido a que contiene \_\_\_\_\_.

- A) ligero – mayor variedad de productos.
- B) pesado – mayor cantidad de gasolina.
- C) medio – mayor variedad de productos.
- D) ligero – mayor cantidad de gasolina.
- E) pesado – productos más caros.

### 3. Son productos de la industria petroquímica:

- A) Glucosa y poliéster.
- B) Madera y plásticos.
- C) Seda y celulosa.
- D) Caucho y lana.
- E) Nylon y anilina.

### 4. El petróleo crudo es una mezcla compleja de hidrocarburos, la fase líquida de ésta se puede separar en varias fracciones por el método de \_\_\_\_\_, que se basa en sus diferentes \_\_\_\_\_

- A) destilación fraccionada-rangos de densidad.
- B) destilación fraccionada-puntos de ebullición.
- C) destilación fraccionada-rangos de viscosidad.
- D) decantación de dos fases-rangos de densidad.
- E) decantación de dos fases-puntos de ebullición.

5. El petróleo es \_\_\_\_\_ de hidrocarburos porque su fase líquida se puede separar en varias fracciones por el método de destilación fraccionada que se basa en sus diferentes \_\_\_\_\_

- A) una mezcla compleja – puntos de ebullición.
- B) un compuesto orgánico – rangos de densidad.
- C) una mezcla homogénea – rangos de densidad.
- D) un compuesto inorgánico – puntos de ebullición.
- E) una mezcla de elementos – rangos de viscosidad.

6. Entre los diferentes tipos de petróleo el de mayor valor económico es el de \_\_\_\_\_ porque a partir de él se obtiene más \_\_\_\_\_

- A) mayor densidad – aceites lubricantes.
- A) mayor densidad – gas natural.
- C) mayor densidad – chapopote.
- D) menor densidad – gasolina.
- E) menor densidad – cera.

7. En nuestro país hay gran riqueza petrolera, principalmente en los estados de:

- A) Tabasco y Oaxaca.    B) Yucatán y Campeche.    C) Tamaulipas y Veracruz.
- B) Oaxaca y Chiapas.    E) Tabasco y Campeche.

8. Si decimos que el carbono es tetravalente y tiene capacidad de concatenarse significa que:

- A) Se une consigo mismo y forma cuatro enlaces covalentes con elementos diferentes.
- B) Siempre se une con cuatro elementos y forma cadenas al unirse con otros átomos de carbono.
- C) Produce cuatro enlaces con otros átomos y forma cadenas al unirse con otros átomos de carbono.
- D) Puede formar cadenas muy largas y se puede unir con enlaces dobles y triples con otros átomos.
- E) Completa ocho electrones al enlazarse y forma diferentes tipos de enlaces con otros átomos.

9. La distribución espacial de los enlaces entre los átomos de carbono cuando forman enlaces sencillos, dobles y triples es respectivamente la siguiente:

- A) Tetraédrica, lineal, y triangular.
- B) Tetraédrica, triangular y lineal.
- C) Lineal, tetraédrica y triangular.
- D) Triangular, lineal y tetraédrica.
- E) Lineal, triangular y tetraédrica.

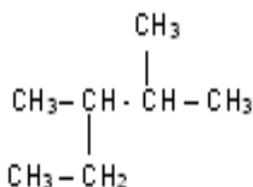
10. ¿Cuándo hay un triple enlace entre dos átomos de carbono, qué tipo de uniones se presentan?

- A) Dos pi y dos sigma.
- B) Una pi y dos sigma.
- C) Una sigma y dos pi.
- D) Una pi y una sigma.
- E) Dos sigma y tres pi.

11. Generalmente en la petroquímica se utilizan hidrocarburos que poseen doble o triple enlace, debido a que los

- A) compuestos que tiene dobles enlaces y los triples enlaces son sólidos.
- B) dobles y los triples enlaces producen compuestos más resistentes.
- C) dobles y los triples enlaces son más reactivos que los sencillos.
- D) dobles y los triples enlaces son más estables que los sencillos.
- E) compuestos que tienen enlaces sencillos son gaseosos.

12. ¿Cuál es el nombre del siguiente compuesto?



- A) 2 etil, 3 metil, pentano.
- B) 3 metil, 4 etil pentano.
- C) 3, 4 dimetil hexano.
- D) 3, 4 dietil butano.
- E) 2, 3 dimetilpentano.

13. Relaciona el tipo de fórmula con su representación.

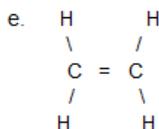
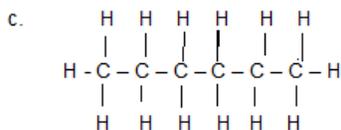
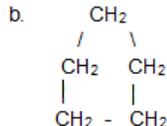
Tipo de fórmula:

- I. desarrollada en etileno.
- II. condensada en butano.
- III. semidesarrollado del propino.
- IV. semidesarrollada del ciclopentano.
- V. condensada del penteno.
- VI. desarrollada del hexano.

**“Un profesor trabaja para la eternidad:  
nadie puede predecir dónde acabará su influencia”**

Henry Adams

Representación:



- A) I: a - II: d - III: b - IV: c - V: e - VI: f  
B) I: b - II: c - III: f - IV: a - V: d - VI: e  
C) I: c - II: e - III: a - IV: b - V: f - VI: d  
D) I: d - II: a - III: c - IV: f - V: e - VI: b  
E) I: e - II: d - III: f - IV: b - V: a - VI: c

**14. Serie homóloga al que pertenece el siguiente compuesto cuya fórmula:**



- A) Hidrocarburos. B) Ácidos. C) Alcoholes. D) Éteres. E) Esteres

**15. Es el conjunto de átomos característicos de una función química y que participan en las reacciones:**

- A) Halogenuros.  
B) Radicales libres.  
C) Sustancias puras.  
D) Series homólogas.  
E) Grupos funcionales.

**16. La síntesis de Friedel-Craft constituye un método muy importante de obtención de hidrocarburos aromáticos sustituidos, tiene lugar por reacción de benceno con**

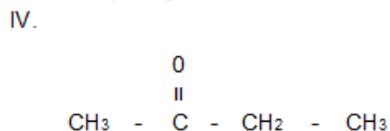
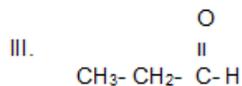
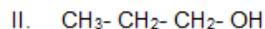
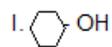
- A) acetileno.  
B) halogenuro de acilo.  
C) halogenuro de alquilo.  
D) halogenuros de alquilo o acilo en presencia de catalizadores ácidos de Lewis.

**APOYO. Se recomienda videos de you tube: Acilación de Friedel-Craf**

<https://www.youtube.com/watch?v=PmT9-8L11tk> (video; 19 de octubre de 2014)

<https://www.youtube.com/watch?v=e19Ru7xKZi0> (video; 22 ene. 2016)

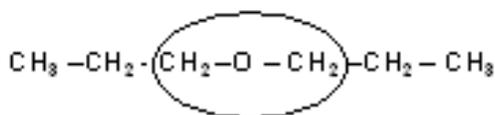
17. De los siguientes compuestos ¿Cuáles poseen el mismo grupo funcional?



- A) I y II
- B) I y III
- C) I y IV
- D) II y III
- E) III y IV

18. ¿Cuál es el nombre del grupo funcional encerrado en el ovalo?

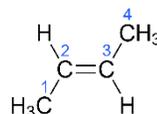
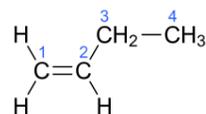
- A) Ciano
- B) Halo
- C) Oxi
- D) Alquil
- E) Amido



19. El 1-buteno y el 2-buteno son ejemplos de isómeros:

- A) Ópticos.
- B) Cis, trans.
- C) Funcionales.
- D) De posición.
- E) Geométricos.

➤ <https://www.lifeder.com/buteno/>



20. ¿Cuál de las siguientes fórmulas semidesarrolladas representa un ácido orgánico?

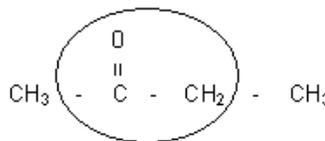
- A) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-COOH
- B) C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>-COO-CH<sub>3</sub>
- C) C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>-CHO
- D) CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>3</sub>
- E) CH<sub>3</sub>-NH<sub>2</sub>

21. Se pueden identificar que dos compuestos tienen el mismo grupo funcional porque poseen

- A) gran pureza.
- B) grupos químicos.
- C) propiedades análogas.
- D) igual número de carbonos.

22. ¿Cuál es el nombre que recibe la función química encerrado en el oval?

- A) Anhídrido.
- B) Aldehído.
- C) Alcohol.
- D) Cetona.
- E) Éter.



23. En la sustitución nucleófila de derivados halogenados que afirmación es falsa:

- A) El átomo de halógeno es sustituido por otro átomo o grupo atómico.
- B) Estas reacciones son muy utilizadas en síntesis orgánicas.
- C) Se trata de una deshidrogenación.
- D) Pueden ser de dos tipos.
- E) Todas son verdaderas.

24. El \_\_\_\_\_ es un elemento químico que se elimina durante el proceso de preparación de las gasolinas debido a que el óxido formado durante la combustión es precursor de la lluvia ácida.

- A) Nitrógeno. B) Azufre. C) Mercurio. D) Plomo. E) Silicio.

25. Dos de las medidas que se han tomado en México para disminuir la contaminación por la combustión de productos del petróleo son la:

- A) Obtención de gasolinas de cadenas mayores a 12 átomos de carbono y cerradas.
- B) Eliminación del plomo y del nitrógeno que contienen los hidrocarburos.
- C) Obtención de gasolinas de cadenas lineales y la eliminación del azufre.
- D) La purificación de las gasolinas por separación y la alquilación de los hidrocarburos.
- E) La sustitución del tetraetilo de plomo como antidetonante y la eliminación del azufre.

26. Indica las sustancias químicas que son contaminantes atmosféricos producidos por combustibles fósiles:

- A)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , y  $\text{H}_2\text{O}$
- B)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , y  $\text{O}_3$
- C)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CO}$ , y  $\text{H}_2\text{O}$
- D)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , y  $\text{NO}_x$
- E)  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , y  $\text{Cl}_2$

Lo que sabemos es una gota de agua;  
lo que ignoramos es el océano.

**ISACC NEWTON**

Coordinador, Francisco Álvarez Herrera

Y colaboradores, profesores de química del plantel - Oriente

## Presentación de la unidad 2

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

El contenido de la presente unidad tiene relación con el propósito y ésta organizado con el desarrollo de los diez aprendizajes que propone el programa de Química IV. De acuerdo a la experiencia las temáticas que siempre se le complica al estudiante para aprender son principalmente los de Nivel 2 y 3 así se tiene la siguiente lista:

- Estructura de los polímeros.
- Relación estructura y propiedades de los polímeros. (N2)
- Reacción de polimerización por adición y por condensación.
- Reactividad de los dobles y triples enlaces y de los grupos funcionales. (N2)
- Clasificación de polímeros. (N3)
- Polimerización por condensación. (N2)
- Condiciones de reacción de los dos tipos de la polimerización. (N2)
- Enlaces intermoleculares y propiedades de polímeros.
- Fuerzas intermoleculares: (N3)
- Nuevos materiales poliméricos. (N2)

Como se observa en esta unidad el 10 % son de nivel 1, el 70% de los aprendizajes son de Nivel 2 y el resto de Nivel 3.

Las temáticas por ser en su mayoría de comprensión sugerimos al profesor una amplia variedad de información con actividades diversas como elaboración de modelos, cuestionarios y tareas para el estudiante, así como tres actividades experimentales para observar las reacciones de adición y condensación y aplicaciones para mejorar las propiedades de un polímero líquido.

Para las temáticas de Nivel 2 y 3 se propone una amplia información con ejemplos, aplicaciones, indudablemente siempre con la intervención de la reacción química.

Con la finalidad de facilitar el aprendizaje de las temáticas complejas, dentro de las orientaciones didácticas además de los contenidos de la Guía, sugerimos videos de youtube, páginas de internet y libro de texto confiables para que el estudiante consulte sus tareas y las argumente o exponga en clase en equipo o individual. En específico también se sugiere al profesor material de consulta con el propósito de reforzar su docencia.

Al final del desarrollo de los diez aprendizajes se propone un cuestionario de opción múltiple para evaluar la unidad o para aplicar en exámenes ordinarios y extraordinarios. Los conceptos clave se desglosan dentro del desarrollo de las temáticas.

Finalmente se desglosa la bibliografía básica con libros de texto recomendados para el profesor y complementaria, así como páginas de internet para información documental.

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

### Propósito

#### Al finalizar la unidad el estudiante:

Valorará la importancia de la síntesis química en el desarrollo de materiales que impactan a la sociedad en diversos ámbitos, comprenderá que las propiedades de los polímeros dependen de su estructura y que está determina sus múltiples aplicaciones, asimismo reconocerá la necesidad de participar en la solución del problema de contaminación ambiental por el desecho de materiales poliméricos, a partir del trabajo en equipo y mediante la investigación documental y experimental.

**Tiempo: 26 horas.**

#### Estrategia 1

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



Se recomienda al profesor solicitar a los estudiantes que hagan un listado de los polímeros que usan cotidianamente, para que discutan sobre su clasificación en naturales o sintéticos.

#### Lectura

Las aplicaciones de los polímeros sintéticos. (N2)

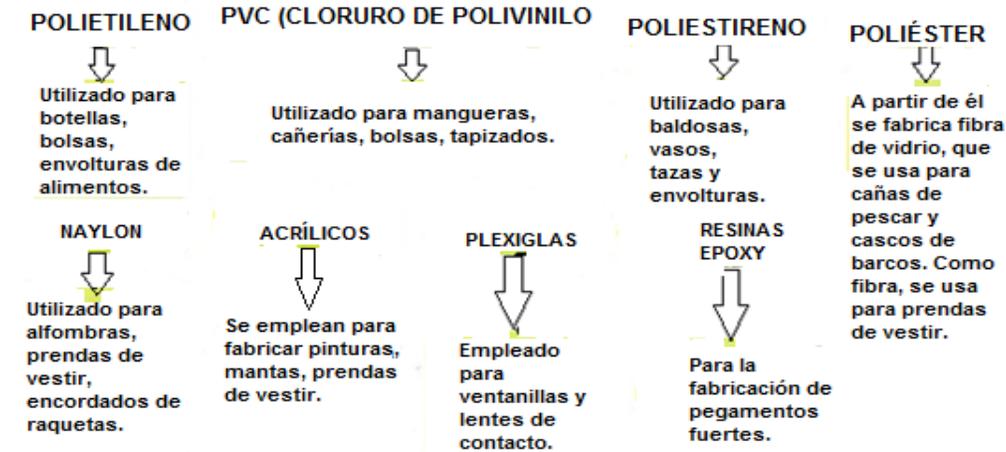
Los polímeros derivados de la industria petroquímica son materiales sintéticos cuyas moléculas están formadas por cadenas muy largas de una o más unidades conocidas como monómeros.

Los polímeros sintéticos son enormemente versátiles. Su resistencia a la conducción eléctrica los han hecho **ideales para revestimientos y aislantes**, así como algunos de punto de fusión muy elevado sirven también para aislar utensilios de cocina (teflón), otros se usan para envases y empaques (unicel) en instalación de tuberías hidráulicas (PVC) y por su gran resistencia se usan en mangos de sarten y aparatos eléctricos (baquelita), tapetes (PP), envases PET.

El gran uso de los polímeros se encuentran en los sectores de la; construcción, medicina, odontología, automotriz, eléctrico, electrónico, agricultura, aeronáutica y otros.

El consumo de polímeros sintéticos o plásticos ha aumentado considerablemente en los últimos años. Estos petroquímicos han sustituido parcial y a veces totalmente a muchos materiales naturales como la madera, algodón, papel, lana, piel, acero y el concreto. Veamos el siguiente cuadro de cuatro polímeros con sus usos de cada uno de ellos en la vida cotidiana o su aplicación como materia prima para obtener otros productos del mismo género ►

## DIFERENTES APLICACIONES DE LOS PLÁSTICOS



Existen materiales que presentan propiedades **hidrofóbicas**, (una **sustancia es hidrofóbica** si no es miscible con el agua) otros se usan como aislantes eléctricos, etcétera. Así pues, no es difícil explicarse la enorme importancia tecnológica de estos materiales y el por qué los polímeros ocupan un lugar, por el momento insustituible, en la vida diaria de todo ser humano. Son ligeros, son resistentes y no se gastan con rapidez. Se pueden hacer en cualquier color, brillantes o mate, transparente u opaco. Son también muy buenos aislantes.

### **Clasificación de los polímeros por su origen (N1)**

Los polímeros se dividen en dos extensos grupos: polímeros sintéticos y biopolímeros. Los polímeros sintéticos son sintetizados por científicos, mientras que los biopolímeros son sintetizados por organismos.

- ✓ **Polímeros naturales.** Existen polímeros naturales de gran significación comercial como el algodón, formado por fibras de celulosa. La celulosa se encuentra en la madera y en los tallos de muchas plantas, y se emplea para hacer telas y papel.

Los polímeros naturales han existido desde el surgimiento de la vida en la Tierra. Algunos carbohidratos, así como el caucho y otras gomas naturales, las proteínas y los **ácidos nucleicos**, son polímeros. De hecho, una buena parte de nuestro cuerpo está constituido por ellos, y más aún, los procesos a partir de los cuales surge la vida dependen de los cambios químicos que sufren estos ácidos al momento de formarse y de reorganizarse.

El hule o caucho natural, la seda es otro polímero natural muy apreciado y es una poliamida semejante al nylon. La lana, proteína del pelo de las ovejas, el hule de los árboles de Hevea y de los arbustos del Guayule, el henequén son polímeros naturales importantes.

- ✓ **Polímeros semisintéticos.** Se obtienen por transformación de polímeros naturales. Por ejemplo, la nitrocelulosa y el caucho vulcanizado.
- ✓ **Polímeros sintéticos.** Muchos polímeros se obtienen industrialmente a partir de los monómeros. Por ejemplo, el nylon, el poliestireno, el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno, el politereftalato (PET).

### La palabra plástico



Proviene de **plastikos**, de origen griego que se refiere a la facilidad o susceptibilidad de un cuerpo a ser moldeado o modelado. La misma palabra define una de las propiedades más importantes del material: **la plasticidad o capacidad de deformarse.**

La palabra plástico se puede referir a todas las sustancias sin punto fijo de ebullición, que en un intervalo de temperaturas, son flexibles y elásticas y por lo tanto, moldeables y adaptables a diversas formas y aplicaciones.

Los plásticos son polímeros, es decir, estructuras compuestas por miles de moléculas. Algunas veces plástico y polímero son usados como sinónimos, pero en realidad, la palabra plástico define a cualquier material moldeable, mientras polímero, define a las sustancias molecularmente. Todos los plásticos comerciales conocidos son polímeros.

### COMENTARIO

- ❖ El henequén conocido como la planta de oro verde de Yucatán.

El henequén o el agave de sisal originado en la península de Yucatán difiere del sisal, *Agave sisalana*, ligeramente; ambos son híbridos de agave altamente fibrosos que se propagan con retoños de crecimiento basal.

Los agaves de henequén tienen hojas en forma de espada que crecen de 1,5 a 2 metros de altura. Su fibra tenía un alto valor comercial antes de que las fibras artificiales reemplazaran a las fibras naturales en la fabricación de cuerdas.

### Tarea para el estudiante.

Investiga las aplicaciones del polietileno negro en la construcción y agricultura.

- <https://www.sutsaprint.com.mx/Noticia-94-Character%C3%ADsticas-y-Beneficios-del-Polietileno-Negro>

El henequén es la **fibra natural** más usada en la elaboración de cuerdas, son fibras naturales con una buena seguridad en el nudo, gran resistencia a la tracción y una buena capacidad de agarre. Además de ser biodegradable, resistente, flexible, resistente a los rayos **U.V.** además de la característica más buscada en esta cuerda es la economía, ya que es una de las cuerdas más económicas que se puede encontrar en el mercado.



Esta cuerda se utiliza para el área Náutica así como también en empaques, en la agricultura, ganadería. Además de ser un material biodegradable lo que le ayuda al medio ambiente al no ser un agente contaminante si al hilo o la cuerda no se le agregan aditivos.

➤ **Referencia:** <http://abcindustrialtextil.com.mx/henequen-fibra-de-sisal/>



El profesor dirige la discusión para que los estudiantes concluyan que al tratar de replicar las propiedades de los polímeros naturales, el hombre ha desarrollado nuevos materiales poliméricos con propiedades extraordinarias.

**A<sub>1</sub>**

### Questionario No. 1

1. ¿Son las sustancias que pueden reblandecerse por el calor y después formarse por presión? \_\_\_\_\_
2. ¿Por qué el polietileno es un plástico? \_\_\_\_\_
3. ¿Cuál es el polímero que ofrece un excelente ejemplo de cómo las variaciones de su estructura pueden afectar sus propiedades resultantes? \_\_\_\_\_.
4. En que consiste el **efecto de memoria en el polietileno** y otros polímeros.  
➤ <https://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno>
5. Describe las características del plexiglás. (Publicado 6 feb. 2020 – en)  
➤ <https://serveiestacio.com/blog/que-es-plexiglas-y-cuales-son-sus-usos/>
6. ¿Que es el algodón? ¿De que está compuesto? Tipos de algodón.  
Consultar; <https://www.caracteristicas.co/algodon/>
7. ¿Que es la **gutapercha**? ¿Donde tiene aplicaciones la gutapercha? Consultar;  
➤ <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48304592> 8 (19 de mayo de 2019)  
➤ <https://es.slideshare.net/cmavis10/gutapercha-76101897> (18 may. 2017)

**A1.(H, V)** El estudiante 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**

## Propiedades físicas de los polímeros



Los estudiantes observan la flexibilidad, y resistencia mecánica, de polímeros de uso cotidiano. En actividad grupal concluyen que los polímeros tienen una gran diversidad de aplicaciones debido a sus propiedades. **A2**

### Resistencia y flexibilidad. (N1)

La riqueza de los polímeros empieza cuando, una vez sintetizados, intentamos cambiar sus propiedades físicas. Las técnicas empleadas son muchas y una de ellas consiste en agregar al polímero, generalmente disuelto, alguna sustancia que haga que las cadenas poliméricas se entrecrucen y se obtenga un polímero más estructurado y, por lo tanto, un **producto con mayor viscosidad y resistencia**, por lo que un polímero no tan estructurado (ejemplo lineal) es menos **flexible** y sin demasiada resistencia.

Muchos plásticos se utilizan en estado puro. Para mejorarlos se añaden varios materiales diferentes conocidos como aditivos. Los productos constituidos por plásticos puros y aditivos se conocen como compuestos, aunque también suele denominarseles con el término inglés “composites”.

**La resistencia de un plástico puede aumentarse añadiéndole vidrio, carbono, boro, o fibras metálicas. Los materiales conocidos como plastificantes hacen que los plásticos sean más flexibles y resulte más fácil trabajar con ellos. Entre los plastificantes típicos figuran los sólidos que se funden a baja temperatura, líquidos orgánicos, el alcanfor y el aceite de ricino.**

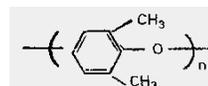
Los aditivos son materiales compuestos por pequeñas partículas que vuelven al plástico resistente al fuego; al ataque por el calor, la luz o sustancias químicas, y a la abrasión ( Enciclopedia de la ciencia y la tecnología. Plásticos, p. 993).

Por ejemplo en la vulcanización, en el cual las moléculas de azufre actúan como la sustancia que se encarga de entrecruzar las moléculas del caucho, dándole más **resistencia y flexibilidad**.

Otro ejemplo, el politereftalato de etileno (PET) con el cual se fabrican los envases de refrescos, es muy cristalino y sin embargo las botellas son transparentes. El tamaño de sus cristales es menor que la longitud de onda de la luz visible, precisamente por esa razón podemos observar el contenido del envase.

La razón por lo cual el **PET** es transparente se debe a que se formula con ácido benzoico, este ácido aromático actúa como agente de cristalización del PET y de muchos otros plásticos.

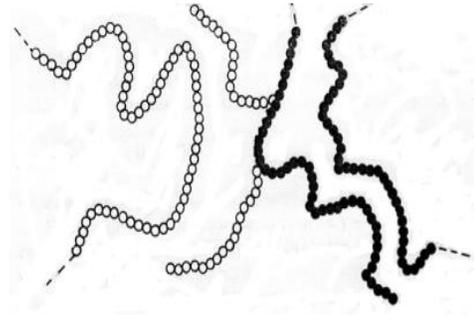
En ocasiones se hacen mezclas para mejorar alguna propiedad, aunque generalmente es a expensas de otra. Por ejemplo, el óxido de polifenileno ►



Tiene excelente resistencia térmica, pero es muy difícil procesarlo.

El poliestireno tiene justamente las propiedades contrarias, de manera que al mezclarlos se gana en facilidad de procesamiento, aunque resulte un material que no resistirá temperaturas tan altas. Sin embargo, en este caso hay un efecto **sinérgico**, (Cualquier efecto de **dos productos químicos que actúan juntos**, mayor que la simple suma de sus efectos cuando actúan solos) en el sentido de que la resistencia mecánica es mejor en algunos aspectos que la de cualquiera de los dos polímeros.

Esto no es frecuente, porque puede ocurrir únicamente cuando hay perfecta compatibilidad entre los dos polímeros y por regla general no la hay, así que en la mayoría de los casos debe agregarse un tercer ingrediente para compatibilizar la mezcla. Lo que se emplea casi siempre es un copolímero injertado, o uno de bloque que contenga unidades estructurales de los dos polímeros.



Otras veces se mezcla simplemente para reducir el costo del material. En otros casos, pequeñas cantidades de un polímero de alta calidad pueden mejorar la de otro, al grado de permitir alguna nueva aplicación.

### **Aditivos que mejoran las propiedades mecánicas**

Modificadores de impacto: **su función es** mejorar la resistencia al impacto, **sobre todo a bajas temperaturas, y suelen ser los** plastificantes y flexibilizantes.

El Reglamento (UE) N° 10/2011 establece en su artículo 5 la **lista de sustancias autorizadas** para la **fabricación y comercialización** de los **materiales y objetos plásticos** que están destinados a entrar en contacto con los alimentos. Entre ellas se encuentran los **aditivos**, excluidos los colorantes, como ya te mostramos en el papel del envase flexible en la seguridad alimentaria. Referencia:  
<https://www.spg-pack.com/blog/aditivos-plasticos/>

### **Tarea para el estudiante.**

Tipos de aditivos para plásticos y sus funciones.

Elaborar una lista de aditivos que facilitan el procesado

5 feb. 2019 en:

- <https://www.spg-pack.com/blog/aditivos-plasticos/>

**A2. (C, H, V)** El estudiante reconoce la versatilidad de los polímeros al observar la resistencia mecánica y flexibilidad de diferentes muestras. **N2**

## Estructura de los polímeros (A3)

### Concepto de monómeros y polímeros (N2)

◆ **Monómero.** Unidad fundamental de la cual está compuesto un polímero.

En química orgánica a la molécula simple se considera la unidad pequeña que entra en una reacción química.

◆ **Polímero.** Es la unión de varias unidades monómeras para obtener una molécula gigante también denominada macromolécula.

Aplicación de algunos monómeros

Monómero	Aplicación
Cloruro de vinilo (PVC)	Películas y ropa impermeable.
Estireno Poliestireno	Espuma y artículos moldeados.
Acrilo nitrilo Acrilán	Fibras para alfombras y ropa.
Propeno Propileno	Artículos moldeados y alfombras exteriores.

El término **polímero** viene del griego *polys*, muchos y *meros*, parte principal. Básicamente, un polímero es una molécula gigante, construida a partir de unidades químicas simples, o llamadas **monómeros enlazados covalentemente**.

Por ejemplo, una molécula de etileno ( $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ) puede ser la unidad básica, a partir de la cual podemos fabricar polietileno  $[-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -]_n$  usado entre otras cosas, para fabricar envases de plástico.

### La estructura química de los polímeros. (N2)

La estructura de un polímero se indica mediante la *fórmula estructural*, la que da cuenta del tipo y número de átomos que lo componen (composición), la forma en que estos están unidos entre sí (constitución) y la orientación que estos adoptan en el espacio (estereoquímica).

El término plástico puede utilizarse como adjetivo y como sustantivo. Como adjetivo se refiere a todo material que se puede moldear aplicándole calor o presión. **Así se dice que materiales como las ceras blandas, el asfalto y las arcillas húmedas son plásticos.**

Como sustantivo se utiliza para denominar a un polímero natural o sintético. Un polímero es un material cuyas moléculas están formadas por cadenas muy largas de una o más unidades denominadas monómeros. Un ejemplo es el polímero llamado polietileno, formado por miles de unidades de etileno unidas entre sí en largas cadenas. Si cada unidad de etileno (monómero) se representa con la letra E, el polímero polietileno puede representarse de la manera siguiente:

-E-

Así pues, aunque estrictamente el término “plástico” puede aplicarse tanto a un material natural como a uno sintético, la mayoría de la gente lo emplea para referirse más que nada a materiales artificiales. Sustancias como el nylon, el plexiglás, el teflón y el cloruro de polivinilo (PVC) son ejemplos de esos materiales ( Enciclopedia de la ciencia y la tecnología, 2003: Vol. 3).

Los alquenos por tener doble ligadura producen polímeros de adición al romperse la ligadura  $\pi$  se desdobra la molécula para su adición continua así se generan los cuatro primeros de la tabla, para los poliésteres y fenólicos se requieren dos monómeros con doble grupo funcional, por ejemplo para sintetizar el PET se utiliza un dialcohol y un diácido, pero para los fenólicos los reactivos son el **fenol** y la formaldehída o también en su lugar se usa el **resorcinol**.

Nombre	Estructura
Polietileno	$\text{---CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{---CH}_2\text{---}$
Policloruro de vinilo	$\text{---CH}_2\text{CH---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span>Cl</span> <span>Cl</span> <span>Cl</span> </div>
Polipropileno	$\text{---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span>CH<sub>3</sub></span> <span>CH<sub>3</sub></span> <span>CH<sub>3</sub></span> </div>
Poliestireno	$\text{---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub></span> <span>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub></span> <span>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub></span> </div>
Poliésteres	$\text{---O---C(=O)---C}_6\text{H}_4\text{---C(=O)---O---CH}_2\text{---CH}_2\text{---O---}$
Fenólicos	$\text{---C}_6\text{H}_3(\text{OH})\text{---CH}_2\text{---C}_6\text{H}_3(\text{OH})\text{---CH}_2\text{---}$ $\text{---C}_6\text{H}_3(\text{OH})\text{---CH}_2\text{---C}_6\text{H}_3(\text{OH})\text{---CH}_2\text{---}$

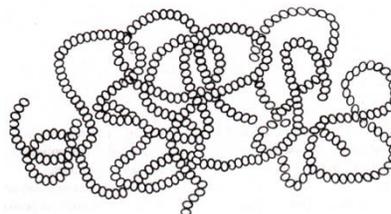


Los estudiantes modelan las cadenas poliméricas con diversos materiales (clips, fichas de dominó, barritas hechas de plastilina, cuentas de vidrio, imanes de balín), que servirán como monómeros para estructuras geométricas que representan las disposiciones lineales, ramificadas y reticulares de las cadenas poliméricas.

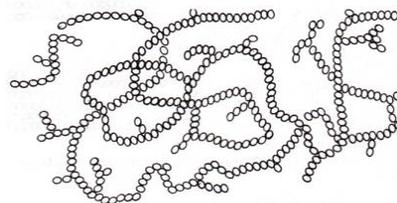
El estudiante debe concluir que a pesar de utilizar la misma unidad (monómeros) pueden construir diversas formas con características variadas.

## Estructura lineal, ramificada, entrecruzada y reticular de los polímeros. N2

Otra de las características de **los polímeros es que son mezclas de cadenas** de diferentes tamaños y, en consecuencia, tanto  $n$  como el peso molecular son promedios. En algunos polímeros, las cadenas están sueltas y, en otros casos, se encuentran conectadas por enlaces covalentes (fenólicas, urea, melamina). En el primer caso, la estructura podría representarse de esta forma ►



Las cadenas pueden estar enmarañadas, pero no unidas por enlaces permanentes. También pueden tener **ramificaciones** ►

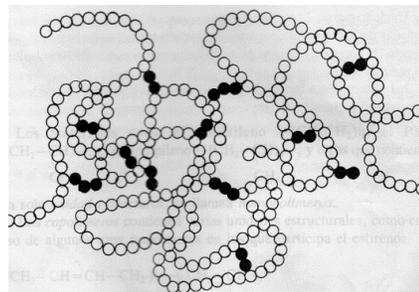


**Los polímeros lineales y los ramificados se reblandecen por la acción del calor** y entonces se les puede dar forma por moldeo, compresión, extrusión, etc. Si las piezas salen mal, el polímero se puede reprocesar. Este tipo de material se conoce como **termoplástico**.

En cambio, los polímeros que tienen sus cadenas unidas se llaman termofijos, porque ya no se reblandecen al ser calentados, ni tampoco pueden disolverse [Ureta Barrón Ernesto. (2000) **Polímeros** “Estructura, propiedades y aplicaciones” LIMUSA.]

Para procesar este tipo de materiales, se prepara un prepolímero termoplástico y se efectúa el entrecruzamiento químico en la pieza ya terminada (en el molde por ejemplo).

La estructura de los termofijos ya curados o **entrecruzados**, se representa de la siguiente forma ►



### Tarea para el estudiante.

Elabora un organizador gráfico para la clasificación de los polímeros que se sustenta en las estructuras químicas, el comportamiento frente al calor y las propiedades mecánicas.

► <https://www.textoscientificos.com/polimeros/clasificacion>

23 jun. 2013 - Los *polímeros* son grandes moléculas llamadas macromoléculas, que por lo ... Algunos ejemplos de *polímeros* sintéticos son el nylon, ... Clasificación de los *polímeros* · Procesos de fabricación de *polímeros* sintéticos.

## Relación estructura y propiedades de los polímeros. (N2)

En realidad la designación general de “materiales plásticos” para esta clase de sustancias no es una elección muy feliz. En mecánica se designa como plástico a cierto tipo de comportamiento de los materiales que ceden fácilmente ante los esfuerzos de deformación y mantienen pasivamente la forma que se les quiso impartir. El comportamiento opuesto es el elástico: un cuerpo elástico sometido a un esfuerzo, se deforma mientras éste se aplica y vuelve a su forma original no bien cesa el esfuerzo.

En cambio, el comportamiento de los materiales plásticos es sumamente variado: algunos son, en efecto, plásticos a ciertas temperaturas y rígidos a otras, inferiores. Pero otros no poseen esa propiedad. Lo que si agrupa a todas las sustancias de esta enorme familia es una característica común de su estructura molecular (macromoléculas, polímeros), formados por unidades más sencillas que se enlazan químicamente unas con otras en cadenas de longitud indefinida.

Desde un punto de vista general se puede hablar de tres tipos de polímeros:

### Elastómeros

Polímeros con enlaces moleculares sueltos, siendo elásticos como caucho a temperatura normal, después de calentarlos se efectúa su endurecimiento (vulcanización) irreversible.

Los elastómeros más populares son el caucho natural y el caucho de silicona.

### Termoplásticos

Polímeros con estructura molecular lineal, con o sin cadenas laterales que al ser transformados en objetos no cambian sus propiedades termoplásticas durante el moldeamiento.

Los termoplásticos son los materiales generalmente usados en aparatos de laboratorio de plástico. Por esta razón damos una descripción corta de algunos plásticos de este grupo, subrayando sus estructuras y sus propiedades mecánicas, químicas y físicas.

### Duroplásticos

Se trata de polímeros con enlaces moleculares fuertemente unidos, siendo muy duros y rígidos a temperatura ambiente; después de un calentamiento se efectúa el endurecimiento irreversible. Estos plásticos no se suelen usar muy frecuentemente en aparatos de laboratorio. Los duroplásticos más populares son las **resinas** de melamina.

### Tarea para el estudiante.

¿Qué son los termoplásticos y cuáles son sus características?

➤ <https://www.aristegui.info/que-son-los-termoplasticos/>

En ciertos casos, esas macromoléculas son lineales, con ramas laterales cortas. En otras, se unen químicamente para formar estructuras bi o tridimensionales. Este proceso de interconexión de las cadenas lineales para formar estructuras más complejas se puede lograr mediante reacciones químicas como el proceso del “vulcanizado” del caucho mediante el azufre, o por irradiación con radiaciones ionizantes, como los rayos gamma. Con este tratamiento, los materiales se hacen insolubles y aumenta su estabilidad. Algunos se hacen indeformables, pero otros conservan propiedades elásticas.

## ✓ ELASTÓMEROS

Los elastómeros son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma, que es más adecuado para referirse a vulcanizados. Cada uno de los monómeros que se unen entre sí para formar el polímero está normalmente compuesto de carbono, hidrógeno, oxígeno y/o silicio. Los elastómeros son polímeros amorfos que se encuentran sobre su temperatura de transición vítrea, de ahí esa considerable capacidad de deformación. A temperatura ambiente las gomas son relativamente blandas y deformables.

Se usan principalmente para cierres herméticos, adhesivos y partes flexibles. Comenzaron a utilizarse a finales del siglo XIX, dando lugar a aplicaciones hasta entonces imposibles (como los neumáticos de automóvil).

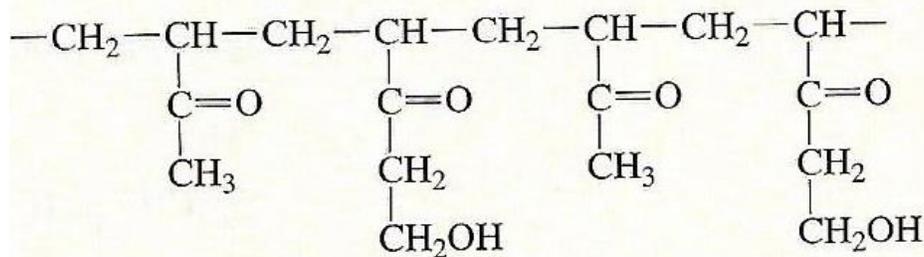
**Tarea para el estudiante.** Dibuja la estructura molecular de un elastómero.

- <https://www.monografias.com/trabajos102/elastomeros-contenido-completo/elastomeros-contenido-completo.shtml>

## COMENTARIO

### ❖ Diseño de un polímero

Un polímero utilizado para hacer lentes de contacto debe ser lo bastante hidrofílico como para permitir la lubricación del ojo. Por lo tanto, dicho polímero tiene muchos grupos **OH** (Yurkanis Bruice, 2007).

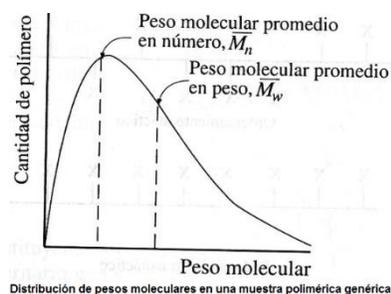


## Tamaño de los polímeros y su forma

A pesar de estar constituidos casi exclusivamente por los mismos tipos de átomos que las sustancias orgánicas convencionales y derivarse de algunas de ellas, los polímeros presentan propiedades muy peculiares que se van a tratar de enfatizar en las páginas siguientes. Por ejemplo, al ponerlos en disolventes adecuados, las disoluciones macromoleculares presentan muchas veces un carácter coloidal y su viscosidad es muy elevada, incluso en disoluciones muy diluidas. Los dos fenómenos son atribuibles a una de las peculiaridades más representativas de los polímeros como es el gran tamaño de sus moléculas, tamaño que dificulta, por ejemplo, el paso de estas disoluciones a través de los finos capilares de los viscosímetros convencionales.

Una forma de medir el tamaño de las moléculas de un polímero es medir su peso molecular, que podríamos definir como el grado de polimerización (o número de unidades repetitivas) multiplicado por el peso molecular de cada unidad monomérica. El peso molecular de muchos polímeros comerciales se encuentra en el intervalo  $10^4$  a  $10^6$  g/mol, aunque existen polímeros de peso molecular más alto. Algunas macromoléculas naturales, como el virus del mosaico del tabaco, tienen un peso molecular de hasta  $4 \times 10^7$  g/mol.

Aparte del alto valor que puede alcanzar, existe otra característica relacionada con el peso molecular que diferencia a los polímeros de las sustancias orgánicas. Debido a las propias condiciones de polimerización, cuando se obtiene una determinada cantidad de polímero, las diversas cadenas poliméricas presentes en esa masa tienen distintos pesos moleculares. Dicho en otros términos, la masa polimérica presenta una distribución de pesos moleculares.



Como consecuencia de ello, se hace imposible caracterizar al polímero mediante un único peso molecular (como ocurre con las sustancias no poliméricas) y es preciso definir valores promedio (o momentos) de esa distribución [Areizaga-Cortázar-Elorza- Iruin.(2002) **Polímeros**. Editorial SÍNTESIS, S.A.].

**A3. (C, H, V)** El estudiante 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)**

## Estrategia 2

### ¿Cómo se sintetizan los polímeros?



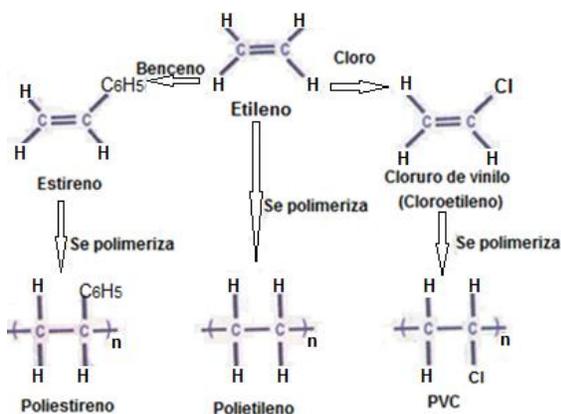
El profesor orienta a los estudiantes para que, a partir de la comparación de las estructuras de distintos polímeros con sus correspondientes monómeros, identifiquen sus sitios reactivos como son los dobles enlaces (reacciones de adición) y/o la presentación de grupos funcionales (reacciones de condensación) en polímeros naturales y sintéticos. **A4**

### Lectura

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

El presente esquema indica que si en la molécula de eteno un átomo de hidrógeno se sustituye por un bencil ( $C_6H_5$ ) o por un cloruro (Cl) se pueden sintetizar de este monómero tres polímeros con propiedades muy diversas; poliestireno, y si no hay sustitución en el monómero de etileno se sintetiza polietileno y al tener el monómero de cloruro de etilo se obtiene el PVC.

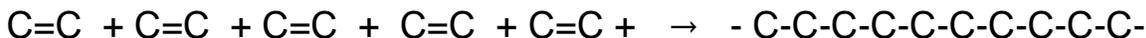
En los polímeros, se distinguen monómeros que se repiten a lo largo de las cadenas. Por ejemplo, podríamos representar al polietileno y al PVC de esta manera ►



### ✓ Monómero eteno

**$-(CH_2 - CH_2)_n$**  - En esta unidad estructural, el grupo funcional es la de un alqueno, por lo que su reactividad química como ya se mencionó anteriormente se encuentra en la doble ligadura. La adición de varias unidades forma el polietileno.

El polietileno resulta de la polimerización del etileno (eteno) en una reacción de adición (ya que se suman las moléculas del monómero); esquemáticamente (sin incluir los átomos de hidrógeno) se representa así:

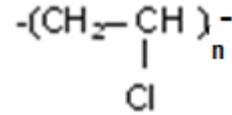


### Tarea para el estudiante.

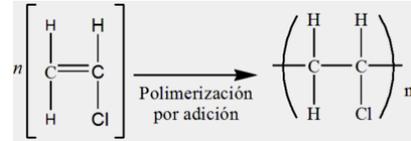
¿Cómo se fabrica el polietileno expandido? Características.

- [https://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno\\_expandido](https://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno_expandido)
- <https://polietilenoexpandido.com.mx/> (Elaborar un resumen)

- ✓ El cloruro de vinilo es un monómero cuya reactividad química se encuentra también en la doble ligadura de la molécula, por lo que al desdoblarse formará entre sí grandes cadenas, con excelentes propiedades mecánicas ►

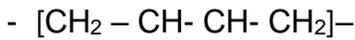


Entonces la longitud de la cadena sería una función del número  $n$  que se llama grado de polimerización. El peso molecular del polímero es  $n$  multiplicado por el peso molecular de la unidad estructural denominada monómero.



### 👁 Ejemplo de cálculo químico

Una muestra de polibutadieno tiene un peso molecular medio aproximado de 10,000 **uma** ¿Cuántas unidades de monómero habrá en la muestra?

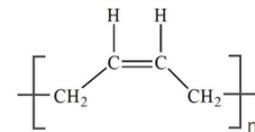
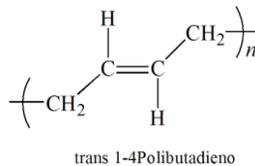


Cálculo del peso molecular:  $4(12) + 6(1) = 54 \text{ g/mol}$ ,

$$n = \frac{10,000}{54} = 185 \text{ unidades}$$

### Tarea para el estudiante.

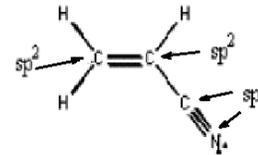
Más información del polibutadieno.



- <https://es.wikipedia.org/wiki/Polibutadieno>. Argumentar y en clase.

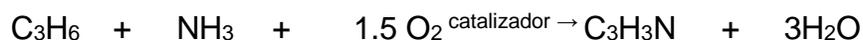
### ✓ El monómero acrilonitrilo

Pese a su relativa simplicidad, la molécula de acrilonitrilo tiene la mayoría de propiedades de las moléculas más complejas. Por ello, constituye un excelente soporte para los estudios de carácter fundamental a la vez que da paso a numerosas aplicaciones ►



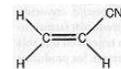
### Obtención del acrilonitrilo

El acrilonitrilo es producido en cantidades comerciales casi exclusivamente por un método desarrollado en fase vapor en el que se produce la oxidación del propileno y amoníaco con catalizadores.



El proceso comercial utiliza un reactor de lecho fluido en el cual el propileno el amoníaco y el aire se ponen en contacto con un catalizador sólido a una temperatura de 400 a 510 °C y una presión entre 0.5 y 2 atmósferas. Es un proceso de una sola pasada y por cada 1.1 Kg de propileno se obtiene 1 Kg de acrilonitrilo.

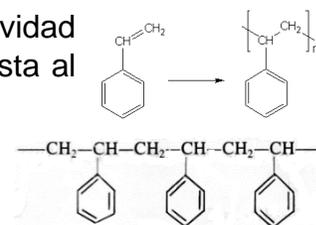
La molécula de acrilonitrilo es una molécula de etileno monosustituida: un átomo de hidrógeno es sustituido por un grupo nitrilo **CN** que le confiere sus propiedades ►



El acrilonitrilo es un líquido sintético, incoloro, de olor penetrante parecido al de la cebolla o al ajo. Puede disolverse en agua y se evapora rápidamente.

La polimerización del acrilonitrilo puede realizarse por apertura de un enlace  $\pi$  del **CN** o por apertura del enlace  $\pi$  del **grupo vinílico**. En el último caso, obtenemos poliacrilonitrilo, fibra textil muy empleada bajo el nombre de Courtelle, Orlon y precursor industrial de la fibra de carbono.

El vinil benceno o estireno es un monómero cuya reactividad química también se encuentra en la **doble ligadura**, esta al desdoblarse produce por **adición** un poliestireno:



Los monómeros se unen para formar una larga cadena estructural ►

#### ✓ El monómero del teflón

En los laboratorios DuPont, en Estados Unidos, el científico Roy Plunkett el 6 de abril de 1938, estaba tratando de inventar nuevos líquidos congelantes para refrigeradores y aires acondicionados en 1938. Había llenado un tanque de gas con enfriador y lo congeló a **-79 ° C**. Pero cuando abrió la válvula al día siguiente para liberar el gas, no salió nada.

Lo que sucedió después, cambió la ropa, la cocina y la industria para siempre. Apenas llevaba dos años trabajando cuando hizo su afortunado descubrimiento en 1938. Cuando no salió nada del tanque en el experimento del líquido refrigerante, Plunkett y su asistente pensaron que el tanque tenía una fuga. Lo colocaron en una balanza, pero pesaba lo mismo que cuando estaba lleno. La válvula no estaba taponada, y cuando la desenroscaron, salieron unas grasosas hojuelas blancas. Finalmente, cortaron el tanque por la mitad. El interior también estaba cubierto con la misma resbalosa sustancia blanca.

Esta sustancia similar al plástico tenía una extraordinaria propiedad: ¡no hacia absolutamente nada!

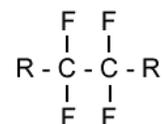
**¡EUREKA!** Plunkett había hecho la sustancia más inerte, resbalosa y no reactiva que jamás se hubiera conocido. Nada afectaba a la nueva sustancia.

El nombre del gas con el que Plunkett había iniciado el experimento parecía trabalenguas: “**tetrafluoretileno**” (TFE). Adivinó que sus minúsculas moléculas de gas se habían unido para formar una cadena larga o polímero, a la que llamó “**politetrafluoretileno**” (PTFE). Más tarde, DuPont la bautizó como teflón.

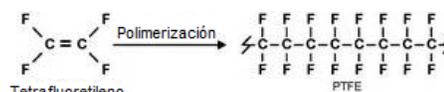
En todo caso, ser resbaladizo es una cualidad sorprendente útil: el teflón podía hacer que las cosas resbalaran con facilidad sin aceite y podía proteger superficies que estuvieran bajo ataque químico. Uno de sus primeros usos fue en el proyecto norteamericano Manhattan, de secreto máximo, para construir una bomba atómica.

Pronto llegaron los usos específicos del teflón. Cuando los Estados Unidos empezaron a enviar astronautas al espacio, fibras recubiertas con teflón protegieron sus trajes espaciales. De igual manera, con recubrimientos de teflón a los sartenes nada se les pegaba, los cocineros podían freír sin grasas ni aceites.

Actualmente, tal vez hay algo de teflón a fin de evitar que las prendas se deshagan de la lluvia, la mugre y las manchas: ¡La gente operada del corazón tiene teflón dentro de su cuerpo! Es una sustancia perfecta para “tejer” vasos sanguíneos artificiales, y no causa reacciones peligrosas, el tejido humano crece entre la sustancia como si fuera parte del paciente (Platt Richard, 2005).



El teflón o PTFE es un polímero en el que se repite el monómero (**F<sub>2</sub>C-CF<sub>2</sub>**) ►



Los átomos de flúor del teflón crean una especie de barrera que dificulta el ataque de agentes químicos sobre la estructura carbonada del mismo.

- Es capaz de resistir temperaturas de unos 300° C durante largos periodos.
- Es resistente a la mayoría de los ácidos y las bases.

Plunkett recibió la Medalla John Scott de la Ciudad de Filadelfia en 1951 por la invención que promueve la comodidad y el bienestar de la especie humana. Plunkett fue ingresado al Salón de la Fama del Plástico en 1973 y al Salón de la Fama de Inventores Nacionales en 1985.

### Tarea para el estudiante.

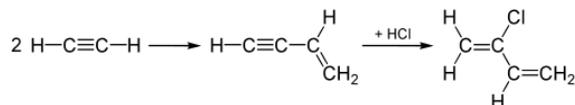
1. **Escribe las ecuaciones químicas balanceadas del proceso de obtención del Tetrafluoroetileno.** <https://es.wikipedia.org/wiki/Tetrafluoroetileno>
2. Recopilar información acerca del mito del teflón.
  - <https://www.lavanguardia.com/comer/tendencias/20200211/473420161094/cosas-que-saber-antes-de-comprar-sartenes-hierro-antiadherente.html>

## El monómero cloropeno

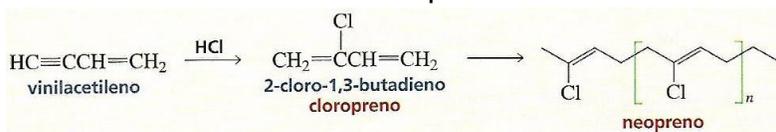
El sacerdote Julius Arthur Nieuwland (1878-1936) realizó gran parte de los primeros trabajos que condujeron a la síntesis de un polímero llamado neopreno, hule sintético.

Nieuwland obtuvo el monómero necesario haciendo reaccionar el vinilacetileno con HCl.

- Dimerización del etino y síntesis del cloropeno



- Polimerización del cloropeno

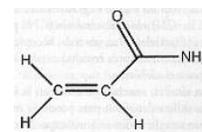


## COMENTARIO

### ❖ Catálisis

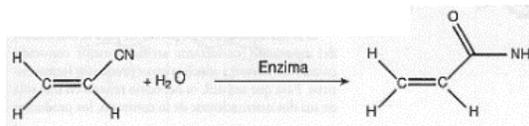
La química dentro de nuestro organismo no puede darse el lujo de producir un montón de desperdicios. Así que mediante técnicas de extracción y cultivo, los biotecnólogos escogen enzimas adecuadas para hacer transformaciones a escala industrial. Veamos algunos ejemplos.

Una de las materias primas que la industria utiliza en grandes cantidades es la **acrilamida** ►



Dicho compuesto, entre otras cosas, se utiliza en grandes cantidades para producir **poliacrilamida**. El proceso que normalmente se ha utilizado para sintetizar esta materia prima a nivel industrial es mediante catalizadores de cobre.

Sin embargo, este proceso tiene que llevarse a cabo a altas temperaturas, y la síntesis de catalizador es difícil y costosa. Es aquí donde las enzimas vienen al rescate: hace algunos años una industria japonesa encontró que ciertas enzimas (que tienen el nombre de hidrasas de nitrilo) son capaces de catalizar la anterior reacción, rápida y a bajas temperaturas lo cual es muy importante tanto por razones económicas como ambientales (Vilar Compte, 2000) ►



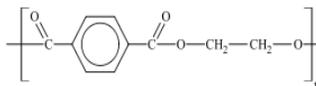
### Nuevo término:

#### B) Pirólisis

Se llama **pirólisis** al proceso en el que una molécula se rompe por la acción del calor. Cuando se pirolizan alcanos, los enlaces C-C se rompen. La pirólisis se lleva a cabo habitualmente a temperaturas de entre 400°C y 1000°C.

## Cuestionario No. 2

1. ¿Cuáles son los grupos funcionales que existen en la estructura del politereftalato de etileno?\_\_\_\_\_.
2. ¿Cuál es la diferencia entre los monómeros del etileno y el teflón?
3. ¿Es correcto escribir el monómero  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$  del propileno para la representación de su polímero?  
Si es así entonces su cadena polimérica sería  $[-\text{C}-\text{C}-\text{CC}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-]$   
¿Consideras que es correcto?
4. ¿La estructura del polipropileno es lineal o ramificada? Explica.
5. Por su estructura ¿en que se distinguen los monómeros del **etileno** y el **tetrafluoretileno**?
6. Más información de la acrilamida.
  - C) <http://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/dieta/hoja-informativa-acrilamida>
  - D) ¿Cuál es su nombre más común en la IUPAC?\_\_\_\_\_.



**A4. (H, C)** El estudiante 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. **(N2)**

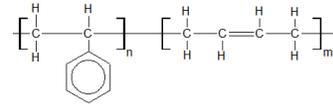
## Lectura

Clasificación en copolímeros y homopolímeros. (A5)

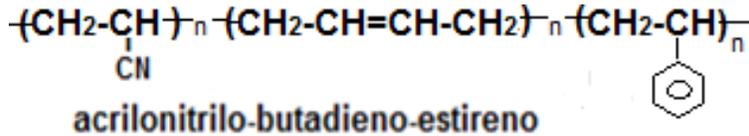
**Los homopolímeros** son macromoléculas formadas por la repetición de unidades monómeras idénticas, es decir no contiene heteroátomos. Dentro de este grupo de polímeros, se distinguen cinco familias principales: las Poliolefinas, los Poliestirénicos, los insaturados (polienos), los polivinilos y los poliacrílicos. La celulosa y el caucho son homopolímeros naturales. El polietileno y el PVC son homopolímeros sintéticos.

**Los copolímeros** contienen varias unidades estructurales, como es el caso de algunos muy importantes en los que participa el estireno, por ejemplo “butadieno-estireno” y “acrilonitrilo-butadieno-estireno”. Estas combinaciones de monómeros se realizan para modificar las propiedades de los polímeros y lograr nuevas aplicaciones. Por ejemplo, el poliestireno es un material que por su transparencia se usa en sistemas de iluminación (anuncios, plafones), pero es muy rígido y frágil.

Por otra parte el butadieno es un material demasiado suave. Si se **copolimerizan el estireno y el butadieno**, se obtiene un material muy parecido al hule natural, al cual sustituye en muchas de sus aplicaciones ►



Ejemplo en el **ABS** (acrilonitrilo butadieno estireno), el acrilonitrilo aporta su resistencia química, el butadieno su flexibilidad y el estireno imparte al material la rigidez que requiere la aplicación particular ►



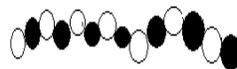
Evidentemente, al variar las proporciones de los monómeros, las propiedades de los copolímeros van cambiando también, de manera que el proceso de copolimerización permite hasta cierto punto fabricar polímeros a la medida.

**La copolimerización** en general destruye la regularidad estructural y baja el grado de cristalinidad a menos de que se trate de copolímeros alternados. La copolimerización se usa industrialmente para reducir la temperatura de fusión de poliésteres y poliamidas que se usan en adhesivos de fusión en caliente (hot melts).

Otro caso es el “cloruro de vinilo-acetato de vinilo”, un copolímero mucho más flexible que el PVC.

No sólo cambian las propiedades al variar las proporciones de los monómeros, sino también al cambiar su posición dentro de las cadenas. Así, existen los siguientes tipos de copolímeros.

**ALTERNADOS** ►



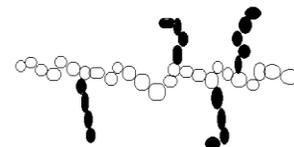
**AL AZAR** ►



**DE BLOQUE** ►



**INJERTADOS** ►



👁 **Nota:** en estos modelos los círculos representan los monómeros, pequeñas unidades moleculares.

## SBR Butadieno-Estireno

Categorías – Caucho sólido | Estanqueidad | Planchas de goma | Resistencia Mecánica.

Los cauchos de butadieno-estireno, constituyen actualmente el tipo de caucho sintético de mayor volumen de consumo. Su abreviatura internacional es **SBR (Styrene Butadiene Rubber)**.

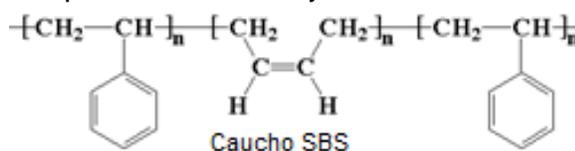
Los primeros **SBR** se sintetizaron a escala industrial en 1937, en Alemania, y se les designó el nombre de Buna S (Buna era el nombre dado a un caucho de polibutadieno que ya se venía fabricando y S es la inicial del nombre alemán del estireno, *Styrol*), pero el espectacular desarrollo de estos cauchos tuvo lugar en los Estados Unidos de América durante la segunda guerra mundial.

<http://www.ericca.es/web/sbr-butadieno-estireno/>

**Más de la mitad del caucho del mundo es SBR. Se sintetiza a partir de materias primas procedentes del petróleo.**

**Las mezclas físicas de polímeros**, que no lleva uniones permanentes entre ellos, también contribuyen a la enorme versatilidad de los materiales poliméricos. Son el equivalente de las **aleaciones metálicas**. Cuando las cadenas de un polímero formado a partir del monómero **B** se encuentran injertadas en una cadena polimérica del monómero **A**, tenemos un copolímero de un injerto.

Un ejemplo de copolímero en bloque, es el caucho **SBS** (estireno-butadieno-estireno). Es un elastómero termoplástico ►



El **SBS** es un caucho duro que se usa para hacer objetos tales como suelas para zapatos, cubiertas de automóviles, neumáticos y otros donde la durabilidad sea factor importante. Los copolímeros de estireno-butadieno con mayor contenido de butadieno, hasta de 60 %, se usan para hacer pinturas y recubrimientos ahulados. Para mejorar la adhesividad, en ocasiones se incorpora el ácido acrílico o los ésteres acrílicos, **que elevan la polaridad de los copolímeros**.

 El profesor dirige una actividad en la que los estudiantes modelan y analizan estructuras de homopolímeros y copolímeros a partir de una serie de ejemplos que el profesor les proporcionará. Con esta información, distingue que es posible la unión entre monómeros iguales y entre monómeros diferentes, dependiendo del mecanismo de polimerización. **A5**

Los plásticos se pueden clasificar por su estructura química, según la columna del polímero y sus cadenas. Algunos grupos importantes son los acrílicos, los poliésteres, las siliconas, los poliuretanos, etcétera. También se pueden clasificar según su calidad para la fabricación o diseño del producto.

## ✓ TERMOPLÁSTICOS

Un **termoplástico** es un plástico que, a temperatura ambiente, es plástico o deformable, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría lo suficiente. La mayor parte de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los cuales poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas Van der Waals (polietileno); fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno, o incluso anillos aromáticos apilados (poliestireno).

Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que después de calentarse y moldearse pueden recalentarse y formar otros objetos, mientras que en el caso de los termoestables o termoduros, después de enfriarse la forma no cambia y arden.

Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces (historial térmico), generalmente disminuyen estas propiedades.

Los más usados son: el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el polimetilmetacrilato (PMMA), el policloruro de vinilo (PVC), el politereftalato de etileno (PET), el teflón (o politetrafluoretileno, PTFE) y el nylon (un tipo de poliamida).

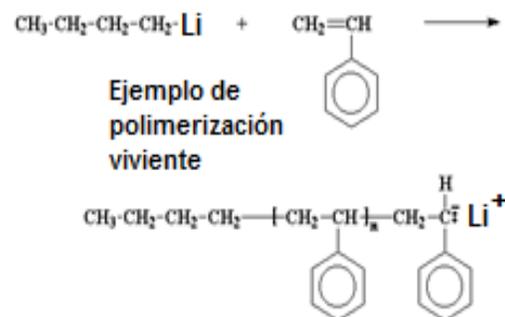
Muchos de los termoplásticos conocidos pueden ser resultado de la suma de varios polímeros, como es el caso del vinilo, que es una mezcla de polietileno y polipropileno.

## COMENTARIO

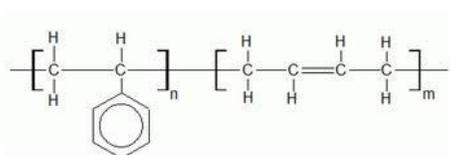
### ❖ Polimerización viviente

Una polimerización viviente es una que tiene lugar sin reacciones de terminación. Esto quiere decir que una vez que el monómero en su recipiente ha sido agotado y se ha transformado en polímero, las cadenas poliméricas aún se encuentran activas. Si usted colocara más monómero dentro del recipiente, se adicionaría al polímero, haciéndolo más grande. Esto nos permite efectuar algunos trucos.

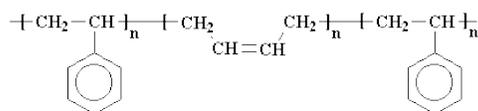
El **SBS** se obtiene por medio de una polimerización aniónica viviente ►



Estructura de un polímero ya terminado:



Copolímero caucho estireno butadieno



Poli(estireno-butadieno-estireno), conocido como caucho SBS

Como se dijo anteriormente el **SBS** es un copolímero en bloque. Su cadena principal está constituida por tres segmentos. El primero es una larga cadena de poliestireno, el del medio es una cadena de polibutadieno, y el último es otra larga sección de poliestireno.

Otro ejemplo copolímero catalítico de etileno y propileno con propiedades elastoméricas, **EPR**.

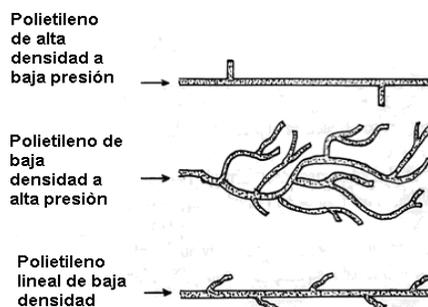
Los cauchos de etileno-propileno son sintetizados tanto en bloques o a partir de monómeros como los polímeros termoplásticos polipropileno y polietileno. **El etileno y el propileno son combinados al azar para producir polímeros elásticos y estables.**

Una amplia familia de elastómeros de etileno-propileno pueden ser producidos alcanzando desde estructuras amorfas no cristalinas hasta semi-cristalinas dependiendo de la composición del polímero y de cómo son combinados.

## Polímeros lineales de alta y baja densidad

Existen tres clases de polietileno ►

Los dos primeros son homopolímeros y el último es un copolímero del etileno con otros monómeros (Ureta Barrón, 2000).



### Clasificación del polietileno de alta densidad

Se consideran los siguientes parámetros:

Densidad, contenido de monómeros, peso molecular, distribución de peso molecular, Índice de fluidez y modificación. La clasificación que más se utiliza es la densidad, pues este parámetro es un buen indicativo de las cualidades entre los Polietilenos, donde en general, con densidades altas, mayores propiedades mecánicas. El contenido de monómeros determina en gran medida la estructura del polímero de etileno, en particular el grado de ramificación. En este sentido, de esto dependen las cualidades del plástico.

Los Polímeros de etileno por el contenido de monómeros se puede clasificar como:

### **Homopolímeros Copolímeros**

El tipo copolímero presenta pequeñas ramificaciones metil, etil, butil, etc. Dependiendo del comonomero (propileno, buteno, hexeno, etcétera.); la cantidad de estas ramificaciones depende del comonomero incorporado. De hecho, la adición del comonomero es para controlar el grado de ramificación que presentara el polímero y, por tanto, las cualidades del mismo. Los homopolímeros desarrollan mayor grado de cristalización que los copolímeros ya que posee menos ramificaciones. Por esta razón el homopolímero tiene un punto de fusión más alto que el copolímero.

#### **Polietileno lineal de baja densidad**

Este material se fabrica copolimerizando etileno con otras olefinas. Se prepara por copolimerización del etileno con olefinas empleando catalizadores de Ziegler-Natta o los catalizadores de óxido de cromo a temperaturas y presiones moderadas.

Las olefinas que se usan: el propileno, el 1-buteno, el 4-metilpenteno y el 1- octeno. Tiene ramificaciones del mismo tamaño y esto le imparte suficiente regularidad estructural para un grado de cristalinidad bastante alto, pero con baja densidad.

#### **Tarea para el estudiante.**

Investigar información técnica de la polimerización etileno-propileno, visitar:

- E) <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2012/03/caucho-etileno-propileno.html>

#### **Cuestionario No. 3**

1. ¿Cuál es la diferencia entre los monómeros que participan en las reacciones de adición y condensación? \_\_\_\_\_
2. De acuerdo con el isopreno activado en forma **cis** elabora una cadena del hule natural con tres moléculas.
3. ¿Qué es y para que sirve el neopreno?
4. ¿Cuál es la tela del neopreno?
5. ¿Qué temperatura soporta el neopreno?

#### **Tarea para el estudiante.**

¿En que consisten los plastómeros? Son copolímeros de.....

- [tps://empremexico.com/253opolímeros-etileno-alfa-olefina-15726.php](https://empremexico.com/253opolímeros-etileno-alfa-olefina-15726.php)

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

## Polimerización por adición y condensación (N2)

Existen muchos tipos de polimerizaciones y varios sistemas de clasificación. Las categorías principales son:

- ✓ Polimerización por adición y condensación.

### Lectura

Polimerización por de adición

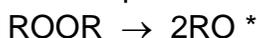
Para producir un polímero de adición se utilizan moléculas de monómero con **dobles** ligaduras y el mecanismo se lleva a cabo en tres etapas principales:

En la **inicial**, la molécula se convierte en una especie activa que puede dar un radical libre, un anión, o un catión o un complejo de coordinación.

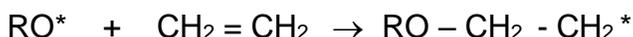
Para esto, se requiere la presencia de un iniciador que comúnmente es un **peróxido (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)** debido a la facilidad con la que éstos forman radicales libres. Una vez formada la especie activa ataca a una segunda molécula de monómero, dando como resultado un **dímero** que continúa siendo una especie activa y puede seguir reaccionando.

De esta manera la reacción se **propaga** y se forma una molécula gigante. La polimerización termina con reacciones tales como la unión de dos radicales que se consumen pero no se regeneran.

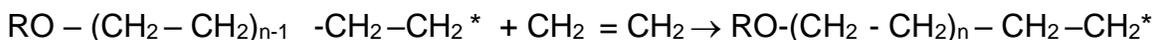
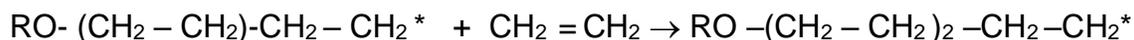
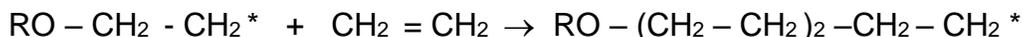
Una de las más comunes es **la terminación por acoplamiento**, en la que dos especies activas reaccionan entre sí, dando lugar a un polímero inactivo. En virtud de que en cada paso se consume una partícula reactiva y se produce otra susceptible también de reaccionar, a este tipo de mecanismos se le conoce como **reacciones en cadena** y la síntesis de polietileno es un ejemplo:



- Iniciación



- Propagación



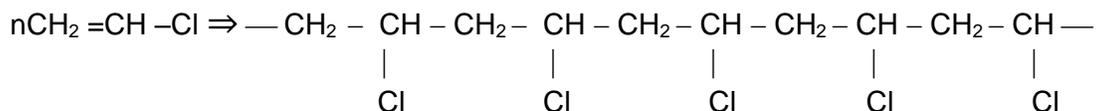
- Terminación (acoplamiento)



Una vez que ocurre la etapa de iniciación, el avance de la reacción es rápido y se requieren muy pequeñas concentraciones de especies activas en la mezcla.

**Las reacciones de adición en general, son altamente exotérmicas** y dan como productos polímeros de alto peso molecular. Se puede crear una gran variedad de polímeros de adición a partir de monómeros que se parecen bastante al etileno.

Es posible reemplazar uno o más de los átomos de hidrógeno de este monómero por otros átomos; estos monómeros forman una serie de polímeros útiles:



Cloruro de vinilo

Policloruro de vinilo (PVC)

**Nota:**

Peróxido compuestos inorgánicos y orgánicos con puente de oxígeno ► - O - O -



El profesor orienta a los estudiantes para que analicen reacciones de polimerización por adición e identifiquen:

- Tipo de enlace del monómero que participa.
- Que los electrones del doble o triple enlace, migran a los átomos de carbono adyacentes, dando lugar a la especie reactiva.
- Las condiciones de reacción por adición (temperatura, presión y catalizador)

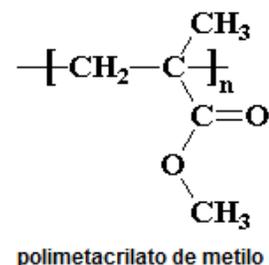
**Actividad experimental No. 14**

Obtención de polimetacrilato de metilo

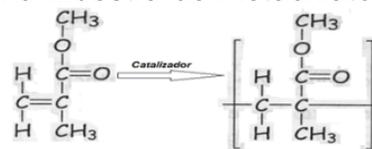
**PROPÓSITO:** realizar una reacción de adición para la obtención de un polímero.

Por medio de la polimerización por adición es posible la síntesis de muchos polímeros importantes, como el polietileno, el polipropileno, el poliestireno, el policloruro de vinilo, etcétera. Algunos de los monómeros son gases en su estado normal, lo cual dificulta su polimerización con equipo tradicional de laboratorio.

Sin embargo, otros son líquidos y puede realizarse tal proceso con facilidad. El metacrilato de metilo,  $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$ , es líquido a temperatura ambiente y lo polimerizamos para obtener el polimetacrilato de metilo, también conocido como plexiglás acrílico (PMMA).



Para destacar la función del catalizador añadiremos a una muestra de metacrilato algo de hidroquinona, un inhibidor de la polimerización. También observaremos el efecto del calor en la reacción. Así después de realizar la actividad empleando como catalizador el peróxido de benzoilo, observaremos su importancia en el proceso.



## Hipótesis \_\_\_\_\_

### MATERIAL

Tres tubos de ensayo delgado (no Pyrex)  
 Un baño María  
 Una pinza para tubo de ensayo  
 Un soporte universal con mechero, anillo y rejilla  
 Una vaso de precipitado de 250 mL  
 Una pieza de papel aluminio  
 Una probeta de 100 mL

### SUSTANCIAS

Metacrilato de metilo  
 Peróxido de benzoilo  
 hidroquinona  
 hielo

## Procedimiento

Numerar los tres tubos, y en cada uno colocar:

1. 0.1 de peróxido de benzoilo + 5 mL de metacrilato de metilo.
2. 2 gotas de hidroquinona + 5 mL de metacrilato de metilo.
3. 5 mL de metacrilato de metilo.
4. Tapar cada tubo con papel aluminio y colocarlos en un baño maría a la temperatura de ebullición del agua.
5. Cada 10 minutos tomar los tubos con la ayuda de la pinza y observar por agitación la consistencia de la mezcla.
6. Retirar el tubo cuya mezcla presente una elevada viscosidad (se vuelve espeso).
7. Repetir la observación seis veces como máximo (1 hora).
8. Si se observa formación de burbujas en alguno de los tubos, introducirlo en un baño de hielo para controlar el proceso. Referencia:

[Razo Marañón Irma et-al (2000) Paquete didáctico para Química IV]

### 👁 Nota:

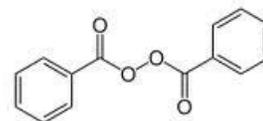
Otro procedimiento, se sugiere visitar la siguiente página:

F) [www.cneq.unam.mx/cursos\\_diplomados/diplomados/medio\\_superior/dgire...](http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/medio_superior/dgire...)

## Observaciones

Contesta;

1. ¿Cómo cambia la consistencia del líquido existente en cada tubo?
2. ¿En cuál tubo se llevó a cabo un cambio químico?
3. ¿En qué tubo se colocó el catalizador?
4. ¿Qué sustancia inhibió el proceso?
5. ¿Influyo el calor en el proceso?



### 👁 El estudiante **Investiga para incluir en el reporte:**

1. Representa las tres etapas de este proceso de polimerización
2. ¿Qué propiedades físicas tiene el polimetacrilato de metilo?

### 3. ¿Qué aplicaciones tiene este polímero? **Ejemplo.**

Las dentaduras postizas reemplazan a los dientes que se han perdido por extracción, por caries, por problemas en las encías o por golpes, “dice la Dra. Irene Hilton, dentista en la clínica de la raza”, en primer lugar, se realiza un molde de los dientes usando **alginato**, un polisacárido extraído de las algas marinas. Después, se mezcla el compuesto con agua y se pone el material gelatinoso en la boca del paciente, donde se transforma en material duro, tipo cemento. El molde se llena con **escayola** ( $\text{CaSO}_4$ ) y agua, formándose un sólido en el que se pueden colocar dientes hechos de plástico o de porcelana. Cuando se consigue una buena semejanza con los dientes propios del paciente, se prepara una dentadura preliminar hecha con cera.

Esta se coloca en la boca del paciente para comprobar la capacidad de morder y ajustar la posición de los dientes postizos. A continuación, se realiza la dentadura permanente con un polímero rígido; **polimetacrilato de metilo**.

[Timberlake Karen C. (2011); Capítulo 11 pagina 382].

### Tarea para el estudiante.

¿Qué es el alginato de sodio? Buscar en:

<https://www.gaviscon.es/articulos/articulos/que-es-el-alginato-y-para-que-sirve/>

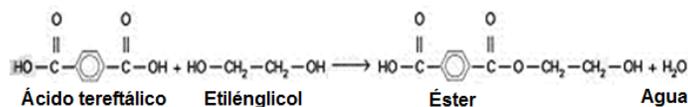
### Conclusiones

### Cuestionario No. 4

1. ¿Cuáles son los monómeros que experimentan polimerizaciones por adición?

Escribe la fórmula estructural de tres ejemplos.

En la siguiente ecuación química, la reacción entre un ácido y un glicol ►



2. ¿Cuál es el siguiente paso para obtener el poliéster mejor conocido como:

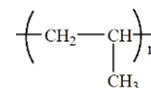
\_\_\_\_\_.

3. ¿Cómo se representa la ecuación química de la producción de los radicales a partir del peróxido de benzoilo;  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO})_2 \text{O}_2$ ? Ver la estructura en página anterior.

4. Las poliamidas se sintetizan al hacer reaccionar un diácido con una diamina. Escribe los grupos funcionales que existen en esas moléculas:

5. Como trabajo extraclase, dibujar en sus cuadernos o libretas diferentes segmentos de polímeros, y que los clasifiquen en copolímeros u homopolímeros y señalen el tipo de reacción que se realiza (adición o condensación). Construir los polímeros a partir de los siguientes monómeros:

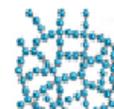
- Cinco moléculas de etileno (polietileno)
- Cinco moléculas de propileno (polipropileno)
- Una molécula de estireno y tres moléculas de 1,3 butadieno (hule sintético para llantas de automóvil)
- Tres moléculas de ácido tereftálico y tres moléculas de etilén glicol, alternando una molécula con otra (poliéster, también llamado dacrón).



☛ Analizar en forma grupal la actividad anterior.

6. Solicitar a los estudiantes que elaboren un cuadro comparativo en el que señalen las diferencias y semejanzas entre las reacciones de adición y condensación para la elaboración de polímeros.

7. Escribe sobre la línea el nombre cuyos modelos representan a un termoestable, elastómero o termoplástico ►



### Tarea para el estudiante.

¿Por qué el poliestireno se disuelve en acetona? ☞ **Apoyo.** Ver el video:

- **You 258uve-experimento disolviendo poliestireno.www**
- <http://www.experimentoscaseros.info/2014/10/que-pasa-si-mezclas-acetona-con-poliestireno-expandido.html>. Argumentar en clase.

## Lectura

### Polimerización por condensación. (N2)

En la **polimerización por condensación** normalmente se utilizan dos monómeros diferentes con grupos funcionales en ambos extremos, que reaccionan entre sí paso a paso para dar como resultado un polímero. Este mecanismo de reacción, en comparación con el anterior, es lento, necesitamos varias horas y en ocasiones hasta días para terminar, debido a que las sustancias reactivas tienen energías de activación muy lentas. Para acelerar el proceso y abatir las energías de activación de las especies, frecuentemente la reacción se lleva a cabo a alta temperatura y en presencia de un **catalizador** siendo este una base. Ejemplos

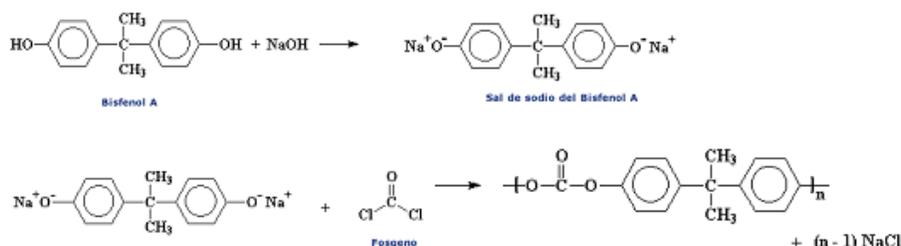
- ✓ El Polietilentereftalato (PET) es un **poliéster** y se produce a partir de dos compuestos principalmente: Ácido Tereftálico y Etilenglicol, aunque también puede obtenerse utilizando Dimetiltereftalato en lugar de Ácido Tereftálico. Este material tiene una baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino. El Polietilentereftalato en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad.



La reacción para formar el nylon ocurre con facilidad y suele emplearse como experimento de cátedra. Las propiedades del nylon varían combinando el número de átomos de carbono de la cadena del ácido o los monómeros aminados.

## Polycarbonato de bisfenol A

El polycarbonato es un poliéster con estructura química repetitiva de moléculas de Bisfenol A ligada a otros grupos carbonatos (-O-CO-O-) en una molécula larga.



Toma su nombre por los grupos carbonatos en su cadena principal. También es conocido como polycarbonato de Bisfenol A porque se elabora a partir del Bisfenol A y **fosgeno**. Los polycarbonatos son un grupo particular de termoplásticos (pueden ser moldeado en caliente), son trabajados, moldeados y termoreformados fácilmente, estos plásticos son ampliamente usados en la fabricación del “cristal a prueba de balas” por ser un material muy durable.

### Tarea para el estudiante.

Características y aplicaciones del fosgeno en; <https://www.ecured.cu/Fosgeno>



El profesor orienta a los estudiantes para que analicen reacciones de polimerización por condensación de polímeros naturales y sintéticos (secuencias de al menos 5 monómeros. Aminoácidos en el caso de los naturales) e identifiquen:

- Grupo funcional de los monómeros que participan.
- La formación de una molécula sencilla como subproducto, por ejemplo H<sub>2</sub>O, HCl, CO<sub>2</sub>, entre otros.
- Las condiciones de la reacción por condensación (temperatura y medio ácido o básico, principalmente) **A6**

### Actividad experimental No. 15

Polimerización por condensación

**Propósito.** Obtención de una variedad de resina con el uso de resorcinol y formaldehído.

Sugerimos revisar la publicación “obtención de una resina fenólica” en:

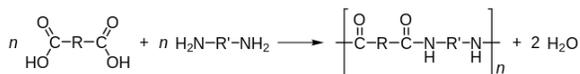
- (<https://es.slideshare.net/AlexMartinez154/practica-12-revisada>)

## Marco teórico

### Reacciones de policondensación

La síntesis de deshidratación a menudo implica la unión de monómeros con un grupo  $-OH$  (hidroxilo) y un  $-H$  libremente ionizado en cada extremo (tal como un hidrógeno del  $-NH_2$  en el nylon o en proteínas). Normalmente, se utilizan dos o más monómeros diferentes en la reacción. Los enlaces entre el grupo hidroxilo, el átomo de hidrógeno y sus respectivos átomos

rompen formando agua a partir del hidroxilo e hidrógeno, y el polímero.



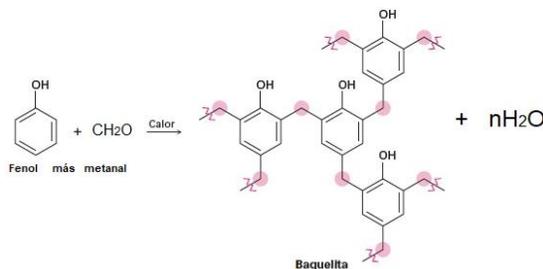
<https://todoenpolimeros.com/2016/11/28/polimeros-de-condensacion/>

### Resinas fenólicas.

La resina fenol-formaldehído es una resina sintética termoestable, obtenida como producto de la reacción de los fenoles con el formaldehído. A veces, los precursores son otros aldehídos u otro fenol. Las resinas fenólicas se utilizan principalmente en la producción de tableros de circuitos.

Estos son más conocidos sin embargo, para la producción de productos moldeados como bolas de billar, encimeras de laboratorio, revestimientos y adhesivos. Un ejemplo bien conocido es la Baquelita, el más antiguo material industrial de polímeros sintéticos.

Son copolímeros de condensación, que se obtiene a partir de un fenol y de un aldehído en presencia de un catalizador. El fenol, el m-cresol y el xilenol simétrico son monómeros adecuados para la formación de baquelitas, de estas las más importantes son las que se obtienen a partir del fenol y del formaldehído.



- <https://tecnologiadelospolimeros.wordpress.com/2017/06/27/reacciones-de-polimerizacion-por-condensacion/>

### Descripción

La baquelita es un producto de condensación entre el formaldehído con fenol (generalmente cresoles, p-fenilfenol, octilfenol), el polímero formado contendrá entonces enlaces formados por grupos  $-CH_2-$  y otros por grupos  $-CH_2-O-CH_2-$ , entre anillos fenólicos.

Se recomienda previamente visitar la siguiente página Web:

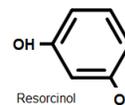
G) [https://prezi.com/qnm01\\_hgrb9a/bakelita-baquelita/](https://prezi.com/qnm01_hgrb9a/bakelita-baquelita/)

Que el estudiante elabore un Collage para argumentar en clase.

El amplio espectro de uso de la baquelita la hizo aplicable en nuevas tecnologías de entonces, como carcasas de teléfonos y radios, hasta estructuras de carburadores. Se utiliza hasta hoy en asas de cacerolas.

**Nota:** en esta actividad usaremos resorcinol en lugar de fenol.

**Resorcinol, monómero para obtener una resina artificial; resoles baquelita o novalacas, según el medio en que se realicen (básico o ácido).**



Resorcinol reacciona con el formaldehído para formar una resina termoestable que puede formar la base de un **aerogel**.

**Hipótesis** \_\_\_\_\_

### Material

Una probeta de 100 mL.    Un tubo de ensayo.    Una pipeta de 5 mL.

Un agitador.    Tres vidrios de reloj.

Pinzas para tubo de ensayo.

Un gotero.    Una balanza.

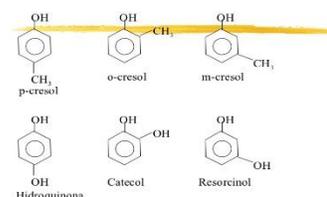
### Sustancias

2 g. de resorcinol.    4 mL de metanal.    Hidróxido de sodio al 20%.

Acetona.    Alcohol.    Ácido nítrico.

### Procedimiento, en medio básico

- 1.- Sostener el tubo de ensayo con las pinzas.
2. Pesar 2 gramos de resorcinol y echarlos en el tubo de ensayo.
3. Agregar en el tubo 4 mL de formol y disolver bien.
4. Colocar dentro del tubo el papel tornasol.
5. Agregar gotas de la solución de **hidróxido de sodio**, hasta que la sustancia sea alcalino (que el papel pase de color rojo a azul).
6. Meter el alambre y sacarlo rápido, porque se forma muy rápido la resina.
7. Poner la resina en un vidrio de reloj.
8. Colocar un pedazo de resina en el otro vidrio de reloj y agregarle 2 mL de alcohol etílico. Observar que pasa.
9. Colocar un pedazo de resina en otro vidrio de reloj y agregarle 2 mL de acetona. Observar que pasa.
10. Colocar un pedazo de resina en otro vidrio de reloj y agregarle 2 mL de ácido nítrico. Observar que pasa.
11. Con las pinzas tomar un pedazo de resina y prenderle fuego, con el mechero.
12. Agregar 50 mL de agua en la probeta y echarle 2.5 g. de resina. Observar cuantos mL sube.
13. Determinar la densidad de la resina, en g/cm<sup>3</sup>



### Observaciones

Pruebas químicas

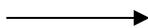
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$  + resina



$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$  + resina



$\text{HNO}_3$  + resina



### Resultados:

- ✓ Podemos decir que esta resina es un tipo similar a la baquelita.



### Cuestionario para incluir en el reporte.

Subraya la respuesta correcta:

1. La resina de fenol-formaldehído es una red tridimensional con una gran cantidad de uniones transversales, esto produce:  
A) Alta densidad.    B) Rigidez.    C) Elasticidad.    D) Bajo punto de fusión.
2. Durante la reacción del resorcinol con el formaldehído para obtener la resina, también se desprende:  
A) Aldehído.    B) Agua.    C) Ácido.    D) Amoníaco.
3. ¿Por qué el resorcinol es soluble en agua?

👁 Ejemplo de práctica y reporte ver la página de internet:

➤ <https://lariar.blogspot.com/2014/12/practica-9.html>

Laboratorio de Química: Práctica 9-lariar.blogspot.com

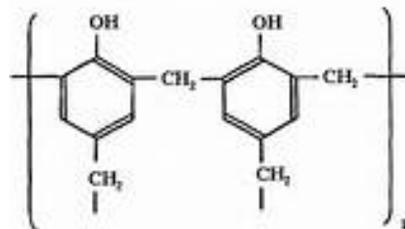
### Concepto clave:

➤ Resina

La noción de resina también se usa para nombrar a la **sustancia sintética** fabricada por el **hombre** que presenta propiedades similares a las resinas naturales de las plantas. Esto quiere decir que el concepto puede dividirse en **resinas naturales** y **resinas sintéticas**. También se les conoce como polímeros.

### ✓ TERMOESTABLES

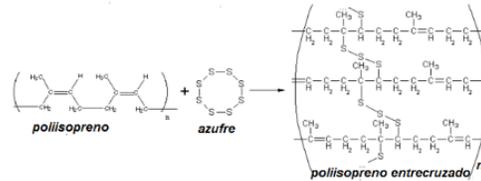
Los plásticos termoestables son polímeros infusibles e insolubles. La razón de tal comportamiento estriba en que las cadenas de estos materiales forman una red tridimensional espacial, entrelazándose con fuertes enlaces covalentes. La estructura así formada toma el aspecto macroscópico de una molécula gigantesca, cuya forma se fija permanentemente, debido a que la movilidad de las cadenas y los grados de libertad para rotación en los enlaces es prácticamente cero.



Los polímeros que tienen sus cadenas unidas reticularmente se llaman **termofijos**, porque ya no se reblandecen al ser calentados, ni tampoco pueden disolverse, su estructura **ya curados o entrecruzados forman una resina** con una **estructura tridimensional** que no se funde. Polimerizan irreversiblemente bajo calor o presión formando una masa rígida, dura y resistente al calor, ejemplo; la baquelita.

### Vulcanización del hule natural

Un ejemplo importante de entrecruzamiento es la vulcanización del hule natural (se forma a partir de una resina líquida obtenida de la corteza interior del árbol Hevea Brasiliensis). Químicamente, el hule es un polímero del isopreno,  $C_5H_8$  ►



Dado que no es fácil que ocurra una rotación alrededor del doble enlace carbono-carbono, la orientación de los grupos unidos a los carbonos es rígida. En el hule natural las extensiones de las cadenas ocurren en el mismo lado del doble enlace, esta forma se llama **cis-poliisopreno**.

El hule natural no es un plástico útil porque es demasiado blando y demasiado reactivo químicamente. Goodyear descubrió accidentalmente que, si se agrega azufre al hule y luego se calienta la mezcla, el hule se vuelve más duro y menos susceptible a la oxidación u otro ataque químico.

El azufre convierte el hule en un polímero termofijo entrecruzando las cadenas poliméricas mediante reacciones en algunos de los dobles enlaces. Un entrecruzamiento del 5% de los dobles enlaces crea un hule flexible y elástico. Cuando el hule se estira, los enlaces cruzados ayudan a evitar que las cadenas resbalen, y el hule conserva su elasticidad (Brown-LeMay-Bursten, 1998).

### Resinas fenólicas

Se obtienen a partir del fenol y el formaldehído, también conocidas como fenoplast. Existen dos tipos de resinas fenólicas, los resols y el novolac.

- ✓ **Los resols**, se obtienen con catalizadores básicos, los productos tienen uniones cruzadas (redes tridimensionales).
- ✓ **El novolac**, se obtiene con catalizadores ácidos **no hay uniones cruzadas** y los productos son permanentemente solubles y fundibles.

Hexametilentetramina o "hexamina" es un endurecedor que se agrega al entrecruzamiento novolac. A  $\geq 180^\circ C$ , las formas de hexamina se entrecruzan para formar puentes de metileno y dimetileno amino.

Estructura química del Novolac ►



**Tarea para el estudiante.** Investiga el origen del **protector tintura de benjuí** y sus aplicaciones en la industria farmacéutica, cosméticos y otros.

<https://boticabarca.com/que-es-la-tintura-de-benjui-y-cuales-son-sus->

Argumentar en clase.



## Resinas epóxicas

Se elaboran a partir del bisfenol A (obtenido a partir del fenol y la acetona), y la epiclorhidrina (producida a partir del alcohol alílico) ►

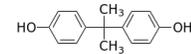


Estas resinas son usadas como adhesivos, recubrimientos superficiales y aislantes eléctricos.

### Tarea para el estudiante.

Que debes saber sobre el bisfenol A

- <https://www.vitonica.com/prevencion/que-debes-saber-sobre-el-bisfenol-a-la-sustancia-que-la-ue-considera-altamente-preocupante>

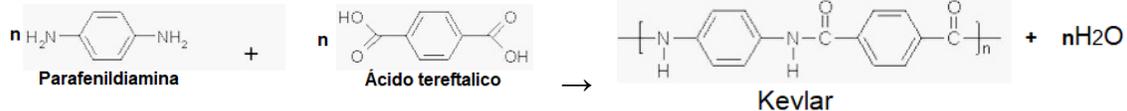


## El kevlar

La fuerza del enlace queda ampliamente demostrada en las propiedades de la poli(p-fenilentereftalamida), polímero conocido con el nombre de kevlar. Utilizado en chalecos antibalas y corazas protectoras, con tan sólo 20 capas de tejido es posible detener una bala de 9 mm disparada a una velocidad de unos 400 m/s.

La planiridad que inducen los anillos bencénicos hacen del kevlar un material 16 veces más duro que el nylon, la poliamida sintética anteriormente utilizada para dichas aplicaciones (K.Peter C.Vollhardt Neil E. Schore (2005) Química orgánica).

Obtención del Kevlar:

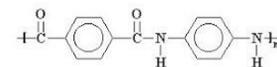


## Estructura química del Kevlar y del Nomex

El Kevlar y el Nomex pertenecen a la familia de las aramidas, las cuales, a su vez, pertenecen a una familia de nylons.

Una sola cadena del polímero de Kevlar podría tener desde cinco hasta un millón de monómeros enlazados juntos. Cada monómero de Kevlar es una unidad química que contiene 14 átomos de carbono, 2 átomos de nitrógeno, 2 átomos de oxígeno y 10 átomos de hidrógeno.

El Kevlar es una **poliamida**, en la cual todos los grupos amida están separados por grupos para-fenileno, es decir, los grupos amida se unen al anillo fenilo en posiciones opuestas entre sí, en los carbonos 1 y 4 ►

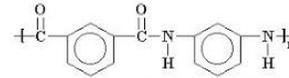


En el Kevlar, los grupos aromáticos están intercalados en la cadena principal del polímero en posición 1 y 4. A esto se denomina enlace -para-

## Dato curioso

La palabra plástico es un adjetivo, **no** un sustantivo, que significa que es moldeable, que tiene plasticidad. A pesar de que en el lenguaje ordinario hablamos de plásticos, lo correcto es hablar de polímeros plásticos (García Bello Deborah, 2016).

**El Nomex**, por otra parte, posee grupos meta-fenileno, es decir, los grupos amida se unen al anillo fenilo en las posiciones 1 y 3 ►

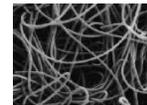


En el Nomex, los grupos aromáticos están intercalados en la cadena polimérica en posición 1 y 3. A esto se lo denomina enlace -meta

Las aramidas se utilizan en forma de fibras.

Forman fibras aún mejores que las poliamidas no aromáticas, como el nylon 6,6. Las cadenas del polímero se pueden juntar aleatoriamente o se pueden orientar cuidadosamente de lado a lado en una fila. Resulta que la orientación de las cadenas del polímero es muy importante para ciertas características tales como flexibilidad, rigidez, y fuerza.

Una fibra de Kevlar es un arsenal de moléculas orientadas en paralelo como un paquete de espaguetis crudos. Esta colocación espacial es lo que proporciona las moléculas con estructura cristalina. La cristalinidad es obtenida por un proceso de fabricación que implica sacar la solución fundida del polímero a través de agujeros pequeños de la extrusora.



La cristalinidad de los filamentos del polímero de Kevlar contribuye perceptiblemente a su fuerza y rigidez únicas.

<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/kevlar-y-nomex.html>

### La cristalinidad

Confiere rigidez y resistencia en grado mucho mayor que el que pudieran tener aquellas sustancias cuyas cadenas se enredan sin orden alguno.

Ocurre con mayor frecuencia en polímeros poco ramificados o en aquellos en los cuales existe un alto grado de regularidad en las ramificaciones. De esta forma se explica la superior resistencia de los polímeros estereo-regulares de adición y las diferencias en las propiedades de dos formas diferentes de polietileno o politeno.

De esta forma se explica la superior resistencia de los polímeros estereo-regulares de adición y las diferencias en las propiedades de dos formas diferentes de polietileno o politeno.

El politeno por alta presión no tiene moléculas de cadena puramente lineal debido a que, en condiciones tan severas se rompen enlaces **C-H** lo cual da lugar a la formación de numerosas ramificaciones y de cadenas laterales relativamente largas. En este caso las moléculas no pueden disponerse en forma compacta lo cual hace que esta forma de politeno de baja densidad sea flexible pero al mismo tiempo poco capaz de formar **cristalitas**.

Ziegler encontró que el etileno puede polimerizarse también con la ayuda de ciertos derivados metálicos como catalizadores y en este caso el polímero resultante (politeno de alta densidad) es mucho más cristalino y rígido y la temperatura a la cual comienza a ablandarse es más elevada que la de la otra variedad. Esto se explica porque las moléculas tienen relativamente pocas cadenas laterales pequeñas.

El efecto que tiene la temperatura sobre las propiedades físicas de los polímeros tiene mucho que ver con el uso práctico al cual se les destine.

Los polímeros cristalinos son generalmente duros y vidriosos por debajo de cierta temperatura conocida como temperatura de vitrificación la cual se escribe  $T_v$ .

A medida que se calienta el material y la temperatura se eleva por encima de este valor las **cristalitas** terminan fundiéndose al llegar a la temperatura de fusión,  $T_f$ .

Por lo general, la temperatura que se usa para moldear está por encima de  $T_f$  y la resistencia mecánica del polímero decrece rápidamente a aproximarse a  $T_f$ .

A temperaturas aún más elevadas el material comienza a descomponerse a la cual ocurre este cambio irreversible la llamamos de descomposición  $T_d$ .

**¿Y si queremos realmente un material resistente, a veces muy fuerte y rígido, algo que no se funda en absoluto con el calentamiento?**

La respuesta puede ser con el polímero sintético termoestable más viejo, la baquelita.

La **baquelita** es un polímero, conocido como **resina** de fenol formaldehído. Por ser la combinación de **dos monómeros**, la reacción se realiza por pasos, las moléculas interactúan y se desprende agua (reacción de condensación).

El ensamble de moléculas continúa hasta formar una red extensa tridimensional compleja. Una gran cantidad de uniones transversales produce rigidez. El polímero final es muy fuerte sin tener mucho peso, una combinación de propiedades sumamente útil.

Las variedades de la baquelita son ejemplos de resinas termofijas, si se calientan experimentan un marcado proceso de endurecimiento físico.

**Concepto clave:**

Un plástico es un polímero, pero un polímero no necesariamente es un plástico.\*

Fuente: Ciencia y desarrollo. Agosto 2008. Vol. 34, Núm. 222 México.

**Cuestionario No. 5**

1. De las siguientes reacciones orgánicas, clasifica en los tipos; **adición (A) y (C) condensación.**

( ) Obtención de látex a partir de resina de poliéster y ácido acético.

( ) Obtención de poliuretano a partir de isocianato y poliál.

( ) Obtención de poliacrilato de metilo, utilizando metacrilato de metilo, NaOH al 10% (para lavado de metacrilato) y peróxido comercial al 20% o peróxido de benzoilo.

( ) Obtención de nylon 6,10.

( ) Obtención de policarbonato.

2. Realizar la polimerización de adición con el **Acrilonitrilo**, cuyo monómero es:



### COMENTARIO

❖ Recordemos los usos y calidad del guayule.

Los arbustos de Guayule son el excelente látex natural que proviene de un arbusto del desierto llamado guayule.

El contenido de látex en los tallos puede alcanzar un 10 % del peso seco total. El látex se extrae con solventes orgánicos luego de moler finamente la planta. Las plantas de guayule producen asimismo cantidad de resinas, las cuales tienen un potencial uso industrial. El látex del guayule puede ser empleado para confeccionar ruedas de automóvil y una variedad de productos que incluyen guantes, condones, tubos, etcétera.

Es un producto valuable, pues las personas que son alérgicas al látex del caucho (la fuente actual de látex natural) no lo son al látex hecho de guayule.

De las resinas del guayule se pueden hacer preservantes para maderas, pesticidas y plastificantes. Los residuos de la extracción del látex se pueden emplear como combustible, o en mezclas con otras fibras para producir papel, etcétera.

### Tarea para el estudiante.

Recopilar información acerca del guayul relacionado con propiedades anticancerígenas y antiinflamatorias, para argumentar en clase.

- <https://www.gaceta.unam.mx/universitarios-usan-resina-del-guayule-como-antiinflamatorio-y-anticancerigeno>.

### Condiciones de reacción en la síntesis del polietileno y sus aplicaciones

El polietileno se preparó e identificó por primera vez en 1933 en la empresa británica ICI. Al principio, la producción de polietileno dependía de procesos a altas temperaturas y presiones. **Sin embargo, gracias a los catalizadores**, esto cambió considerablemente (¡y sigue cambiando!). Debido a la utilización de catalizadores metálicos, se ha logrado producir polietileno en condiciones experimentales mucho más moderadas.

**Uno de los aspectos más fascinantes de la química es que no sólo nos ayuda a explicar todo aquello que nos rodea, sino que también nos permite crear.**

Los químicos pueden considerarse como arquitectos o diseñadores a escala molecular. Entre los “diseños moleculares” más difíciles de alcanzar, pero también más importantes por infinidad de razones, están los catalizadores [Vilar Compte R. (2000) Catálisis: la magia de la química. UNAM].

Son condiciones típicas para la producción de polietileno termoplástico una presión aproximada de 1000 atmósferas (proceso de alta presión) y una temperatura en la región de 100 a 300 ° C.

En los primeros trabajos sobre la polimerización a presiones elevadas, se usó como catalizador oxígeno molecular ( $O_2$ ). En las condiciones en que es eficaz el oxígeno, oxida rápidamente el etileno, y es probable que los radicales libres producidos en esta reacción sean los que inician realmente la polimerización.

El uso de **oxígeno como catalizador** es interesante, porque este gas inhibe otras polimerizaciones vinílicas.

La temperatura de polimerización es el factor más importante en la elección de catalizador. Para más información sugerimos la siguiente página, [[textoscientificos.com/269btención/polietileno/269btención](http://textoscientificos.com/269btención/polietileno/269btención)]

Es el polímero de mayor importancia comercial y esto puede atribuirse a:

- ✓ Su bajo costo, por lo barato de la materia prima y el alto nivel de producción.
- ✓ Su baja polaridad, que le hace tener excelentes propiedades eléctricas.
- ✓ La facilidad de su procesamiento por técnicas muy variadas.
- ✓ Sus aceptables propiedades mecánicas.
- ✓ Su baja absorción de humedad.

A esas cualidades se agrega su gran versatilidad, lo cual puede sorprender si se considera que es el polímero más sencillo y sin embargo debemos recordar que puede haber en él gran variabilidad estructural debido al número, distribución y clase de las ramificaciones en sus cadenas.

Si la polimerización se realiza con catalizador tradicional, como los peróxidos, existe poco control sobre el proceso y aparecen las ramificaciones y con ellas los polímeros de baja densidad. En cambio, si se emplean catalizadores especiales como los de Ziegler-Natta se obtienen polímeros lineales bien definidos de alta densidad.

Los catalizadores de Ziegler-Natta son compuestos de coordinación que en su centro contienen un ión metálico, como el tetracloruro de titanio o el trietilo de aluminio. Ellos tienen la característica de adicionar los monómeros de tipo vinílico de formas precisas.

### **Catalizadores, presión y temperatura**

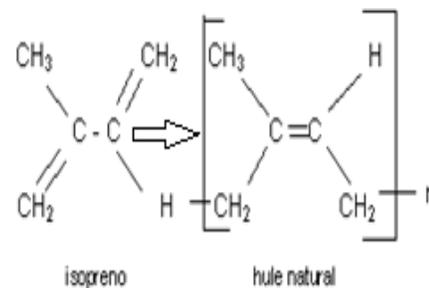
El químico alemán Karl Ziegler (1898-1973) descubrió en 1953 que utilizando cierta resina (un polímero vegetal natural) podía unir a ella átomos de aluminio, titanio o litio como catalizadores, de tal manera que estos permitían conseguir una combinación de monómeros más ordenada, eliminando las ramificaciones.

Gracias a un trabajo similar llevado a cabo por el químico Giulio Natta (1903-79), se logró disponer de las agrupaciones atómicas de forma ordenada a lo largo de la cadena polimérica. En suma, el arte de la polimerización llegó a tal perfección, que los plásticos, películas y fibras podían producirse por encargo, cumpliendo propiedades especificadas de antemano. Los catalizadores Ziegler-Natta, como ahora se les llama se prepararán a partir de haluros de metales de transición y un agente reductor. Los que más comúnmente se utilizan se obtienen a partir del tetracloruro de titanio ( $\text{TiCl}_4$ ) y un trialkilaluminio ( $\text{R}_3\text{Al}$ ).

Los catalizadores Ziegler –Natta por lo general se manejan en forma de sólidos suspendidos y la polimerización probablemente se lleve a cabo en los átomos del metal que se encuentran sobre la superficie de las partículas. El mecanismo de la polimerización es de tipo iónico pero no se comprenden todos sus detalles. Existe evidencia de que la polimerización se lleva a cabo a través de la inserción del monómero de alqueno entre el metal y la cadena creciente del polímero.

Actualmente es posible sintetizar isopreno utilizando los catalizadores Ziegler-Natta, y obtener un producto sintético idéntico al hule proveniente de fuentes naturales.

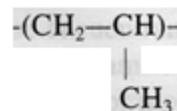
En un polímero dado, las propiedades y por consiguiente, la utilidad de la sustancia dependen del peso molecular, de las unidades del monómero constituyente y de la regularidad o el orden de los monómeros en los casos donde pueda haber *estereoisómeros*. Por ejemplo, el hule natural es el resultado de la polimerización del 2-metil-1,3-butadieno (isopreno) en donde todas las orientaciones son **cis** ▶



Las unidades de isopreno en el hule natural están unidas cabeza con cola y así es como se forma el **cis-1, 4**-poliisopreno. El hule natural es blando y pegajoso. Para poder usarlo, se tiene que vulcanizar. En este proceso, el producto natural se calienta con azufre. Durante la reacción se producen enlaces transversales entre las cadenas cis-poliisopreno haciendo que el hule se endurezca.

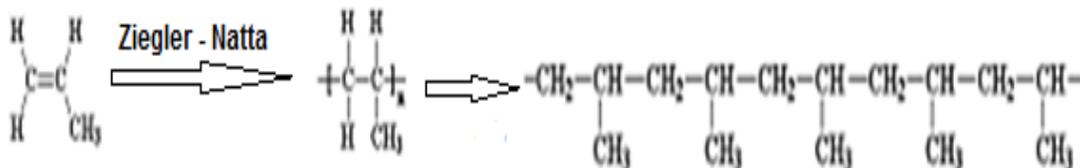
Se buscó para efectos industriales un **catalizador esteroespecífico** con objeto de producir un polímero estereo regular. En 1953 y en los años subsecuentes, *Karl Ziegler y Giulio Natta*, encontraron la manera de llegar a los polímeros estero regulares. Se desarrollaron varios catalizadores como el alquil-aluminio ( $\text{AlR}_3$ ) en combinación con halogenuros metálicos como el  $\text{TiCl}_4$ .

**Tacticidad.** Esta característica se refiere al ordenamiento espacial de las unidades estructurales, el mejor ejemplo es el polipropileno, que antes de 1955 no tenía ninguna utilidad.



En ese año Giulio Natta en Milán utilizó para hacer el polipropileno los catalizadores que Karl Ziegler había desarrollado para el polietileno.

La polimerización cabeza a cola del propileno produce un polímero en el cual los átomos alternados son **quirales**. Muchas de las propiedades físicas del polipropileno producido en esta forma dependen de la estereoquímica de estos centros quirales ►



La polimerización del monómero propileno es de adición formando una larga cadena. Los grupos metilo y los hidrógenos pueden distribuirse a lo largo de la cadena en tres estructuras.

Cuando el catalizador estéreo específico se utiliza adecuadamente, puede prepararse al polipropileno (polipropeno) en forma isotáctica, sindiotáctica o atáctica.

- ✓ En el polímero **isotáctico** las unidades de propileno se repiten en tal modo que la configuración del carbono que sirve de unión aparece idéntica a través de la serie del polímero. En esta cadena todos los grupos metilo se encuentran de un solo lado.
- ✓ En el **sindiotáctico**, el aspecto del carbono que favorece la unión se alterna regularmente a lo largo del eslabonamiento.
- ✓ Y por último, el **atáctico** se prepara con un catalizador no estéreo específico y consiste en una configuración caótica, todos los grupos metilo están distribuidos al azar. Es un vidrio no cristalino.

Los polímeros isotácticos y sindiotácticos son mucho más cristalinos que los polímeros atácticos.

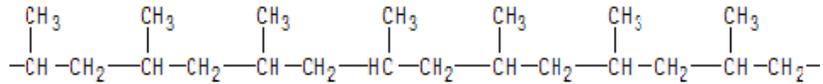
**Natta** creó el polipropileno isotáctico, que tiene excelentes propiedades mecánicas.

El polipropileno atáctico, sin regularidad estructural es un material ceroso, con pésimas propiedades mecánicas.

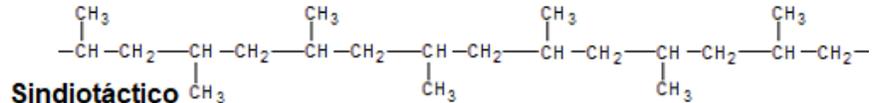
## Las formas isómeras del polipropileno

Estructuralmente es un polímero vinílico, similar al polietileno, sólo que uno de los carbonos de la unidad monómera tiene unido un grupo metilo.

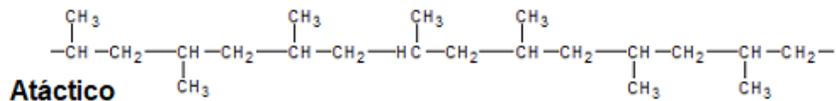
El polipropileno fabricado de manera industrial es un polímero lineal, cuya espina dorsal es una cadena de hidrocarburos saturados. Cada dos átomos de carbono de esta cadena principal, se encuentra ramificado un grupo metilo (-CH<sub>3</sub>). Esto permite distinguir tres formas isómeras del polipropileno ►



**Isotático**



**Sindiotático**



**Atático**

Estas se diferencian por la posición de los grupos metilo **-CH<sub>3</sub>** con respecto a la estructura espacial de la cadena del polímero.

Las formas isotáticas y sindiotáticas, dada su gran regularidad, tienden a adquirir en estado sólido una disposición espacial ordenada, semicristalina, que confiere al material unas propiedades físicas excepcionales. La forma atática, en cambio, no tiene ningún tipo de cristalinidad. Los procesos industriales más empleados están dirigidos hacia la fabricación de polipropileno isotático que es el que ha despertado mayor interés comercial.

Propiedades:

Propiedad	Isotático	Sindiotático	Atático
Densidad g/cm <sup>3</sup>	0.92-0.94	0.89-0.91	0.85-0.90
Punto de fusión en °C	165	135	
Estabilidad de hidrocarburos	Ninguna	Media	Alta
Dureza	Alta	Mediana	Bastante baja

### Questionario No. 6

1. ¿Cuál es la finalidad de usar los catalizadores de Ziegler-Natta? \_\_\_\_\_
2. ¿Cuáles son las ventajas, aplicaciones típicas y usos del polipropileno isotático?
  - <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polipropileno.html>
  - <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/polipropileno>

4. ¿Qué ocasiona este proceso de endurecimiento?
5. ¿Qué grupos funcionales existen en la estructura del poliuretano?
6. ¿Qué diferencia de estructura y propiedades hay entre los polietilenos de alta densidad y de baja densidad?
7. ¿Cuáles son los grupos funcionales que existen en las resinas epóxicas?

El proceso básico de polimerización a baja presión para la obtención del polietileno lineal de baja densidad requiere de la copolimerización del etileno y el monómero de elección ( $\alpha$ -olefina) usando un catalizador.

8. La reacción entre dos monómeros diamida aromática y un dicarboxilo aromático da como producto un polímero denominado\_\_\_\_\_.

9. ¿Por qué el polietileno **lineal de baja densidad** es un **copolímero**?

El LLDPE es un polímero sustancialmente lineal con un número significativo de ramas cortas.....

➤ [tps://www.mexpolimeros.com/lldpe.html](https://www.mexpolimeros.com/lldpe.html)

**11. Clasifica a los siguientes** conceptos de las macromoléculas sintéticas, de acuerdo a su método de preparación. Escribir en el paréntesis una ( **A** ) para los polímeros de **adición** y una ( **C** ) para los polímeros de **condensación**:

- ( ) Se obtienen a partir de moléculas que contienen dos o más grupos reactivos.
- ( ) Se obtienen mediante un proceso que necesita de la formación inicial de un reactivo intermedio de una molécula monómera al cual puedan unirse otras moléculas monómeras.
- ( ) Se obtienen principalmente a partir de moléculas que contienen dobles enlaces.
- ( ) Se obtienen mediante un proceso caracterizado por la eliminación de pequeñas moléculas tales como el agua.
- ( ) Se obtienen de un proceso que consiste en emplear ciertos compuestos metálicos como catalizadores.
- ( ) Entre ellos se encuentran principalmente las poliamidas y los poliésteres.
- ( ) Se obtienen mediante un proceso caracterizado por una lenta disminución del monómero, mientras que rápidamente se evidencia la aparición del polímero de alto peso molecular al iniciarse la reacción.
- ( ) No tienen la misma composición que el monómero o monómeros de los cuales se obtienen.

☞ **Tema de interés.** Empleo de polímeros en la limpieza de mareas negras.

**Referencia:** K. Peter C. Vollhardt y Neil E. Schore. (2005) QUIMICA ORGÁNICA. Capítulo 12, página 519. Tercera edición. EDICIONES OMEGA. Barcelona.

**A6. (H, V)** El estudiante 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 química. **(N3)**

### Estrategia 3

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



El profesor retoma el tema de la disposición de las cadenas poliméricas y solicita a los estudiantes investiguen la estructura de polímeros reticulares como el fenol-formaldehído y lo compararan con los polímeros lineales como el PVC para obtener regularidades relacionadas con el comportamiento de los polímeros lineales y reticulares, como ejemplo, la temperatura o el esfuerzo mecánico.

#### Lectura

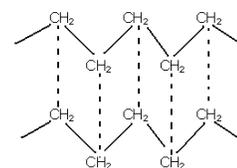
#### Importancia de los enlaces intermoleculares e intramoleculares, (N3)

Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen excelente resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases.

#### Fuerzas de Van der Waals en las macromoléculas

También llamadas fuerzas de dispersión, presentes en moléculas de muy baja polaridad, generalmente hidrocarburos. Estas fuerzas provienen de dipolos transitorios: como resultado del movimiento de los electrones, en cierto instante una porción de la molécula se vuelve ligeramente negativa, mientras en otra región aparece una carga positiva equivalente.

Así se forman dipolos no permanentes. Estos dipolos producen atracciones electrostáticas muy débiles en las moléculas de tamaño normal, pero en los polímeros, formados por miles de estas pequeñas moléculas, las fuerzas de atracción se multiplican y llegan a ser enormes, como en el caso del polietileno ►

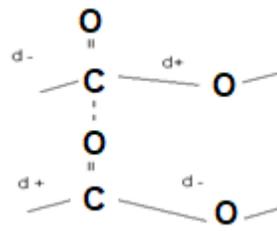


#### Fuerzas de atracción

Debidas a dipolos permanentes, como en el caso de los poliésteres ►

Estas **atracciones** son mucho más potentes y a ellas se debe la gran resistencia tensil de las fibras de los poliésteres.

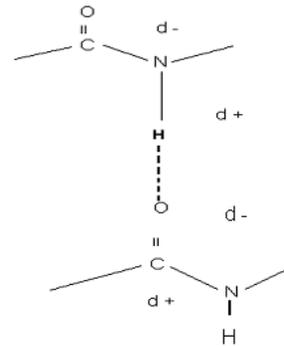
En cuanto al carácter general de su manifestación, las fuerzas intermoleculares se distinguen de las coulumbianas por su unicidad. Si las coulumbianas se manifiestan en la atracción (cuando las partículas llevan cargas de signo contrario) y en la repulsión (cuando las cargas de partículas son del mismo signo), las fuerzas intermoleculares solamente se manifiestan en la atracción.



## Enlaces de hidrógeno

Como en las poliamidas (nylon) ►

Estas interacciones son tan fuertes, que una fibra obtenida con estas poliamidas tiene resistencia tensil mayor que la de una fibra de acero de igual masa.



**Energía requerida para romper cada enlace:**

Tipo de enlace	Kcal/mol
Van der Waals en CH <sub>4</sub>	2.4
Dipolos permanentes	3 a 5
Enlaces de hidrógeno	5 a 1
Iónicos	> 100

La fuerza total de atracción entre las moléculas del polímero, dependería del número de las interacciones. Como máximo, sería igual a la energía del enlace según la tabla anterior, multiplicada por el número de átomos de carbono, en el caso del polietileno por el de grupos carbonílicos en los poliésteres, etc. Rara vez se alcanza este valor máximo, porque las cadenas de los polímeros no pueden, por lo general, acomodarse con la perfección que sería requerida.

## Efecto de las fuerzas intermoleculares de Van der Waals

Existen tres diferentes tipos de enlaces químicos, también conocidos como enlaces primarios, los cuales se encuentran presentes en los sólidos: iónico, covalente y metálico. En esta clase de enlaces están involucrados necesariamente los electrones de valencia. Entre los materiales poliméricos, los enlaces covalentes son los predominantes.

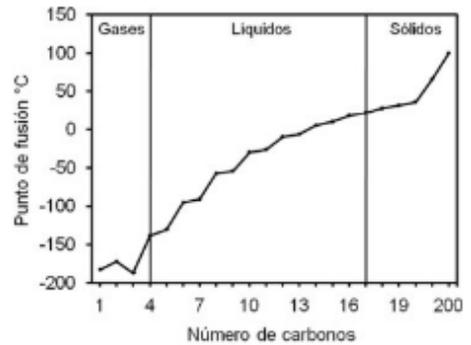
A diferencia de los enlaces primarios, las fuerzas intermoleculares son fuerzas de atracción que mantienen unidas a las moléculas, sin que se transfieran o se compartan electrones de valencia (Callister, 2003, p. 21).

**Como regla general, las fuerzas de dispersión son las que mayor importancia tienen para la interacción de las moléculas.**

También se les conoce como enlaces físicos o secundarios; resultan de la interacción de los dipolos de las moléculas involucradas y poseen energías entre 0.5 y 10 kcal mol<sup>-1</sup>, las cuales son muy inferiores a las energías de un enlace covalente típico (50-200+ kcal mol<sup>-1</sup>) (Maron, 1993, p. 737). Existen dos clases de fuerzas intermoleculares: las fuerzas de Van der Waals y los puentes de hidrógeno.

Los enlaces conocidos como fuerzas de Van der Waals son fuerzas de atracción que involucran interacciones: dipolo-dipolo, dipolo-dipolo inducido y fuerzas de dispersión. En la siguiente gráfica se aprecia el efecto de las fuerzas de Van der Waals en las temperaturas de fusión ( $T_f$ ) y estados físicos de alcanos lineales alifáticos.

La  $T_f$  aumenta a medida que crece el número de carbonos en las moléculas y, como consecuencia, el número de enlaces de Van der Waals. Los cuatro primeros hidrocarburos son gases, los 13 siguientes ( $C_5-C_{17}$ ) son líquidos y los de 18 átomos de carbono o más, sólidos a temperatura ambiente. Es de esperar que al aumentar la longitud de la cadena hidrocarbonada los sólidos sean más consistentes porque, aunque estos enlaces son relativamente débiles, dan cohesión a las moléculas de polímeros cuando actúan en conjunto.



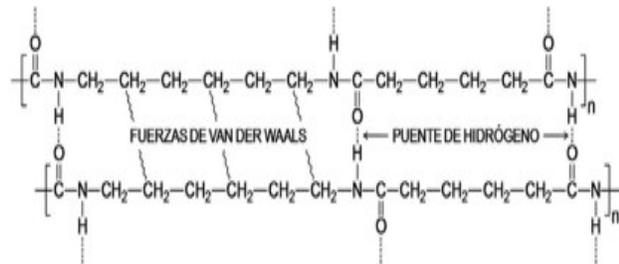
Variación de la temperatura de fusión de los alcanos en función de la masa molar.

### Tarea para el estudiante.

¿Cuáles son las fuerzas que intervienen en los termoplásticos? Propiedades y estructura química, ejemplos de termoplásticos. Visitar,

➤ <https://curiosoando.com/que-es-un-termoplastico>

Los puentes de hidrógeno son un tipo especial de interacción dipolo-dipolo entre el átomo de hidrógeno de un enlace polar, como  $N-H$ ,  $O-H$  ó  $F-H$ , y un átomo muy electronegativo como flúor (F), oxígeno (O) o nitrógeno (N).



Fuerzas intermoleculares en una poliamida.

Estos enlaces son mucho más fuertes que los de Van der Waals y, aunque son más débiles que los covalentes, al tomar en consideración un elevado número de ellos entre las cadenas poliméricas, resultan en mayores fuerzas de atracción en los polímeros que los presentan.

Las fuerzas intermoleculares juegan un papel muy importante en propiedades de polímeros como la  $T_i$ , la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ), la cristalinidad, y las propiedades mecánicas, como se explicará más adelante.

### Referencia:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2010000400006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000400006)

### Concepto clave:

➤ Fuerzas intermoleculares

Son fuerzas de atracción electrostática entre los dipolos eléctricos existentes en una cadena polimérica y los dipolos que existen en las cadenas poliméricas adyacentes. Existe una relación estrecha entre la intensidad de las fuerzas intermoleculares y la estructura y usos del polímero (<https://www.mexpolimeros.com/termoplastico.html>).

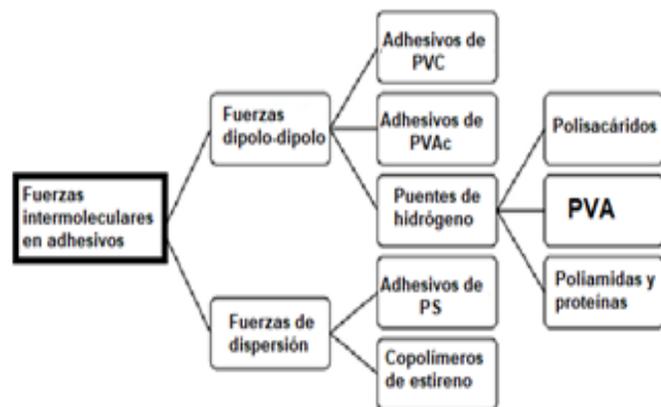
## Polímeros de Unión

El uso de adhesivos se está convirtiendo en una aplicación importante en la industria incluyendo la unión de materiales. Esto se debe en parte a que el uso de adhesivos no cambia las propiedades de los sustratos ni requieren modificar los componentes como sucede con otras técnicas. Se trata de un material capaz de mantener unidos dos materiales sólidos, proporcionando la fuerza de atracción física necesaria entre las dos superficies. El material al cual se adhiere el adhesivo se denomina sustrato o adherente.

### **Polímeros adhesivos y formación de uniones a través de reacciones de polimerización y fuerzas intermoleculares.**

Las fuerzas intermoleculares son fuerzas de atracción entre las moléculas y éstas tienen una gran influencia en las propiedades físicas de la materia condensada como los líquidos y los sólidos. Las fuerzas intermoleculares dan origen a las fuerzas de adhesión en los polímeros adhesivos que no producen reacciones químicas.

Particularmente, las fuerzas de Van der Waals (fuerzas dipolo-dipolo, dipolo-dipolo inducido y las fuerzas de dispersión) son responsables de las propiedades adhesivas de diferentes polímeros. En el siguiente organizador gráfico se muestran diferentes ejemplos de polímeros adhesivos que no producen reacciones químicas mostrando las fuerzas intermoleculares que ocurren en ellos ►



### **Fuerzas intermoleculares establecidas en diferentes materiales adhesivos.**

Las fuerzas dipolo-dipolo consisten en atracciones electrostáticas entre grupos polares y son observadas en polímeros adhesivos como el poli(cloruro de vinilo) y poli(acetato de vinilo).

### **Concepto clave:**

#### ► Fuerzas de Van der Waals

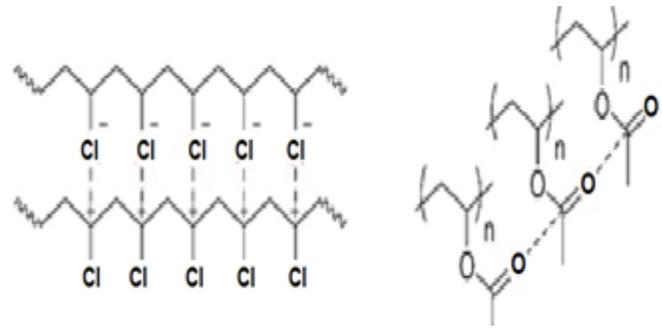
Interacciones establecidas entre dos núcleos atómicos. También llamadas fuerzas no polares o fuerzas de dispersión de London.

Este es un proceso de inducción, por lo que el dipolo recién formado se conoce como dipolo inducido.

Las fuerzas intermoleculares débiles que surgen de los dipolos instantáneos son comunes a todas las sustancias covalentes, pero en algunas actúan otras fuerzas intermoleculares que son más intensas.

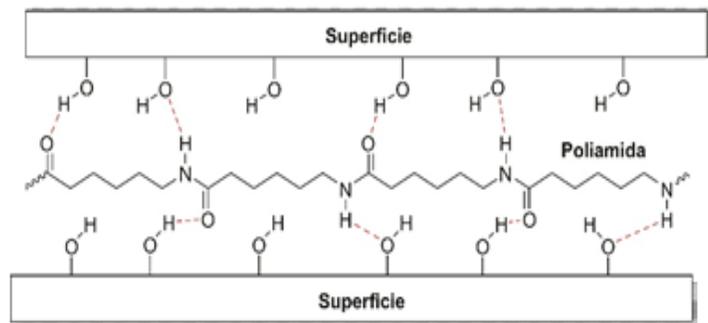
Según sea la intensidad de las interacciones dipolo-dipolo, una sustancia puede ser sólida, líquida o gaseosa a temperatura ambiente, aunque esto no depende exclusivamente de dichas interacciones, la masa molar sigue siendo un factor importante al respecto [Petrucci (1977); capítulo 11.4].

Los carbonos con cargas parciales positivas son atraídos electrostáticamente por los átomos con cargas parciales negativas. Estas atracciones pueden ocurrir en cualquier segmento de las cadenas poliméricas y el conjunto de todas las interacciones establecidas entre las cadenas produce el fenómeno de adhesión ►



Interacciones dipolo-dipolo a base de PVC y PAVc

Los puentes de hidrógeno (un tipo especial de interacciones dipolo-dipolo) son observados en materiales adhesivos que contienen grupos **-OH** y **NH** en su estructura. Los puentes de hidrógeno son observados en adhesivos hechos a base de polisacáridos, el poli(alcohol vinílico) y las poliamidas (incluyendo proteínas las cuales son poliamidas naturales). En la siguiente figura se muestra como la formación de puentes de hidrógeno inter e intramoleculares en el almidón produce el efecto de adhesión ►



Unión adhesiva hecha con una poliamida.

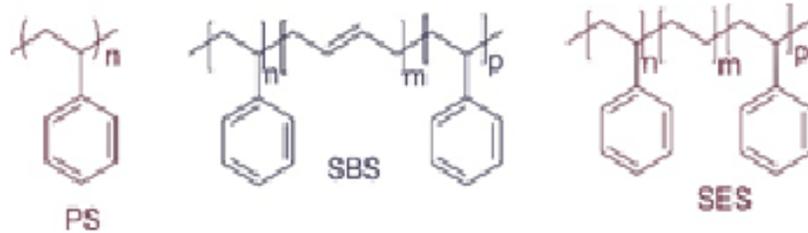
La adhesión debida a puentes de hidrógeno también se observa en las poliamidas ya sean naturales o sintéticas. Las proteínas son cadenas poliméricas formadas por aminoácidos unidos mediante el enlace peptídico, el cual consiste en un grupo amida resultado de la reacción entre los grupo ácido carboxílico y amino presentes en los aminoácidos. Los grupos amida son capaces de formar puentes de hidrógeno para producir la adhesión. Además, los grupos ácido carboxílico, amina, e hidroxilo que se encuentran en las proteínas también pueden establecer puentes de hidrógeno que contribuyen a la adhesión.

Por ejemplo, la proteína de soya también ha sido estudiada como material adhesivo. Este material resulta interesante por su origen proveniente de fuentes renovables y amplia biodisponibilidad. (Hernández-Castorena et al., 2015). El fenómeno de adhesión ocurre de forma similar en otras poliamidas naturales como la caseína y la gretina (referencias).

**Referencia:**

Caldera Villalobos Martín - Herrera González Ana María. (2019) Educación Química. Vol. 30, No. 2. Facultad de Química. UNAM.

Con respecto a las fuerzas de dispersión estas son fuerzas intermoleculares producidas en polímeros adhesivos que no contienen grupos polares, como el poliestireno (PS). Estas fuerzas son el resultado de la polarización temporal de los enlaces debido al movimiento de los electrones en los átomos y moléculas. Nótese que el poliestireno contiene enlaces covalentes no polares en su estructura y por lo tanto su capacidad adhesiva se debe a fuerzas de dispersión. Un funcionamiento similar se observa en polímeros hechos a base de copolímeros de estireno como el poli(estireno-*b*-butadieno-*b*-estireno) (SBS) y poli(estireno-*b*-etileno-*b*-estireno) (SES) (Salazar-Cruz et al., 2015) ►



Estructuras de PS, SBS y SES.

### Cristalinidad y plasticidad

El grado de tal, ordenamiento se describe con el grado de cristalinidad del polímero. En muchos casos, la cristalinidad de un polímero se puede elevar mediante estirado mecánico o tensión para alinear las cadenas mientras el polímero fundido se estira a través de agujeros pequeños.

Las fuerzas intermoleculares entre las cadenas de polímeros mantienen unidas las cadenas en las regiones cristalinas ordenadas, y esto hace al polímero más denso, más duro, menos soluble y más resistente al calor, en la siguiente tabla se muestra la forma en que cambian las

propiedades del polietileno al aumentar el grado de **cristalinidad** (Brown-LeMay-Bursten, 1988) ►

Rigidez	55% 25	62% 47	70% 75	77% 120	85% 165
Densidad	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
Límite elástico	1700	2500	3300	4200	5100
Temp. fusión	109°C	116°C	125°C	130°C	133°C

La sencilla estructura lineal del polietileno facilita las interacciones que dan lugar a la cristalinidad. Sin embargo, el grado de cristalinidad en el polietileno depende mucho de la masa molar media. La polimerización produce una mezcla de macromoléculas con *n* variables y por tanto una masa molar variable.

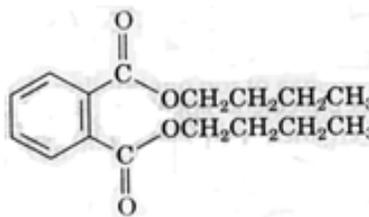
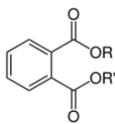
El polietileno de baja densidad que se usa para moldear películas y láminas tiene una masa molar media de 10,000 uma y presenta una ramificación sustancial de las cadenas, es decir, hay cadenas laterales que salen de la cadena principal del polímero. Parecidas a los ramales que divergen de una línea férrea principal, estas ramas inhiben la formación de regiones cristalinas y así reducen la densidad del material.

Las propiedades de los materiales poliméricos se pueden modificar ampliamente por la adición de sustancias de menor masa molar, por ejemplo, es posible agregar sustancias que protejan al material contra la degradación causada por la luz solar. En otros casos se agregan plastificantes para reducir las interacciones entre las cadenas y así hacer más flexible el polímero.

Por ejemplo, el PVC es un material duro y rígido con alta masa molar que se utiliza para fabricar tubos de drenaje para casas. Sin embargo, si el PVC se combina con una sustancia adecuada de más baja masa molar, forma un polímero flexible que puede servir para fabricar botas, impermeables y piezas de muñecas. En algunas aplicaciones el plastificante de un objeto de plástico se puede perder con el tiempo por evaporación. Si esto sucede, el plástico pierde su flexibilidad y se hace propenso a agrietarse.

### Plastificantes

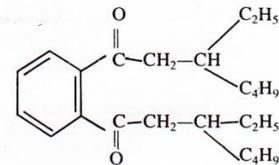
Los plastificantes son sustancias que se agregan a los polímeros para impartirles mayor flexibilidad. Los más comunes son los ésteres de ftalato ►



Ftalato de dibutilo  
(un plastificante)

Son dialquílicos o arílicos del ácido 1, 2 bencenodicarboxílico

Si se incorpora un plastificante a un polímero cristalino, se reduce su cristalinidad, se vuelve más flexible y se reblandece a menor temperatura. El plastificante actúa como un separador de las cadenas, otro ejemplo, como el **DOP**. Di-n-octil Ftalato ►



Los ftalatos de **dialquilo** son muy usados y se han convertido en contaminantes ambientales más difundidos.

### Fibras sintéticas: nylon y poliéster

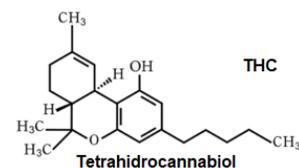
Las fibras, aquellos materiales con los cuales se puede hilar y tejer para elaborar los textiles, constituyen una clase importante de polímeros. Sin embargo, en manera alguna debemos pensar que sea posible obtener fibras resistentes con cualquier material sintético.

¿Cuál de los tipos, lineal, ramificado o de cadenas enlazadas transversalmente cree que tendría óptimas propiedades para formar fibras?

### Tarea para el estudiante.

Descripción del origen y manufactura del hilo de cáñamo, propiedades y ventajas.

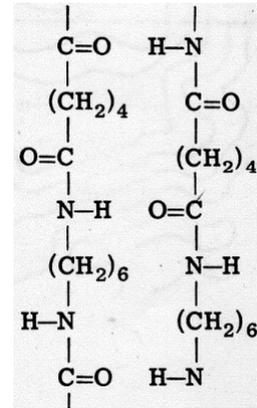
► <http://cannabisindustria.com/hilo-de-cañamo/>



Es posible obtener fibras resistentes empleando para ello materiales constituidos por macromoléculas lineales siempre que éstas puedan disponerse ordenadamente una al lado de la otra hasta formar un manojo como si se tratará de unos cuantos bejucos rectos. Esto significa que la estructura de las moléculas debe ser tal que dé lugar a la aparición, a uno y otro lado, **de fuerzas de cohesión** relativamente fuertes con las moléculas vecinas.

Como se sabe el **nylon 6,6** es uno de los, polímeros más adecuados para la elaboración de fibras.

De acuerdo a la estructura de la derecha, el átomo de oxígeno de los grupos **C=O** puede formar enlaces de hidrógeno con los átomos de los grupos **NH** de una cadena vecina. Esto puede indicarse tranzando con puntos los tres pares vecinos de **N-H** y **C=O**. de igual manera, pueden presentarse nuevos enlaces de hidrógeno con otras cadenas situadas a ambos lados del par de cadenas que aparecen en el esquema ►



De esta manera, en una muestra de nylon sería posible encontrar segmentos enteros de moléculas colocadas paralelamente. Pero ocurre también que si, al enfriarse el nylon, se le estira por medios mecánicos, puede lograrse que cada una de esas zonas compuestas de segmentos paralelos quede a su vez situada paralelamente a las demás. **Como resultado, en la escala macroscópica se logra obtener una fibra de gran resistencia.**

Los enlaces (puentes) de hidrógeno que constituyen la mayor parte de las fuerzas de cohesión entre las cadenas del nylon, son una de las tres clases de fuerzas que se presentan entre las moléculas covalentes y que determinan las características físicas.

**Los puentes de hidrógeno entre las cadenas de polímero adyacentes imparten resistencia a la tensión adicional y rigidez a las fibras [Brown H. W. (2002) CECSA].**

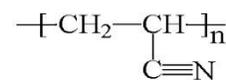
Ejemplos de fibras, el **terileno** es ampliamente usado en la industria textil; y el polipropileno. Pero ninguno de los dos es tan fuerte como el nylon siendo la fibra de polipropileno, formada por hidrocarburos, la menos resistente de las tres.

También es posible obtener fibras utilizando polímeros de cadenas alargadas que: (a) tienen grupos polares situados a espacios regulares y también (b) pueden acercarse físicamente las unas a las otras.

( c )Fuerzas electrostáticas que actúan entre porciones polares de distintas moléculas; y

(d)Fuerzas menos específicas proporcionales al tamaño de la molécula.

Los materiales textiles más importantes de la actualidad son los poliésteres, los poliacrilonitrilos, y las diferentes variedades de poliamidas conocidas por el nombre de nylon que es la marca comercial de DuPont.



Las fibras sintéticas se pueden fabricar como filamentos lacios, de aspecto vítreo, o con ondulaciones naturales.

También se usan fibras sintéticas en numerosas mezclas, entre sí o con fibras naturales. Las mezclas de poliésteres con lana o con algodón son muy apreciadas, porque poseen algunas de las propiedades deseables de ambas.

**Referencia:**

[Curso Básico de Ciencias Unidad 13. MACROMOLÉCULAS. THE OPEN UNIVERSITY]

**Actividad experimental No. 16**

El plástico

**PROPÓSITO.** Modificar las propiedades de un polímero.

**MARCO TEÓRICO**

Un polímero puede hacerse más resistente si a las largas cadenas se adicionan que en lugar de alinearse con las primeras, formen redes o retículos.

Posiblemente una de las aplicaciones más útiles de este proceso se observa con las llantas de los coches. En 1844 Charles Goodyear inventó la vulcanización, que no es más que la reticulación de las moléculas de hule natural por adición de azufre. El hule natural es blando y se derrite con el calor, el hule vulcanizado es mucho más resistente.

Material	Sustancias
Una probeta graduada de 50 mL.	Un gramo de bórax.
Una hoja de plástico (o una bolsa).	10 mL de pegamento blanco.
Un matraz erlenmeyer de 250 mL.	Agua destilada.
Dos vasos de precipitados de 250 mL.	$\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ Fórmula química del bórax
Un matraz erlenmeyer de 100 mL.	
Un tapón de hule.	
Agitador de vidrio.	
Lentes de seguridad.	

**Hipótesis** \_\_\_\_\_

**Procedimiento**

1. Prepara una disolución al 8 % de bórax disolviendo totalmente un gramo en 12.5 mL de agua destilada, tapa el matraz. Usa la varilla de vidrio para determinar la textura.
2. Mezclar 10 mL de pegamento en 10 mL de agua disolviéndolo perfectamente. Observa su textura.
3. A la mezcla de pegamento añade la solución de bórax a la bolsa y ciérrala.

4. Revuelve hasta que las disoluciones queden totalmente mezcladas. No debe haber exceso de líquido, deja reposar 10 minutos.
5. Sacas el producto de la bolsa y amásala con tus manos; lávatelas cuando al finalizar la actividad.

### Observa.

Ese trozo de plástico en un par de horas será una pelota que rebota,

### 🔍 Análisis de resultados:

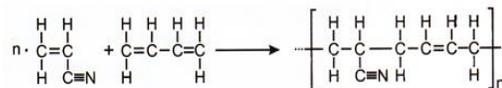
La disolución al 50% de pegamento blanco contiene varias cadenas individuales del polímero acetato de polivinilo. Explica que pudo haber pasado a estas cadenas cuando fue agregada la disolución de bórax. **¿Qué función tuvo esta sustancia?**

Elabora un modelo de las cadenas del polímero antes y después de mezclarla con el bórax.

### Cuestionario No. 7

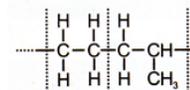
1. En la siguiente ecuación química ►

- a) ¿Cuáles son los nombres de los monómeros que entran en la reacción?
- b) ¿Es una reacción de condensación? Por qué.
- c) ¿Cuál es el nombre del polímero obtenido?



El etileno y el propileno se combinan para formar un polímero de cadena carbonada saturada, químicamente estable generando una excelente resistencia al calor, a la oxidación, al ozono, y a la intemperie.

2. ¿Cuál es el nombre de la siguiente estructura polimérica? \_\_\_\_\_ ►



➤ [https://es.wikipedia.org/wiki/Poliolefina#Proceso\\_de\\_obtenci.C3.B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Poliolefina#Proceso_de_obtenci.C3.B3n)

3. Los nailones o nilón (nylon) son una familia de polímeros, cuyos miembros presentan propiedades ligeramente diferentes que los adoptan para diversos usos. Los dos más usados son el nylon 6, 6 y el **nylon 6** ¿Por qué este último se llama así?



Los estudiantes analizan información sobre polímeros diseñados para resistir más que los metales y con menor peso, como el Kevlar utilizados en chalecos antibalas o en cohetes espaciales.

### Tarea para el estudiante.

**El Kevlar**, una poliamida aromática que se conoce como aramida, es un polímero excepcionalmente fuerte que se usa en cuerdas de neumáticos radiales y en chalecos a prueba de balas. Su equivalente con orientaciones meta, el Nomex, se usa en ropa resistente al fuego (para bomberos, por ejemplo) y en partes tanto internas como externas de aeronaves, vehículos espaciales y barcos ¿A partir de qué cloruro de diácido y qué diamina se podría hacer el Kevlar?.

## Polaridad de los polímeros sintéticos

Se requiere regularidad estructural para que haya cristalinidad en los polímeros. Si las fuerzas polares entre átomos y grupos químicos en moléculas adyacentes son suficientemente grandes, las fuerzas que favorecen la ordenación de las moléculas serán mayores y los cristales retendrán su identidad a mayores temperaturas.

En consecuencia, la temperatura de fusión está relacionada con la polaridad de los polímeros, como se observa en la siguiente serie de polímeros cristalinos de polaridad creciente ►

Polímeros	Temp. de fusión °C
Polietileno alta densidad	135
Polimetilmetacrilato isotáctico	160
Policloruro de vinilidieno $-(CH_2 - CCl_2)$	198
Nylon 6, 6	265
Politetrafluoro etileno (teflón)	327

La polaridad de las diferentes sustancias, sirven para saber cuáles líquidos pueden usarse para disolver cada polímero.

La solubilidad de los polímeros o su interacción con disolventes de varios tipos, es la forma más común de evaluar la polaridad de las moléculas poliméricas.

Se aprovecha la circunstancia de que los líquidos sólo disuelven sustancias con polaridad muy similar a la de ellos [Guía para el profesor de Química IV. 2011, **CCH-O**].

En cuanto a la **polaridad**, la presencia de átomos de diferente naturaleza provoca que, en los enlaces covalentes, los electrones se desplacen hacia el átomo más electronegativo, creando así un dipolo.

Los polímeros que contienen estos átomos muy electronegativos, como el **Cl, O, N, F**, etc. serán compuestos polares, lo que influye en las propiedades del material. Si la polaridad aumenta, se incrementa la resistencia mecánica, la dureza, la rigidez, la resistencia al calor, la absorción de agua y humedad, la resistencia química, así como la permeabilidad a compuestos polares como el vapor de agua y la adhesividad y la adherencia a los metales, ejemplo el nylon 6, 6 y el teflón.

► <https://www.aimplas.es/blog/clasificacion-e-identificacion-de-materiales-plasticos/>

## Plásticos polares y no polares

En **los plásticos polares**, los dipolos se crean por un desequilibrio en la distribución de electrones y en presencia de un campo eléctrico, los dipolos intentarán moverse para alinearse con el campo. Esto creará una “polarización dipolo” del material y, como el movimiento de los dipolos está involucrado, hay un elemento de tiempo en el movimiento.

Ejemplos de plásticos polares son el polimetil-metacrilato (PMMA), el cloruro de polivinilo (PVC), las poliamidas (PA, Nylon), el policarbonato (PC) entre otros, estos materiales tienden a ser moderadamente buenos como aislantes.

Los plásticos **no polares** son verdaderamente covalentes y generalmente tienen moléculas simétricas (ejemplo el teflón). En estos materiales no hay dipolos polares presentes y la aplicación de un campo eléctrico no intenta alinear ningún dipolo. Sin embargo, el campo eléctrico mueve los electrones ligeramente en la dirección del campo eléctrico para crear una “polarización electrónica”, en este caso el único movimiento es el de los electrones y esto es efectivamente instantáneo.

Los ejemplos de **plásticos no polares** son el politetrafluoro etileno (PTFE, Teflon®) así como otros fluoropolímeros, el polietileno (PE), el polipropileno (PP) y el poliestireno (PS), y estos materiales tienden a tener resistividades altas y constantes dieléctricas bajas.

La estructura del polímero determina si es polar o no polar y esto determina muchas de las propiedades dieléctricas del plástico.

Para aprender de polímeros, química y más, toma nuestros cursos en línea:

- <https://todoenpolimeros.com/capacitacion.html>

El estudiante centra sus conclusiones, con el apoyo del profesor en los siguientes planteamientos:

- Las propiedades de los plásticos termofijos se atribuyen a las cadenas transversales que forman enlaces covalentes tridimensionales térmicamente estables, a diferencia de los termoplásticos que consisten en moléculas lineales (ramificadas) que no se encadenan transversalmente cuando se calienta.
- Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades.
- Los polímeros tienen una muy buena resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen.
- Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases. Las más comunes, denominadas Fuerzas de Van der Waals:
- En el polietileno (PE) las fuerzas intermoleculares son débiles de tipo London (dipolo inducido-dipolo inducido). Punto de fusión 110°C
- El policloruro de vinilo (PVC), es una molécula polar y las fuerzas intermoleculares de tipo dipolo-dipolo. Punto de fusión 212°C.

#### **Argumento**

El átomo de cloro (Cl) enlazado a uno de cada dos átomos de carbono le confiere características amorfas principalmente impiden su recristalización, la alta cohesión entre moléculas y cadenas poliméricas del PVC se deben principalmente a los momentos dipolares fuertes originados por los átomos de cloro, los cuales a su vez dan cierto impedimento estérico es decir que repelen moléculas con igual carga, creando repulsiones electrostáticas que reducen la flexibilidad de las cadenas poliméricas, esta dificultad en la conformación estructural hace necesario la incorporación de aditivos para ser obtenido un producto final deseado.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Policloruro\\_de\\_vinilo](https://es.wikipedia.org/wiki/Policloruro_de_vinilo).

## Cuestionario No. 8

El PTFE es un polímero similar al polietileno, en el que los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos flúor. La fórmula química del monómero, tetrafluoretileno, TFE, es  $\text{CF}_2=\text{CF}_2$

La estructura atómica de los enlaces covalentes de **C-C** y **C-F** extremadamente fuertes les confieren las excelentes cualidades de estos materiales. La estructura lineal del polímero, conjuntamente con la disposición de los átomos de **flúor** protegidos por los átomos de carbono, producen su inercia y estabilidad química.

Completa con los términos puentes de hidrógeno, flúor, polar, polares o polaridad, inerte, electrostáticas.

1. El PTFE no se disuelve en ningún solvente, el \_\_\_ es el responsable de su bajísima energía superficial y su bajo coeficiente de fricción. De igual modo la molécula es considerada \_\_\_\_\_ desde el punto de vista eléctrico o sin \_\_\_\_\_.

👉 **Apoyo** en, <https://www.tecnimacor.es/teflon-propiedades/>

2. Una fibra de Kevlar es en realidad un conjunto de cadenas de polímeros. Aunque las cadenas del polímero de Kevlar son cadenas individuales, en realidad sí están unidas formando un conjunto. Las cadenas individuales del polímero se unen realmente por fuerzas \_\_\_\_\_ que hay entre las moléculas, conocidas como enlaces por \_\_\_\_\_, que se forman entre los grupos de amidas \_\_\_\_\_ en cadenas adyacentes.

➤ Apoyo en, <http://fibrasibarra.blogspot.com/2015/07/kevlar.html>

3. Todo el aceite (de pescado, de oliva, de canola, etc.) disolverá el poliestireno expandido con el tiempo suficiente. Algunos tipos de aceite de pescado disolverán el poliestireno expandido con mucha rapidez, mientras que otros lo harán más lentamente. Esta interacción, y la velocidad a la que ocurre, se debe a una propiedad química conocida como \_\_\_\_\_.

Apoyo en, <https://askthescientists.com/es/qa/por-que-el-aceite-contenido-en-biomega-disuelve-la-espuma-de-poliestireno/>

Las diferencias de polaridad explican muchas interacciones químicas. En general, aquellos compuestos que son similares se mezclan y los opuestos se separan. En el mundo de la química, esto se conoce como la regla de “los semejantes se disuelven entre sí”.

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

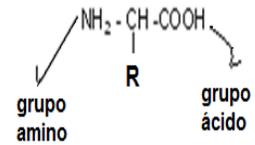


Los estudiantes reconocerán los enlaces peptídico y glucosídico en fragmentos cadenas poliméricas de proteínas y carbohidratos y observarán los grupos amino, carbonilo y amida en las proteínas y los grupos cetona, aldehído y alcohol en carbohidratos, para entender su estructura **(A8)**.

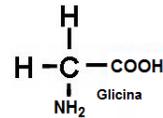
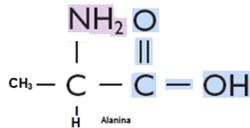
## Lectura

Los grupos funcionales de aminoácidos

Así como los monosacáridos son las unidades estructurales de los polisacáridos, los aminoácidos (monómeros) lo son de las proteínas. Cada uno de los **20** aminoácidos distintos tiene tres importantes grupos funcionales unidos a un átomo central; un **grupo amino**, un **grupo carboxilo** y una **cadena lateral (grupo R)** ►

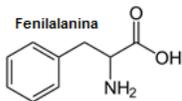


Donde **R** es un radical o grupo alquilo, que puede ser un hidrógeno o un metilo, por lo que en algunos a.a. naturales difieren solamente en R, ejemplo ►



El término aminoácido se refiere en sentido general a cualquier molécula que contenga los grupos funcionales amino (**-NH<sub>2</sub>**) y un carboxilo (**-COOH**), sin embargo, dicho término se ha convertido en la designación genérica de los aminoácidos presentes en las moléculas de proteína. En estos **aminoácidos (a.a.)**, tanto el grupo amino como el grupo ácido están unidos a un mismo átomo de carbono, el átomo de carbono alfa ( $\alpha$ ).

Para nombrar a los aminoácidos se anteponen las letras del alfabeto griego; alfa, beta, gamma y delta, si el grupo amino se encuentra unido al carbono 1, 2, 3, 4, respectivamente, contando a partir del grupo ácido. A continuación, se anteponen al nombre del ácido el prefijo **amino** ►



Esta fórmula de la fenilalanina de acuerdo con la **IUPAC** recibe el nombre de: **ácido  $\alpha$  2-amino-3-fenil-propanoico**.

Forma parte en la composición de todas las proteínas, debemos consumirla, el aspartamo contiene 40%, por ello estos alimentos son fuente de este aminoácido no natural. Es uno de los diez aminoácidos esenciales para el ser humano. La fenilalanina reduce la ingesta de alimentos al influir en el intestino y el cerebro.

**Tarea para el estudiante.** Fenilalanina: qué es, cuál es su función y para qué sirve.

► <https://www.tuasaude.com/es/fenilalanina/>

Es importante aclarar que no todos los aminoácidos son constituyentes de proteínas. Por ejemplo el ácido cisteinsulfínico (localizado en el tejido encefálico de la rata), ácido cisteico (localizado en la lana), felinina y sovaltina (localizados en la orina del gato), ornitina y citrulina (intermediarios en el ciclo metabólico de la urea), homocitrulina (localizado en la orina de los niños recién nacidos), azaserina (potente inhibidor de crecimientos tumorales), etcétera. Dentro de las estructuras de los aminoácidos existen los ►

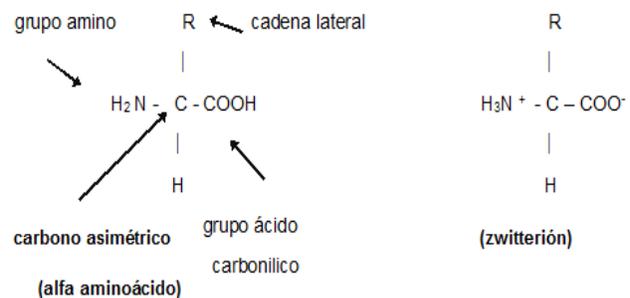
Nombre IUPAC	Fórmula semidesarrollada	Nombre común	Abreviatura
Ácido alfa amino-etanoico	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CO} \cdot \text{OH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Glicina	Gli
Ácido alfa amino-propanoico	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CO} \cdot \text{OH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Alanina	Ala
Ácido alfa amino beta metil butanoico (Ác. aminoisovaleriánico)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CO} \cdot \text{OH} \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Valina	Val
Ácido alfa amino gamma metil pentanoico (Ác. alfa aminocaprónico)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CO} \cdot \text{OH} \\   \quad \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Leucina	Leu

- ✓ **Ácidos**, con cadenas laterales que contienen grupos carboxilo, ejemplo el **ácido aspártico (Asp)**.
- ✓ **Básicos**, con cadenas laterales que contienen grupos amino, ejemplo la **lisina (Lys)**.
- ✓ **Neutros**, con cadenas laterales polares, ejemplo la **treonina**. Y aminoácidos con cadenas laterales no polares, ejemplo la **alanina (Ala)**.

Esto es importante para el organismo, por ejemplo, una hormona que debe ser soluble en los líquidos sanguíneos debe poseer muchos aminoácidos con cadenas laterales polares; en cambio una proteína del musculo debe ser insoluble y, por lo tanto, debe tener muchos aminoácidos con cadenas laterales **no polares**.

**L**os aminoácidos son **compuestos anfóteros**, es decir presentan propiedades ácidas y básicas; contienen un grupo amino que puede existir en forma catiónica, como el ion amonio (**-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>**), y un grupo carboxilo que puede existir en forma aniónica, como el ion carboxilato (**-C-O<sup>-</sup>**).

La molécula de **a.a.** puede tener una reacción interna ácido-base, lo que da lugar a un ión dipolar, llamado también zwitterión (del alemán zwitter: "híbrido"), esta es la forma en que la mayor parte de los aminoácidos se encuentran cuando están a un **pH** fisiológico. Las cargas iónicas resultantes hacen que la solubilidad de los aminoácidos sea similar a la de las sales comunes.



## Clasificación de los aminoácidos

Aunque existen diversos tipos de clasificaciones de aminoácidos, es usual clasificarlos de acuerdo con las propiedades de su cadena lateral, o sea, por las propiedades de su parte variable. De acuerdo con la polaridad de la cadena R los aminoácidos se pueden clasificar en dos grandes grupos: polares y no polares.

**Aminoácidos no polares o apolares.** La mayoría presentan sólo carbonos e hidrógenos en sus cadenas laterales, o si hay un elemento electronegativo en su estructura comparte simétricamente sus enlaces covalentes.

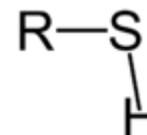
Las cadenas laterales R de estos aminoácidos no pueden ceder ni aceptar protones, ni participar en puentes de hidrógeno, ni en enlaces iónicos. Estas cadenas laterales son “hidrofóbicas” y por lo tanto facilitan formar entre cadenas similares las interacciones hidrofóbicas.

Son aminoácidos no polares: **gli, ala, val, leu, ile, fen, rnet, tri y pro.**

**Aminoácidos polares.** Son aquellos que presentan cargas eléctricas o elementos electronegativos con asimetría de sus enlaces (ese elemento electronegativo tiene enlaces con otros elementos no idénticos). Aquellos que presentan grupos carboxilos en la cadena lateral presentarán cargas negativas, y los que posean grupos amino, guanidino o imidazol presentarán cargas positivas.

Son **aminoácidos polares** la glicina, serina, treonina, cisteína, tirosina, asparagina y glutamina.

Otros con grupos hidroxilos, amidas o sulfhídrido no presentarán cargas, pero su distribución asimétrica de electrones los hace polares. Las cadenas laterales de los aminoácidos polares con cargas eléctricas pueden ceder o aceptar protones y si son de cargas opuestas formar enlaces iónicos o participar en puentes de hidrógeno.



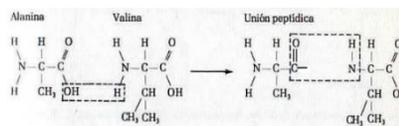
**Los polares sin cargas**, pero con grupos hidroxilos en su cadena lateral pueden formar puentes de hidrógeno; el mismo comportamiento pueden presentar los que tienen grupos amidas.

- A. Polares con cargas positivas: Lis, Arg e His.
- B. Polares con cargas negativas: Asp y Glu.
- C. Polares sin carga: Ser, Tre y Tir; Asn y Gin: Cys.

**Los aminoácidos** apolares poseen una cadena lateral hidrófoba y por lo tanto su solubilidad en agua es menor.

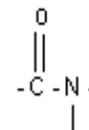
## El enlace peptídico

La síntesis de las proteínas se lleva a cabo por pasos: un aminoácido se une a otro; después se añade el tercero a los primeros dos, luego otro y así sucesivamente ►



Las **uniones covalentes** entre cada par de aminoácidos se llaman enlaces peptídicos. En el sitio donde se forma el enlace peptídico se libera una molécula de agua. La rotura de uno de estos enlaces, como ocurre durante la digestión, es una reacción hidrolítica.

Un **péptido** es un compuesto de dos o más aminoácidos. Los **oligopéptidos** tienen diez o menos aminoácidos. Los **polipéptidos** y las **proteínas** son cadenas de más de diez aminoácidos, pero los péptidos que contienen más de 50 aminoácidos se clasifican como proteínas. Son intermediarios de las proteínas, pero tienen importancia biológica, por ejemplo el glutatión, es un tripéptido presente en la mayoría de las células: **glu-cis-gli**.

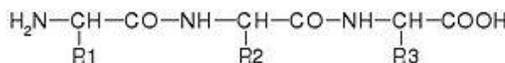


Un péptido es una amida que se obtiene como resultado de la reacción secuenciada entre dos o más aminoácidos. Al enlace amídico que se forma se le conoce como enlace peptídico.

La formación del enlace peptídico modifica las características de ionización de los aminoácidos que lo constituyen, El grupo carboxilo del primer aminoácido y la función amina del segundo ya no pueden participar en el comportamiento de ácido/base conjugado una vez unidos por el enlace peptídico. Esto deja las cadenas laterales **R**, así como los grupos amino y carboxilo terminales, como la fuente principal de grupos ionizables (Philips-Bailey, 1988).

Un polipéptido es una cadena con un número elevado de residuos de aminoácidos. Aunque no existe una diferencia real entre un polipéptido y una proteína, por convención se clasifica como polipéptido a las cadenas que tienen **menos de 50 unidades de aminoácido** y como proteínas a las que exceden este número.

La representación general del **enlace amida** en los péptidos es la siguiente ►



La combinación de dos aminoácidos produce un dipéptido; cuando se agrega uno más se forma un tripéptido, tetrapéptido (cuatro unidades). La adición de otros genera una cadena peptídica (de cuatro a 10 aminoácidos) o un polipéptido (de 10 a 2000 o más aminoácidos). Cada uno de los aminoácidos de una molécula peptídica se denomina unidad o residuo.

**Tarea para el estudiante.** Determina la composición química del aspartamo.



- <https://blogs.20minutos.es/el-nutricionista-de-la-general/tag/aspartamo/>

## La jerarquía de la estructura de las proteínas

A causa de su tamaño y su naturaleza química, las proteínas exhiben una organización estructural en tres dimensiones. Existen cuatro niveles formales de estructura proteínica, cada uno estabilizado por interacciones moleculares específicas; primario, Secundario, terciario y cuaternario.

### B) Estructura primaria de las proteínas, la secuencia de aminoácidos

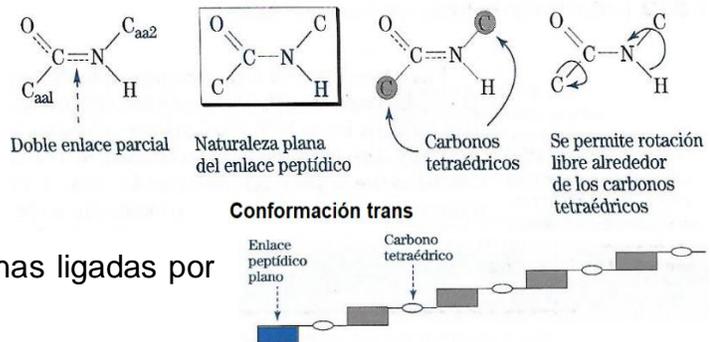
La disposición lineal de aminoácidos en una proteína, del extremo amínico al extremo carboxílico, se conoce como estructura primaria. Esta es la secuencia que esta determinada por el código genético y que determina a su vez la forma de conjunto y la función de la macromolécula.

### C) Estructura secundaria de las proteínas- hélice y láminas plegadas

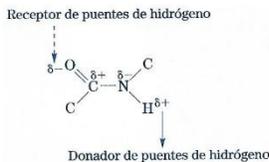
La estructura secundaria es la organización de una cadena de polipéptido que es consecuencia de la formación de puentes de hidrógeno entre enlaces peptídicos.

Los puentes de hidrógeno dan origen a estructuras que pueden tener aspecto de hélice o de lámina.

**Estructuras alfa y beta.** La geometría del enlace peptídico es plana y trigonal debido al doble enlace parcial que se forma por deslocalización electrónica entre el **carbono carbonílico** y el **nitrógeno amídico** y pueden existir isómeros geométricos. El isómero predominante es el **trans**. Sin embargo, los carbonos alfa de los aminoácidos ligados al enlace son tetraédricos, con libre rotación en torno a sus enlaces ►

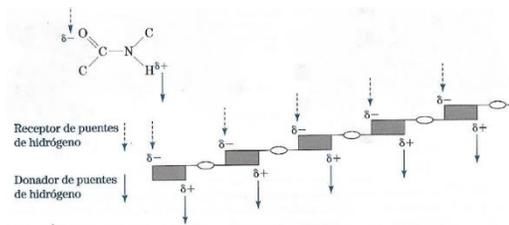


Esto da origen a un polímero parecido a una serie de placas planas ligadas por una articulación giratoria ►



El hidrógeno unido al nitrógeno amídico es electropositivo, en tanto que el oxígeno del grupo carbonilo es electronegativo. Como consecuencia, se dice que el hidrógeno y el oxígeno del carbonilo es un receptor de puentes de hidrógeno.

La cadena de polipéptido gira en torno a los carbonos tetraédricos con el propósito de alinear los hidrógenos amídicos con los oxígenos carbonílicos (pares de donadores-receptor de puentes de hidrógeno) ►



Una rotación parcial de  $45^\circ$  permite que los enlaces peptídicos se dispongan de tal manera que cada cuarto enlace peptídico ocurre debajo de otro. Esto da origen a una espiral o hélice, específicamente una hélice derecha, que se conoce como hélice  $\alpha$ .

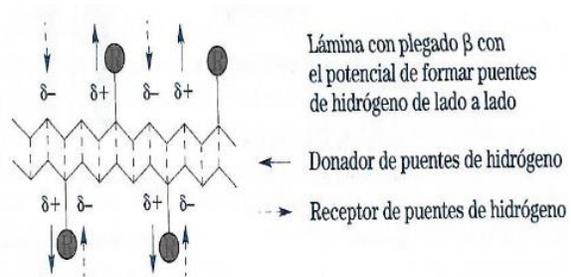
Se pueden formar puentes de hidrógeno entre enlaces peptídicos localizados arriba y abajo unos de otros en un sentido casi paralelo al eje longitudinal de la hélice. Los grupos **R** sobresalen de la hélice de manera análoga a los rayos que sobresalen en ángulos casi rectos respecto a la maza cilíndrica de una rueda de bicicleta. (El pelo se compone de la proteína  **$\alpha$ -queratina**, que es de naturaleza principalmente  $\alpha$ -helicoidal).

### Concepto clave:

#### ➤ Enlace peptídico

El enlace peptídico es un enlace covalente y se establece entre el grupo carboxilo (-COOH) de un aminoácido y el grupo amino (-NH<sub>2</sub>) del aminoácido contiguo inmediato, con el consiguiente desprendimiento de una molécula de agua.

La rotación completa de los enlaces con los carbonos a hasta  $180^\circ$  extiende la cadena y produce una apariencia plegada con los donadores y receptores de puentes de hidrógeno ubicados en los costados de la cadena y los grupos **R** dirigidos hacia arriba y abajo, perpendiculares a la cadena ▶



Si la cadena polipeptídica misma se dobla y regresa a lo largo de sí misma, se pueden formar puentes de hidrógeno en una disposición de lado con lado. Esto se conoce como lámina con **plegado  $\beta$** .

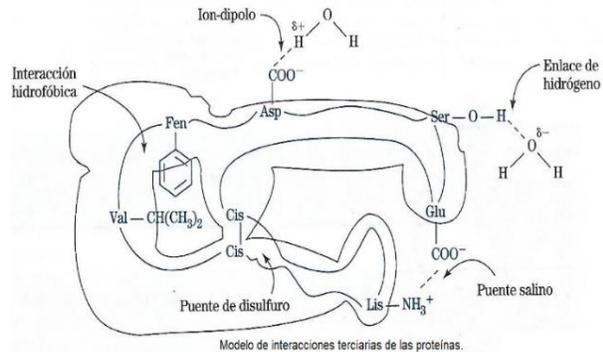
Es importante destacar que estructura secundaria de las proteínas se refiere a polímeros tridimensionales organizados con forma definida, estabilizados por puentes de hidrógeno entre enlaces peptídicos ya sea dentro de (intra) o entre (inter) cadenas de polipéptido.

### C) Estructura terciaria de las proteínas – proteínas fibrosas y globulares

Las proteínas se pueden curvar y doblar formando estructuras globales que pueden ser largas y fibrosas como el, pelo y los huesos, o más compactas, es decir, globulares, como la clara de huevo (albúmina). Las cadenas laterales **R** participan en las interacciones tanto covalentes como no covalentes con el propósito de estabilizar la proteína en su estructura tridimensional última, o conformación terciaria ( $3^\circ$ ).

**El enlace covalente** común lateral capaz de mantener unidas entre sí regiones remotas de la proteína es el enlace de disulfuro que se forma entre dos residuos de cisteína. Los grupos **-SH** de dos cisteínas se oxidan para formar un enlace covalente o puente de disulfuro.

**Son tres las interacciones no covalentes;** enlaces de hidrógeno, puentes salinos (interacciones iónicas) e interacciones hidrofóbicas. Los grupos **R** que tienen un átomo de hidrógeno ligado a un oxígeno o nitrógeno, como la histidina y la serina pueden formar puentes de hidrógeno con un grupo electronegativo como el oxígeno de un carbonilo o el nitrógeno de una amina ►



Se trata del mismo tipo de fuerza que vimos en la estructura secundaria, pero ahora está ocurriendo entre cadenas laterales **R** sin que intervenga el enlace peptídico.

Otra interacción no covalente es la formación de puentes salinos entre los grupos **R** con carga opuesta.

Puesto que casi todas las proteínas se encuentran en contacto con el agua que constituye un 70% de nuestro peso corporal, las superficies de estas macromoléculas deben desplegar cadenas laterales de aminoácidos que forman puentes de hidrógeno con el agua o se asocian en interacciones ion-agua.

Las cadenas laterales hidrocarbonadas (valina, leucina, fenilalanina) no interactúan con agua ni con iones, sino que tienden a agregarse en un entorno hidrofóbico y suelen formar un núcleo “céreo” en una proteína soluble en agua. Si bien existen interacciones muy débiles entre los átomos de estos grupos, la fuerza que prevalece es la que evita la polaridad (Philip S- Bailey. 1998: pp 517).

## COMENTARIO

❖ El agua unida a las proteínas

En el músculo vivo las proteínas dan una estructura de gel al tejido.

Cada molécula de agua actúa como un dipolo que interacciona de manera no covalente con gran número de moléculas cargadas-

Así la miosina por contener aminoácidos básicos y ácidos generan una carga eléctrica alta y con ellas interaccionan las moléculas de agua (la miosina es la proteína más abundante del **músculo esquelético**. Representa entre el 60% y 70% de las proteínas totales y es el mayor constituyente de los filamentos gruesos).

### Conceptos clave:

- Puente salino

Interacción iónica (+ con -) entre las cadenas laterales de aminoácidos ácidos y básicos que estabiliza las estructuras terciaria y cuaternaria de las proteínas.

- Puente de disulfuro

Enlace covalente **S – S** formado entre cadenas laterales de residuo de cisteína que pueden estar lejos unos de otros en una cadena de polipéptido,

- Interacción hidrofóbica

Interacciones **no polares**, débilmente atractivas, entre las cadenas laterales hidrocarbonadas de aminoácidos, que estabilizan las estructuras terciaria y cuaternaria de las proteínas.

### Referencia:

Philip-Bailey. (1988) Química orgánica, Capítulo 17. Pearson. México.

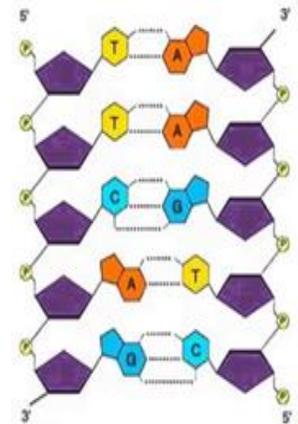
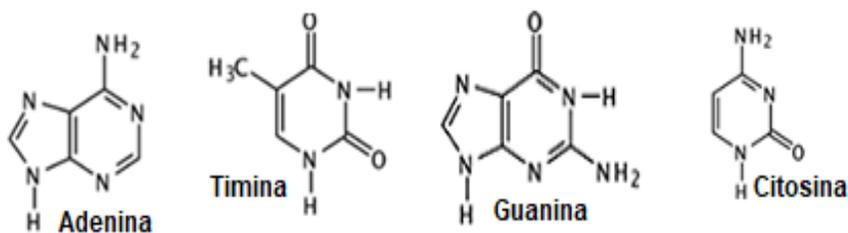
➤ El estudiante centra sus conclusiones, con el apoyo del profesor en los siguientes planteamientos:

- Las cadenas poliméricas de aminoácidos se atraen en diverso grado y forman las estructuras secundaria y terciaria de las proteínas.

### 👁 Ejercicio para el estudiante.

Las dos cadenas que forman el ADN se unen a otra por un tipo de enlace mucho más débil, lo que se conoce como \_\_\_\_\_. En estos, un átomo de hidrógeno que está unido por un enlace covalente a un átomo de oxígeno o nitrógeno se siente atraído por otro átomo de oxígeno o nitrógeno de otra molécula. La estructura de las bases nitrogenadas hace que entre la adenina y la timina se puedan establecer \_\_\_\_puentes de hidrógeno, mientras que entre la guanina y la citosina se puedan establecer-----.

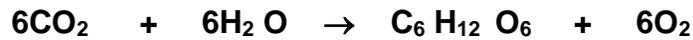
Ello hace que se emparejen siempre de esa forma.



En una estructura de ADN plana indica esos cinco puentes de hidrógeno entre esas cuatro estructuras de bases nitrogenadas existentes entre las dos cadenas (Pérez Izquierdo Alberto, 2019).

## Carbohidratos

La vida en la Tierra es posible gracias a la existencia de las plantas verdes, únicos organismos capaces de absorber la energía solar y transformarla en energía química. Mediante **la fotosíntesis**, las plantas producen moléculas de alta energía (carbohidratos, lípidos y proteínas) a partir de moléculas de baja energía como el agua y el dióxido de carbono. La siguiente ecuación representa la síntesis de la glucosa ►



Como indica su nombre, los hidratos de carbono o carbohidratos (CHO) son compuestos formados por **carbono, hidrógeno y oxígeno**, presentan La fórmula general  $\text{C}_x(\text{H}_2\text{O})_n$ , y tienen estructura de polihidroxialdehído o de polihidroxiacetona; además, todos los carbohidratos presentan grupos funcionales **C=O** y **-OH**.

Los carbohidratos simples y complejos son la fuente principal de energía metabólica para todas las actividades del organismo, desde la locomoción hasta la construcción de otras moléculas.

La estructura química de los carbohidratos determina su funcionalidad y características, mismas que repercuten de diferentes maneras en los alimentos, principalmente en el sabor, la viscosidad, la estructura y el color. Es decir, las propiedades de los alimentos, tanto naturales como procesados, dependen del tipo de carbohidrato que contienen y de las reacciones en que éstos intervienen (Baudi Dergal, 2006: capítulo 2).

### Concepto clave:

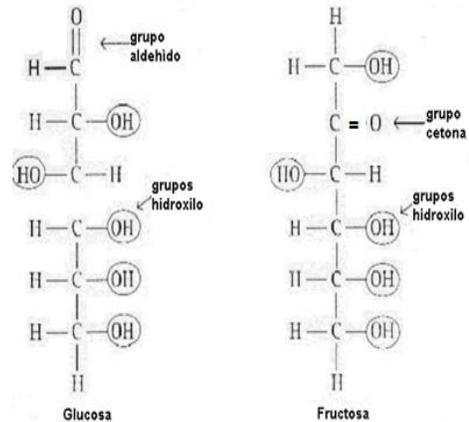
#### ► Los carbohidratos

Se definen como compuestos de fórmula molecular  $\text{C}_m(\text{H}_2\text{O})_n$ , sin embargo, el término “carbohidrato” se utiliza en un sentido más limitado para designar polihidroxialdehídos y polihidroxicetonas y sus derivados [Stanley-Hendrickson. (2004) “Química orgánica”. Mc Graw Hill].

Algunos materiales poliméricos se obtienen de fuentes animales o vegetales. La celulosa, el caucho, algunas proteínas, son compuestos naturales que tienen la misma estructura general básica de los polímeros artificiales; se trata de largas secuencias repetitivas de funciones químicas similares. **El “celofán”**, el primer material del que se consiguió fabricar láminas delgadas y transparentes, es también una forma de celulosa reconstituida.

Las moléculas orgánicas que principalmente forman parte del hombre son los carbohidratos, y proteínas, las primeras también son macromoléculas mejor conocidas como polisacáridos; las segundas están formadas por cientos o miles de monómeros denominados aminoácidos. Ambas son los componentes básicos de todos los seres vivos.

En estos dos ejemplos ambos compuestos tienen dos grupos **OH**, y difieren en el grupo carbonilo, **aldo** por tener el grupo aldehído **ceto** al grupo cetona, en las siguientes estructuras se tienen señalados los grupos funcionales con más detalle ►

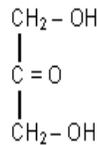


Las estructuras de la glucosa y fructosa son de cadena abierta o lineal (fórmulas de proyección de Fischer), por conveniencia en estas estructuras se escribe el grupo aldehído (-CH=O) o cetona (=C=O) en la parte superior de la cadena y el grupo (-OH) en la parte inferior.

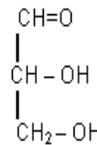
📺 **Apoyo.** Recomendamos ver el video para proyecciones de Fischer;

➤ <https://www.youtube.com/watch?v=Y0cYOXsZEVU>. (21 sep. 2017)

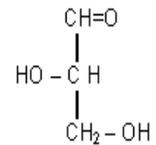
La cetosa más sencilla es la dihidroxiacetona y la aldosa más simple es la gliceraldehído que se representa como los isómeros **D** y **L** ►



dihidroxiacetona



D - gliceraldehído



L - gliceraldehído

### Questionario No. 9

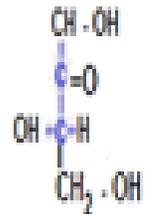
1. De las siguientes cuatro fórmulas condensadas;  $(\text{CH}_2\text{O})$ ,  $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)$ ,  $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$ ,  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$  ¿Cuáles consideras **que no son glúcidos**? Por qué.

2. Cual sería el nombre de los siguientes dos monosacáridos:

d) Por el número de carbonos

e) Por su grupo funcional

¿Cuál de las dos se le conoce como aldotetrosa? ►



3. **El sabor dulce de la miel se debe** a los monosacáridos D-Glucosa y D-Fructosa

¿ Cuáles son las diferencias que hay en las proyecciones de Fischer de la D-glucosa y D-fructosa? [Timberlake Karen C. (2011) Química, Una introducción a la Química orgánica y biológica. Capítulo 14, página 489].

Fórmulas de proyecciones de Fischer, ver Brown H. W. (2002) capítulo 16. CECSA.

## Ligaduras o enlaces glucosídicos

El **enlace glucosídico** es denominado así cuando todos los monómeros son de glucosa exclusivamente; y enlace glicosídico si el enlace se establece entre diversos hidratos de carbono (además de la glucosa).

En el ámbito de los glúcidos, el enlace **glucosídico** es aquel mediante el cual un glúcido se enlaza covalentemente con otra molécula, sea o no un glúcido.

Si se unen dos o más monosacáridos (formando disacáridos o polisacáridos) usando un átomo de oxígeno como puente entre ambas moléculas (un éter), su denominación correcta es **enlace O-glucosídico**.

Los **enlaces glucosídicos** son los enlaces covalentes que se dan entre azúcares (carbohidratos) y otras moléculas, que pueden ser otros monosacáridos u otras moléculas de diversa naturaleza. Estos enlaces hacen posible la existencia de múltiples componentes fundamentales para la vida, no solo en la formación de combustibles de reserva y elementos estructurales, sino también de moléculas transportadoras de información esenciales para la comunicación celular. <https://www.lifeder.com/enlace-glucosidico/>

En general, la formación de estos enlaces covalentes ocurre por reacciones de condensación, donde se libera una molécula de agua con cada enlace que se forma.

Los enlaces glicosídicos se pueden formar entre un azúcar y cualquier compuesto hidroxilado como alcoholes o aminoácidos.

La sacarosa, azúcar de mesa o azúcar de caña, es un disacárido de glucosa y fructosa.

Se sintetiza en plantas, pero no en animales superiores. Es sólida porque tiene varios enlaces polares **O-H**. No contiene ningún átomo de carbono anomérico libre, puesto que los carbonos anoméricos de sus dos unidades monosacáridos constituyentes se hallan unidos entre sí, **covalentemente** mediante un enlace **O-glucosídico** ►



### 📌 Nota:

En bioquímica la formación de los anillos pueden abrirse o cerrarse permitiendo que exista rotación alrededor del carbono que tiene el carbonilo reactante. El carbono alrededor del cual ocurre la rotación es el **carbono anomérico** y sus formas se llaman anómeros;

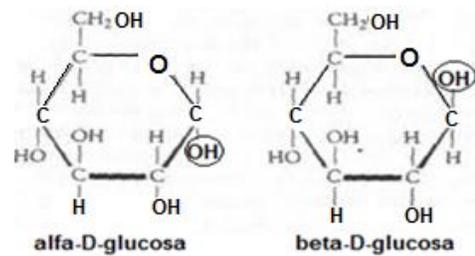
Alfa  $\alpha$ , si el -OH del **C** anomérico se observa debajo del anillo.

Beta  $\beta$ , si el -OH del **C** anomérico se observa encima del anillo.

### Concepto clave:

- Enlace glucosídico, es un enlace covalente y se considera como un Dieter que se forma por la reacción de una molécula cíclica de monosacárido con otro monosacárido.

El grupo hidroxilo con el cual se enlazan 2 monosacáridos, si se encuentran abajo, el cíclico de la D-glucosa es alfa, si se coloca arriba es beta. ►



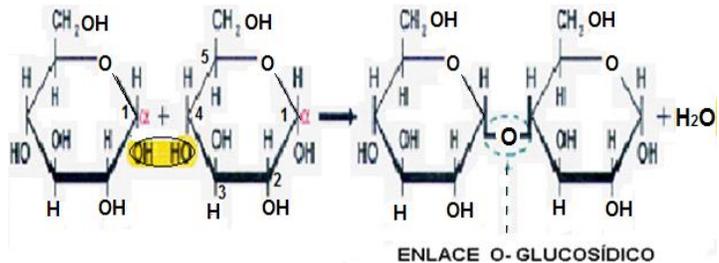
La pequeña diferencia entre las formas alfa y beta reviste gran importancia biológica y explica la diferencia entre el almidón y la celulosa.

A través de la polimerización (unión de monómeros) se forma un enlace glucosídico entre los carbonos 1 y 4 de cualquier monosacárido **con eliminación de agua**.

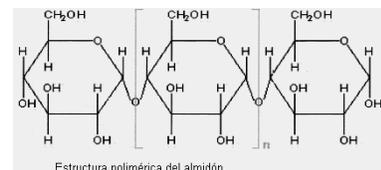
### Enlace O-glucosídico

Los monosacáridos se unen a través de este enlace entre el grupo hidroxilo del monosacárido 1 y el del monosacárido 2, deshidratando ambos al forman una molécula de agua.

Como se observa en la ecuación, el grupo  $-OH$  del carbono 1 de la  $\alpha$ -glucosa reacciona con el grupo  $-OH$  del carbono 4 de la glucosa, para formar el enlace  **$\alpha$ -1,4-glucosídico**, mientras que **prevalece intacto el carbono 1 de la  $\beta$ -glucosa**, por esto el compuesto se llama  **$\alpha$ -maltosa**. Si es así la unión, se representa como  $\alpha(1\rightarrow4)$ .



El almidón (fécula) es un polisacárido de almacenamiento que se acumula formando gránulos. Este polisacárido está altamente hidratado ya que contiene cientos o miles de grupos  $-OH$  expuestos al medio acuoso, es un polímero de glucosa ►



El almidón es el principal constituyente del maíz, se constituye con dos polímeros de glucosa con estructura lineal (amilosa) o ramificada (amilopectina).

La celulosa es un polímero de moléculas de  $\beta$ -glucosa, es un homopolisacárido.

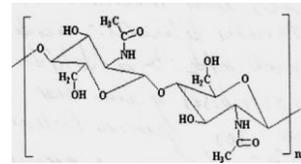
### Tarea para el estudiante.

¿Qué es el celofán? ¿Cuál es su origen?

- <https://todoenpolimeros.com/2017/11/27/el-celofan/>
- <https://economiademallorca.com/art/23103/funcion-de-las-bolsas-de-celofan>

## La quitina

Su estructura es de un poliaminoazúcar cuyo nombre es poliN-acetilglucosamina, forma parte del caparazón de los camarones, cangrejos, langostas y otros crustáceos. Es rígida, insoluble y flexible ►



**Es el segundo polímero más abundante en la naturaleza, superado sólo por la celulosa.**

Su composición química es a base de aminoazúcares que se unen linealmente mediante enlaces  $\beta(1, 4)$ , como lo hace la glucosa formando estructuras fibrilares y cristalinas semejantes a las de la celulosa (el algodón es prácticamente celulosa).

## Cuestionario No. 10

1. La vanilina, vanillina, vainillina, metil vanilina, metil vanillina, metil vainillina o 3-metoxi-4-hidroxibenzaldehído, es un compuesto orgánico con la fórmula molecular  $C_8H_8O_3$ .  
Sus grupos funcionales incluyen el aldehído, éter y el fenol. ¿Cuál es su fórmula estructural? ¿También es un glucósido? Explica.
2. La **glucólisis anaeróbica**, es la conversión de una molécula de glucosa en dos moléculas de ácido láctico ►  $C_6H_{12}O_6 \rightleftharpoons 2C_3H_6O_3$   
¿El ácido láctico es un glúcido? Por qué.
3. Cierta producto comercial contiene una enzima que hidroliza los polisacáridos a mono y disacáridos y los hace por tanto más digeribles. Este producto natural ayuda a prevenir la formación de gases que se pueden generar tras la ingesta de alimentos como vegetales, cereales y comida rica en fibras.  
La etiqueta del producto dice “contiene **alfa-galactosidasa**” ¿Qué clase de enzima está presente en el producto? (Timberlake, página 675, respuesta página 676).
4. ¿Porqué el hombre **no puede digerir celulosa**? Consultar en Timberlake Karen C. (2011); capítulo 14.6, página 505. PEARSON.

► El estudiante centra sus conclusiones, con el apoyo del profesor en los siguientes planteamientos:

- Los estudiantes reconocerán los enlaces peptídico y glucosídico en fragmentos cadenas poliméricas de proteínas y carbohidratos y observarán los grupo amino, carboxilo y amida en las proteínas y los grupos cetona, aldehídos y alcohol en carbohidratos, para entender su estructura.

**A8. (C, H).** El estudiante 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 carbohidratos.

## Estrategia 4

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

Materiales poliméricos del futuro

El profesor dirige la discusión sobre la contribución de la química en el diseño de nuevos materiales, ventajas y desventajas de sus aplicaciones. **A9**

### Introducción

La historia de la humanidad es la historia de los materiales. La cerámica, el vidrio o el acero han determinado los modos de vida y la economía de las épocas en que aparecieron. El desarrollo de la ciencia del siglo **XX** hizo posible el descubrimiento de gran cantidad de nuevos materiales, como los superconductores o muchos tipos de plásticos. Hoy en día se siguen descubriendo a un ritmo vertiginoso.

El siglo **XX** nos ha dado ya el grafeno, cuyas posibilidades empezamos a vislumbrar.

Los nuevos materiales ya están entre nosotros. Su desarrollo abre la posibilidad a trenes flotantes, barcos a vela de nueva generación, la computación cuántica o una medicina no invasiva.

El papel de la química ha sido relevante en muchas facetas, pero destaca especialmente la síntesis de polímeros. La física, en especial la física cuántica y la física del estado sólido, están en el fondo del comportamiento de los materiales.

### Lectura

Fibras de carbono; poderosos filamentos

Los científicos del siglo **XX** han descubierto otras formas del carbono, el grafeno entre ellos. Pero antes de la aparición de este supermaterial ya había una forma de carbono con gran presencia en la industria moderna: la fibra de carbono. Uno de los procedimientos industriales para fabricar parte de un polímero, el poliacrilonitrilo, al que se somete a altas temperaturas en diversas etapas.

Durante este proceso, el polímero pierde una buena parte de sus propiedades originales, quedando una sustancia que ésta compuesta casi en su totalidad por carbono puro.

La fibra de carbono está formada por filamentos de carbono de varias micras de diámetro con una estructura a nivel atómico parecida a la del grafito, con la salvedad de que los planos de átomos están entrecruzados en todas direcciones, formando una malla.

De forma similar a lo que ocurre con la fibra de vidrio, la fibra de carbono también se puede hilar y tejer. La combinación de fibra de carbono con resinas epóxicas producen un material que tiene propiedades mecánicas comparables a las del acero, pero es mucho ligero. La adición de la resina, un polímero de cadena más o menos larga, compensa el defecto estructural del grafito: la débil interacción entre capa y capa de átomos.

Por su resistencia y ligereza hace ya décadas que las raquetas de fibra de carbono se impusieron en el tenis profesional. Aunque hasta la década de 1970 se hacían de madera, el aluminio desplazó a ese material en la misma década: era ligero pero mucho más fuerte y rígido, por lo que transmitía mejor la potencia ejercida por el brazo hacia la pelota. Diez años más tarde la fibra de carbono desplazó a su vez al aluminio.

En la actualidad, la fibra de carbono ha reemplazado ampliamente al acero. Varias de las piezas de los automóviles de Fórmula 1 están hechas de este material, así como gran parte de las alas de grandes aviones comerciales como el Boeing 787 Dreamliner, el Airbus 350 están hechos en más de un 50% de fibra de carbono.

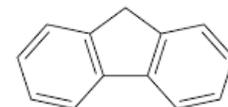
Sin duda, como toda nueva tecnología, también los supermateriales pueden tener sus contrapartidas. Porque ya hace tiempo que aprendimos que la introducción en el mercado de nuevos productos y servicios conlleva a un costo medioambiental. Sin embargo, los nuevos materiales deben proporcionarnos nuevas ventajas y comodidades, sin que ello implique una degradación de nuestro entorno natural. Más bien deberían servirnos para revertir los daños causados.

La historia de la humanidad va pareja a los de los materiales. El descubrimiento de la cerámica o de los metales moldeó las civilizaciones antiguas y así sigue siendo a día de hoy la diferencia es que muchos de los nuevos materiales actuales son el fruto de una búsqueda consciente basada en el conocimiento científico. En particular, en la física y la química modernas.

## COMENTARIO

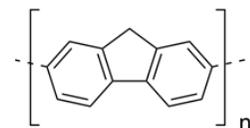
### Fluorenos y polifluorenos

Aunque fue descubierto mucho antes que los nanotubos de carbono, se sigue perfeccionando su aplicación en plásticos conductores de electricidad ya que su utilización es muy importante en el campo de las células solares. Gracias a sus propiedades se ha permitido la creación de células solares orgánicas, a base de carbono (Ramírez Gómez Leopoldo, 2017).



Fluoreno

Dentro del diseño de nuevos polímeros conjugados, los polifluorenos han sido uno de los más desarrollados en los últimos tiempos. Estructuras ampliamente aprovechadas como material transductor en dispositivos sensoriales, como material fotosensible en dispositivos optoelectrónicos. Estos polímeros emisores de luz, ultrafinos, flexibles, con posibilidad de color total se están empleando en los nuevos televisores, también en las células fotovoltaicas, en memorias ópticas y otros.



Polifluoreno

(<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Polifluoreno>).

## Supermateriales: el futuro ya está aquí.

Los materiales han sido uno de los pilares de la evolución humana. En tiempos antiguos, la cerámica y los metales modelaron el día a día de nuestros ancestros. En un pasado más reciente, materiales como el acero o plástico revolucionaron nuestro mundo.

Hoy estamos a la puerta de otra gran transformación, que llega de la mano de una aserie de supermateriales de características asombrosas. Algunos ya están en el mercado, otros aún se hallan en fase experimental. Pero todos despiertan grandes expectativas porque nos traerán innovaciones colosales ►



Grafeno

Es una capa bidimensional de carbono en la que los átomos están dispuestos en un patrón hexagonal regular. Es fuerte, ligero y un buen conductor de la electricidad.



Cristales de cobalto

Estos cristales de cobalto pueden absorber una y otra vez enormes cantidades de oxígeno y liberarlos a posteriori, lo que podría permitir a los humanos respirar bajo el agua.



Superpolímeros

Este material puede cambiar de forma y recuperar la suya original en contacto con el calor corporal. Útil para fabricar hilos de sutura, piel artificial o dispensadores médicos asistidos.

## Exfoliando el grafito, descubriendo el grafeno

Actualmente se sigue usando la técnica de la cinta adhesiva para obtener grafeno, la cual, es conceptualmente, muy simple: se trata de adherir una escama de grafito a una cinta adhesiva de varios centímetros de largo, doblar la cinta sobre ella de forma que quede intercalada entre dos de las caras adhesivas, apretar delicadamente y luego despegar con suavidad hasta dividir el material. La operación se debe repetir varias veces, obteniendo cada vez capas más delgadas, hasta llegar, eventualmente a capas monoatómicas. Estas últimas constituyen el grafeno.

“El grafeno es un plano de grafito individual que debe extraerse de un volumen de grafito para mostrar sus increíbles propiedades” ANDRE GEIM.

Andre Geim es la única persona que tiene en su haber el Ig Nobel y el Nobel verdadero por el descubrimiento del grafeno en 2010.

### Tarea para el estudiante.

¿Qué es exfoliación? Exfoliar grafito para obtener grafeno. Argumentar en clase.

- <https://patentados.com/2015/exfoliacion-de-grafito-con-disolventes>
- <file:///C:/Users/pacoq/Downloads/MAT09.pdf>

La estructura electrónica del grafeno se asemeja a la del benceno en que cada átomo de carbono forma un enlace simple con cada uno de sus tres vecinos de la red, aportando tres electrones, uno por enlace, a estos enlaces.

El electrón restante es compartido por toda la red. Por ello, el grafeno tiene algunas de las características de los metales y se comporta, en cierto sentido, como un metal bidimensional. Hay dos características que le otorgan este supermaterial su fortaleza excepcional.

Una es la estabilidad del enlace covalente carbono-carbono, con una energía asociada al enlace de unos 3 eV. La segunda es la red hexagonal en sí misma.

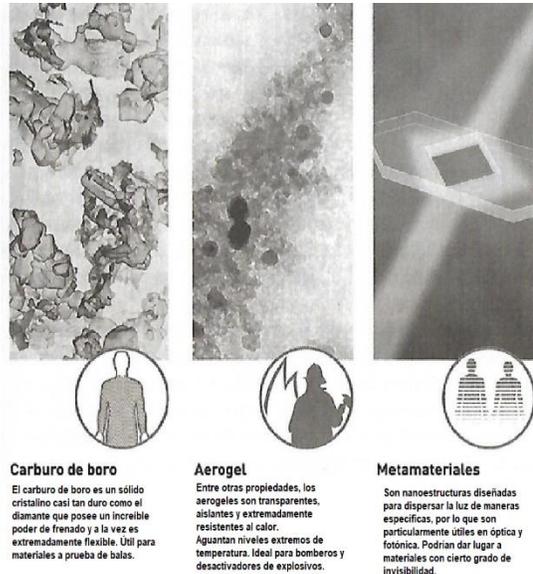
La segunda es la red hexagonal en sí misma. La geometría de los enlaces del carbono en la configuración del grafeno es compatible con una red hexagonal perfecta, ya que el ángulo entre los enlaces es de 120°.

Una última razón para sorprenderse de la integridad de la lámina de grafeno es que hay formas que son, al menos en un principio, más favorables energéticamente. Por ejemplo, hay configuraciones tridimensionales muy estables, como los fullerenos, que aunque son bolas compuestas de muchos átomos de carbono estructurados en una red hexagonal de muchos átomos cerrada sobre sí misma. Y también están los nanotubos de carbono, que son más estables que **la capa plana bidimensional**.

Pero el grafeno sorteaba esta cuestión porque se produce en una estructura tridimensional, el grafito, de donde se extrae por exfoliación para transferirse siempre a otro sustrato, como el óxido de silicio de los primeros experimentos. La fortaleza mecánica del grafeno se debe a la estructura atómica del carbono y los enlaces químicos que es capaz de formar [Pérez Izquierdo A. (Abril de 2019) "Supermateriales" NATIONAL GEOGRAPHIC].

## Peculiaridad de un mundo bidimensional

Habitamos un mundo tridimensional y, por ello, si andamos por un camino y nos encontramos una zanja, podemos saltar por encima de ella, si no es muy ancha, y seguir nuestro camino: la tercera dimensión nos permite esquivar el obstáculo. Pero, en un mundo bidimensional la zanja sería un obstáculo insalvable. Este simple ejemplo muestra que las propiedades de un mundo bidimensional serían muy diferentes de las del mundo que habitamos.



Por eso mismo, los materiales que consisten en capas bidimensionales de átomos tienen propiedades muy especiales, diferentes de los materiales tridimensionales habituales. El ejemplo más de moda es el grafeno ► una red tridimensional de átomos de carbono dispuestos en un patrón hexagonal. Pero hay otros materiales conocidos como el fosforeno un material más reciente que el grafeno que consiste en una capa bidimensional de átomos de fósforo. A diferencia del grafeno, que es un buen conductor eléctrico, el fosforeno es un semiconductor y promete revolucionar al mundo de la nanoelectrónica. Entre sus posibles aplicaciones está la mejora de la eficiencia de las celdas fotovoltaicas o el desarrollo de nuevas tecnologías de visión nocturna. De forma similar a lo que ocurre con el grafeno, los retos de los investigadores se centran en la producción de fosforeno ► a gran escala.



“El grafeno es un plano de grafito individual que debe extraerse de un volumen de grafito para mostrar sus increíbles propiedades”.

**Andre Geim**

### **Tecnología espacial para bebés y astronautas**

Gracias a los nuevos materiales utilizados, los pañales desechables han evolucionado notablemente. Hoy están compuestos de varias capas, las cuales cumplen funciones distintas y están elaborados de materiales diferentes. El resultado es una capacidad de absorción de líquido realmente sorprendente. Esto es debido a la presencia de un material en el corazón del pañal, responsable de este pequeño milagro cotidiano: se trata del poliacrilato de sodio, el cual, cuando está seco, es un polvo blanco de aspecto no muy diferente al yeso, que en el pañal va mezclado con algodón y celulosa.

Cuando el poliacrilato de sodio está seco, los átomos de sodio están firmemente ligados a la cadena, la molécula es eléctricamente neutra y puede enrollarse sobre sí misma, ofreciendo un aspecto compacto. Pero cuando añadimos agua al polvo, los átomos de sodio se ionizan (pierden electrones), cargándose positivamente y se liberan dispersándose en el agua.

El resto de la cadena queda cargada negativamente en tantos puntos como átomos de sodio había. La repulsión entre las cargas negativas expande la cadena, que intenta ocupar el mayor volumen posible, formando una red en la que queda atrapada el agua.

Como superabsorbente, el poliacrilato de sodio no tiene rival, y puede llegar a contener un volumen de agua cientos de veces superior a la inicial del polvo. Por ello también se usa en los trajes de los astronautas.

Los pañales, además de estar constituidos por materiales superabsorbentes como el **poliacrilato de sodio**, contienen otras sustancias. Por ejemplo, la capa externa se hace de polietileno, que es impermeable, pero permite la evaporación del sudor en forma de vapor; o los adhesivos utilizados que permiten ser pegados y despegados con facilidad.

Lo que ha hecho posible su gran eficiencia han sido los avances de la química orgánica durante el siglo **XX**, a lo largo del cual se descubrieron y desarrollaron múltiples formas de obtener sustancias poliméricas. Además, el control de los grupos funcionales, el grupo ácido del ácido acrílico en este caso, ha permitido diseñar sustancias con propiedades casi a medida (Pérez Izquierdo Alberto, 2019).

### **Tarea para el estudiante.**

Pañales ecológicos biodegradables  
¿Pañales ecológicos desechables?

- <https://zurciendoelplaneta.com/2018/04/24/panales-ecologicos-desechables/>

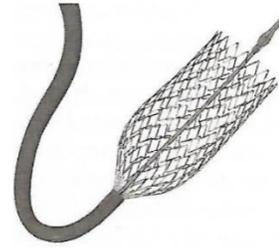
### **La transformación de la medicina**

Las posibles aplicaciones de los nuevos materiales a la medicina son tantas y tan variadas que es inútil tratar de eliminarlas. Pensemos solamente en los dispositivos electrónicos que se usan en esta área. Las nuevas posibilidades ofrecidas por el grafeno y sus derivados pueden llevar a miniaturizar aún más las cámaras y sensores actuales, limitando los riesgos de técnicas como los cateterismos. Pero puede haber un salto cualitativo en un futuro no muy lejano. Gracias a técnicas de guiado mediante un campo magnético externo de pequeños dispositivos magnetizados será posible realizar delicadas operaciones sin necesidad de incisiones, apenas con un pinchazo. De hecho, algunos laboratorios realizan ya pequeñas intervenciones intraoculares en animales tan solo inyectando en el globo ocular un microdispositivo mediante una aguja.

El futuro de la medicina pasa por explorar el interior del cuerpo humano de manera inocua. Muchas de las prescripciones médicas actuales son imprecisas. Por ejemplo, no hay duda de que una tasa de alto colesterol en la sangre está asociada a accidentes cardiovasculares. Sin embargo, una parte significativa de la población sufre accidentes de este tipo con niveles de colesterol normales; y viceversa, hay individuos que, con tasas altas de colesterol, no sufren accidentes. El reto consiste en poder explorar directamente el estado de las arterias sin riesgo para el paciente, para poder decidir de forma inequívoca el tratamiento a seguir.

Otro de los campos donde los nuevos materiales prometen grandes progresos es el de los tejidos artificiales. La creación de músculos artificiales es uno de los retos que afrontan equipos de científicos de todo el mundo. Y hay varias técnicas en perspectiva.

Por un lado están los materiales con memoria, que recuperan su forma al aplicarles calor. Por otro se trabaja con elastómeros, polímeros elásticos como el caucho, cuya respuesta elástica depende sensiblemente de un campo eléctrico aplicado.



Con un *stent* como el de la imagen, hecho de nitinol, se pueden colocar endoprótesis carotídeas a pacientes con alto riesgo de cirugía.

Pérez Izquierdo Alberto, 2019

La ciencia y la tecnología nos abren muchas posibilidades de desarrollo y bienestar, Y también pueden contribuir a luchar contra numerosos problemas globales. Pero para que su implementación sea un éxito, la ciencia y la tecnología no bastan: se hace necesario la implicación de toda la sociedad en su conjunto.

**Tarea para el estudiante.** El nitinol ¿Por qué tiene memoria de forma?

- <https://divulgadores.com/nitinol-un-material-con-memoria-de-forma/>

### Cuestionario No. 11

1. ¿Qué es un aerogel? Usos y aplicaciones. Ver:

- <https://nanotecnologo.com/que-es-un-aerogel-usos-y-aplicaciones/16de-septiembre-2019>.

4. ¿Qué son superpolímeros?

- <https://www.mexpolimeros.com/s%C3%BAperpol%C3%ADmeros.html>
- <https://www.ambienteplastico.com/nuevo-material-flexible-y-resistente/>

5. ¿Cómo es el material grafeno? ¿Cuáles son sus usos?

- <https://www.infografeno.com/>

6. ¿Cuáles son las aplicaciones de los fullerenos?

- <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Usos+del+fullereno>

7. ¿Cómo se hacen los nanotubos? ¿Cuáles son sus aplicaciones actuales?

- <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2017/12/22/aplicaciones-de-nanotubos-de-carbono/>

### Lectura

Espuma biodegradable sustituye al unicele

Resumen

A partir de las semillas del tamarindo, Alfredo Maciel, científico del instituto de investigaciones en materiales, desarrolla –en colaboración con Abel Humberto Cortés Arce, maestro en ciencia e ingeniería de materiales– una espuma biodegradable que podría sustituir al poliestireno expandido o unicele, material plástico espumado derivado del poliestireno. El poliestireno expandido o unicele, que se utiliza en la elaboración de vasos y platos desechables, entre otros objetos, tarda cientos de años en biodegradarse.

En cambio, una vez utilizada, la espuma biodegradable que desarrollan los universitarios no ocuparía durante mucho tiempo un volumen grande en los depósitos de basura. “A la intemperie, hongos y bacterias tardarían entre dos y tres meses en comérsela. Entonces se generarían agua y dióxido de carbono, pero no lixiviados (líquidos resultantes de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido) que, al llegar a los mantos freáticos, contaminan las aguas”, aseguró Maciel.

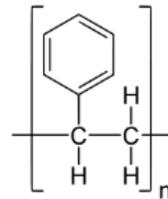
Generar espumas permanentes no es fácil. Las espumas del mar, del baño diario y del lavado de ropa son de muy corta vida. Maciel y Cortés Arce hicieron una espuma más estable que incluso puede resistir una carga mecánica. Ellos ya disponen de esa espuma como un producto caracterizado a nivel laboratorio.

A partir de las semillas del tamarindo se desarrolla una espuma biodegradable que podría sustituir al poliestireno expandido o unigel, material plástico espumado derivado del poliestireno.

### Modelo del poliestireno

El poliestireno expandido o unigel, que se utiliza en la elaboración de vasos y platos desechables, entre otros objetos, tarda cientos de años en biodegradarse.

En cambio, una vez utilizado, la espuma biodegradable que desarrollan los universitarios no ocuparía durante mucho tiempo un volumen grande en los depósitos de basura.



Explica Maciel, científico del instituto de investigaciones en Materiales.

“A la intemperie, hongos y bacterias tardarían entre dos a tres meses en comérsela. Entonces se generarían agua y dióxido de carbono, pero no lixiviados (líquidos resultantes de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido) que, al llegar a los mantos freáticos, contaminan las aguas”.

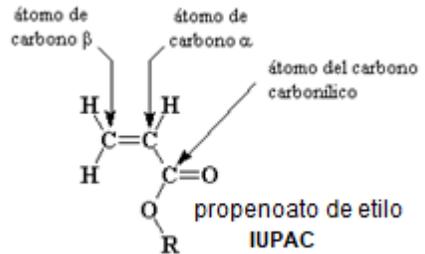
Generar espumas permanentes no es fácil. Las espumas del mar, del baño diario y del lavado de ropa son de muy corta vida. Maciel y Cortés Arce hicieron una espuma más estable que incluso puede resistir una carga mecánica.

### Dos monómeros

México produce 39 mil toneladas de tamarindo al año, y una tercera parte de este fruto son semillas. Mientras en el país se desechan unas 12 mil toneladas de ellas, en la India se aprovechan como alimento para el ganado.

Las semillas de tamarindo contienen un polisacárido (polímero) hecho de glucosa (monómero), como los almidones. **A este polisacárido, Maciel y Cortés le injertaron químicamente acrilato de etilo**, que es un monómero (polimerizado por sí solo es como un hule), y así produjeron un copolímero constituido por los dos monómeros; el acrilato de etilo y la glucosa.

El **acrilato de etilo** es un compuesto orgánico con la fórmula  $\text{CH}_2\text{CHCO}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ . Es el éster etílico del ácido acrílico. Se trata de un líquido incoloro con un olor acre característico, producido principalmente para pinturas, textiles, y fibras no tejidas. También es un reactivo en la síntesis de diversos intermedios farmacéuticos ►

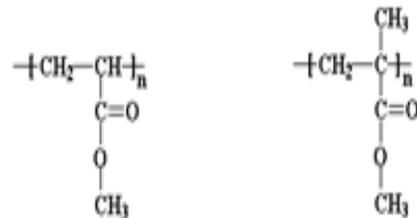


Los monómeros acrilato son ésteres que contienen grupos vinílicos, es decir, dos átomos de carbono unidos por una doble ligadura, directamente enlazados al carbono del carbonilo.

Algunos acrilatos poseen un grupo metilo extra enlazado al carbono alfa, y se denominan *metacrilatos*. Uno de los polímeros metacrílicos más comunes es el poli(metacrilato de metilo).

### Acrilato y Metacrilato

Podríamos resistirnos a creer que este pequeño grupo metilo causara una gran diferencia en el comportamiento y las propiedades del polímero, pero es así. El poli(acrilato de metilo) es un caucho blanco a temperatura ambiente, pero el poli(metacrilato de metilo) es un plástico duro, resistente y transparente.



Este es el poli(metil acrilato). Es blando y similar al caucho.

Este es el poli(metil metacrilato). Es un plástico rígido.

Según se desprende, la flexibilidad o rigidez de un polímero a una dada temperatura están determinadas por lo que llamamos la *movilidad de cadena*, es decir, cuán eficientemente las cadenas del polímero se deslizan entre sí. Cuanto más puedan moverse, más flexible será el polímero.

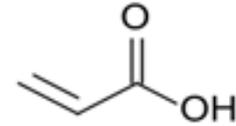
Esto podría comprenderse mejor si recordamos la escena de la película *Los Cazadores del Arca Perdida*, en la que nuestro héroe Indiana Jones se encuentra en un templo egipcio rodeado de escurridizas serpientes venenosas.

Las cadenas poliméricas son como esas serpientes. Pueden deslizarse una sobre otra con suma facilidad. Pero si usted pudiera imaginar esas serpientes con púas gigantes sobre sus lomos, como algunos dinosaurios de otra película de Steven Spielberg, comprendería que ya no se podrían mover tanto sobre el piso de ese templo egipcio. Sus púas harían que se engancharan unas con otras y el deslizamiento se volvería sumamente difícil.

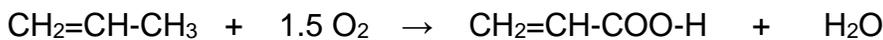
El poli(metacrilato de metilo) se comporta como una de esas serpientes con púas gigantes al tener esos grupos metilo que actuarían precisamente como esas púas, deteniendo rápidamente todo deslizamiento que las cadenas de poli(metil metacrilato) intentarían realizar. En cambio el poli(acrilato de metilo) no.

La ausencia de esos grupos metilo permite que sus cadenas se deslicen ampliamente unas sobre otras. Si las cadenas pueden hacer esto, toda la masa del polímero podrá fluir más fácilmente. Para simplificar, si un polímero tiene facilidad de movimiento, será flexible, mientras que si no tiene, será rígido.

El **ácido acrílico** es un compuesto químico de fórmula  $\text{CH}_2=\text{CHCO}_2\text{H}$  ( $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$ ). Se trata del ácido carboxílico insaturado más simple, con un enlace doble y un grupo carboxilo unido a su  $\text{C}_3$ . En su estado puro, se trata de un líquido corrosivo, incoloro y de olor penetrante. Es miscible con agua, alcoholes, éteres y cloroformo. Nombre IUPAC, ácido pro-2-enoico ►



Se produce a partir del propileno, un subproducto gaseoso de la refinación del petróleo.

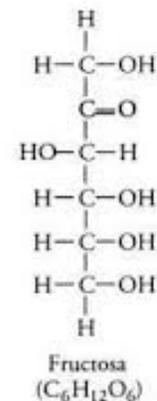
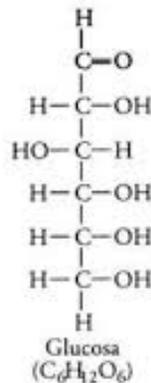


Presenta una acentuada tendencia a la creación de polímeros, los cuales se utilizan comercialmente en su forma neutralizada **como el poliacrilato de sodio**.

Friedrich Konrad Beilstein obtuvo ácido acrílico mediante la destilación de ácidos hidroacrílicos en 1862.

### Glucosa

La **glucosa** es un monosacárido con fórmula molecular  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Es una hexosa, es decir, contiene 6 átomos de carbono, y es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula (es un grupo aldehído) ►



Es una forma de azúcar que se encuentra libre en las frutas y en la miel.

Es un isómero de la fructosa, con diferente posición relativa de los grupos  $-\text{OH}$  y  $=\text{O}$ . De acuerdo con el porcentaje de acrilato de etilo que le injertemos al polisacárido de las semillas de tamarindo, el homopolímero resultante presenta determinadas propiedades mecánicas; a mayor % es más suave y flexible: a menor % es más rígido y resiste más carga mecánica, pero al rebasar su resistencia mecánica se rompe de manera frágil, es decir, sin mucha deformación. Explicó Maciel.

### Listones

Los listones para regalo se hacen con la mezcla de dos polímeros hermanos que no se llevan muy bien; polipropileno y polietileno.

El polietileno permanece en forma de bolitas dentro del polipropileno y genera dicha porosidad cuando este material se estira y las bolitas de polietileno se desprenden de la matriz de polipropileno en la que se encuentran inmersos.

Al producir los listones, estos dos polímeros se funden, se mezclan, se colorean y se estiran o alargan en estado fundido para que queden brillantes.

Una de las iniciativas de Maciel que se encuentra en compás de espera es hacer listones biodegradables, ya sea con poli (ácido láctico) o con el polisacárido de las semillas de tamarindo.

“El objetivo sería determinar cuál de los dos es el que daría a los listones más brillo para que tuvieran un terminado más atractivo.

### **Referencia:**

Maciel-Cortés. Gaceta UNAM del 6 de marzo de 2017, número 4856

### **Tarea para el estudiante.**

Conoce los avances con el unigel biodegradable. Elabora un reporte de dos cuartillas  
Consulta:

- <https://tec.mx/es/noticias/nacional/emprendedores/el-sustituto-biodegradable-de-unigel-que-creo-este-mexicano>
- <https://plumasatomicas.com/noticias/mexico/jovenes-mexicanos-unigel-biodegradable/>

**A9. (H, V)** El estudiante 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)**

### **Lectura**

Identificación de materiales poliméricos por su código. **A10**

La fundación de la Industria Plástica para la preservación del medio ambiente (**FIPMA**) ha difundido entre los fabricantes de objetos de plástico el código de identificación adoptado por la Sociedad de Industrias Plásticas de los Estados Unidos con el objeto de reconocer los distintos materiales plásticos y favorecer su posterior clasificación, por ejemplo, en el proceso de reciclado.

El sistema identifica solamente seis materiales plásticos, que son los más difundidos y aquellos con los cuales se fabrican casi todos los productos conocidos.

Se les identifica con un número **dentro de un triángulo** a los efectos de facilitar su clasificación para el reciclado, ya que las **características** diferentes de los plásticos exigen generalmente un reciclaje por separado.

### El reciclaje y biodegradabilidad de polímero

Los residuos plásticos por lo general no son biodegradables y por eso contribuyen a la contaminación del medio ambiente, se estima que alrededor del 60% de los restos que se encuentran en las costas son materiales sintéticos. Un 10% de los residuos plásticos son incinerados y esto presenta el inconveniente de la posible emisión de gases tóxicos, especialmente si se trata de la incineración de **PVC**, que produce un derivado clorado y dioxinas. **En las instalaciones modernas de incineración**, el riesgo medioambiental está minimizado. Además, se debe tener en cuenta que el calor producido en la combustión de los residuos plásticos es elevado, por lo que su incineración en plantas de recuperación de energía sería una opción razonable.

Código	Material
 1	PET Politereftalato de etileno
 2	HDPE Poliétileno de alta densidad
 3	PVC Policloruro de vinilo
 4	LDPE Poliétileno de baja densidad
 5	PP Polipropileno
 6	PS EPS Poliestireno Espuma de poliestireno

El procedimiento menos riesgoso para el medio ambiente es el reciclado. Esta opción sólo se aplica al 1% de los residuos plásticos, frente al 20% del papel o el 30% del aluminio. Para la etapa inicial de la separación se aprovechan las distintas propiedades de los diferentes tipos de plásticos, como por ejemplo la densidad. Otra opción se basa en el hecho de la diferente solubilidad de los plásticos en solventes orgánicos a distintas temperaturas.

Los plásticos termorígidos, que no se reblandecen por el calor, se reducen a polvo y son utilizados como material de relleno en construcción. Los materiales termoplásticos pueden ser fundidos y vueltos a moldear para lograr otros objetos.

Una vez separados los diferentes plásticos, se procede a reciclarlos en forma mecánica, donde se mantiene la estructura del polímero, o química, en la que se degrada la estructura del polímero en productos de bajo peso molecular. **Durante el reciclado, los plásticos pueden contaminarse con otros materiales y transformarse en productos de baja calidad, por lo que no es aconsejable que se utilicen para contener alimentos.**

### Tarea para el estudiante.

¿Por qué el poliestireno, espuma de poliestireno se clasifica con el número seis?

- <http://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/ique-significa-e>
- <http://www.ehowenespanol.com/significan-numeros-triangulo-reciclaje-plastico>

La compañía Western Electric emplea un proceso que consiste en reciclar el plástico de los basureros por remodelo, ya que el 80% de estos polímeros son termoplásticos. Otra alternativa para resolver el problema de los plásticos de desperdicio es procesarlos y convertirlos en productos químicos valiosos por medio de un proceso de desintegración. El producto recuperado depende de la naturaleza del plástico usado y de la temperatura aplicada.

Una tercera alternativa es la de producir plásticos que sean fotodegradables, o que se degraden con la luz, para evitar tener que recuperarlos. Sin embargo, el problema ecológico provocado por la industria de los plásticos es demasiado grande como para considerar que ya esté resuelto.

**Los plásticos o polímeros biodegradables** ofrecen una serie de ventajas cuando se comparan con los convencionales. Estos son completamente degradados en compuestos que no dañan el medio ambiente: agua, dióxido de carbono y humus. Además, estos plásticos son producidos a partir de fuentes renovables de energía, lo que contribuye con el mantenimiento de las reservas fósiles (no renovables) en el planeta.

### Procesos para el reciclaje y biodegradabilidad de polímeros

Los plásticos o polímeros biodegradables ofrecen una serie de ventajas cuando se comparan con los convencionales. Estos son completamente degradados en compuestos que no dañan el medio ambiente: agua, dióxido de carbono y humus. Además, estos plásticos son producidos a partir de fuentes renovables de energía, lo que contribuye con el mantenimiento de las reservas fósiles (no renovables) en el planeta ►

<i>Poliácido láctico</i>	
<i>Policaprolactona</i>	
<i>Copolímeros de ácido láctico y glicólico</i>	
<i>Poli-beta- hidroxibutirato</i>	
<i>Poliortoester</i>	
<i>Polianhidrido sebácido</i>	
<i>Polifosfaceno</i>	

- [http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/medicina/polimeros\\_biodegradables.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/medicina/polimeros_biodegradables.htm)

### Tarea para el estudiante.

**Suturas que se disuelven. Suturas absorbibles.** Recopilar información de las capacidades tecnológicas de la medicina. Resumen para argumentar en clase y exponer. Consultar en:

- **Brown** W.H. (2002) Química orgánica. Capítulo 15, página 396.
- <https://encolombia.com/medicina/revistas-medicas/cirugia/vc-062e/tipos-materiales-sutura/>

### Plásticos solubles en agua

Desaparecen al contacto con el agua y no generan residuos de ningún tipo. Otra empresa española envasa productos a los que se accede una vez que se moja el plástico que lo envuelve. La empresa Soluble Film Packaging, ubicada en Ribarroja, Valencia (España) ha puesto en el mercado un sistema de plásticos que están llamados a reducir considerablemente el volumen de residuos que se generan día a día en industrias y actividades domésticas. Se trata de plásticos que se disuelven en contacto con el agua, los llamados alcohol polivinílico o polietenol.

La mayor parte de los plásticos son materiales no degradables, no se descomponen de forma natural por la acción de los agentes de la naturaleza (hongos, luz del sol etcétera) y permanecen durante mucho tiempo en el ambiente formando parte de los contaminantes que produce la civilización.

Sin embargo, se han desarrollado algunos materiales plásticos (más correctamente sería llamarles polímeros) que son, de alguna forma degradables. De lo que aquí hablaremos es de los plásticos solubles al agua y más en concreto del alcohol polivinílico o polietenol, que es un polímero que se obtiene a partir de otro, el acetato de polivinilo o polietanoato.

Este polímero tiene una estructura parecida a la del polietileno, la presencia de los grupos **-OH** tiene efectos muy importantes; el más destacado es que el polímero es hidrófilo (**Hidrófilo** del griego *hydros*, 'agua', y *philia*, 'amistad' es el comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por el agua) y por lo tanto, soluble al agua. Este tipo de plásticos se utiliza, para aplicaciones industriales, en productos domésticos como jabones y elementos de higiene personal, cocinas, quitagrasas, bactericidas, productos para piscinas, herbicidas, etcétera.

Algunos intentos previos de desarrollo y comercialización de materiales biodegradables, han fracasado debido a costos altos, ausencia de buenas propiedades físicas (principalmente resistencia al calor y al agua), falta de una infraestructura adecuada para la gestión de los residuos y medios adecuados para que el público pueda diferenciar los productos.

Algunas mezclas de polietileno y almidón pueden degradarse por agentes físicos (tales como la luz). También se está comercializando un tipo de polietileno que incluye un catalizador que acelera la degradación térmica del polímero, sin embargo, la biodegradación es otro proceso diferente.

Se han encontrado bacterias, como la *Ralstonia eutropha*, que convierten directamente azúcares en un tipo de biopolímeros llamados **PHA** (poli-hidroxi-alcanoatos).

El **PHA** se acumula en la bacteria y llega a constituir hasta el 90% del peso de ésta. Algunas empresas, entre ellas la Imperial Chemical Industries, han usado la bacteria *Ralstonia eutropha* para obtener **PHA**. Una vez que la bacteria se llena de gránulos de plástico, éstos se extraen para obtener el material.

La principal ventaja de estos biopolímeros es que se biodegradan muy rápido, hasta un 80% en sólo siete semanas. La desventaja es que el proceso de elaboración es muy costoso: se calcula que producir por fermentación bacteriana un kilogramo de **PHA** cuesta 15 dólares, mientras que hacer un kilogramo de plástico convencional sólo un dólar. Esto se debe a que las bacterias requieren fuentes externas de alimento, como la celulosa.

Ya se han hecho pruebas alentadoras con papas transgénicas en las cuales se han insertado genes de distintos patógenos, como la bacteria *Escherichia coli* y un virus que causa trastornos gástricos.

Consumir estas papas, al parecer confiere protección contra estos agentes. Entonces, **¿Por qué no utilizar plantas para producir plásticos biodegradables?** Las plantas **no requieren** instalaciones especiales y los costos de mantenimiento son mínimos. Además las plantas podrían producir **PHA** en grandes cantidades. De hecho, ya se intentó conseguirlo.

Los polímeros biodegradables y compostables pueden ser producidos a base de maíz, patata, trigo y demás fuentes de carbohidratos, lo que permitiría de paso reducir las emisiones de dióxido de carbono derivadas de la utilización de recursos fósiles, como el petróleo, así como proporcionar recursos adicionales al sector agrícola.

**A10. (H, V)** El estudiante 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)

 **Nota:**

Para evaluar las investigaciones documentales que demandan los aprendizajes como el **A9** o el **A10**, se propone diseñar rúbricas, con criterios centrados en expresar el impacto del uso de los, polímeros y en argumentar la necesidad de usar responsablemente los nuevos materiales.

“Cumplimos nuestro principal deber cuando mejoramos los dones que hemos recibido de la naturaleza”  
**Hermann Hesse**

## EJERCICIO PARA EVALUAR LA UNIDAD 2 DE QUÍMICA 1V

Nombre del alumno(a) \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Subraya la respuesta correcta:

### 1. Son características de los polímeros sintéticos:

- B) Ligeros, se elaboran fácilmente y no contaminan.
- C) Económicos, resistentes y fáciles de darles forma.
- A) Se degradan fácilmente, resisten al calor y densos.
- B) No se deforman, resistentes a los golpes y costosos.
- C) Se funden a altas temperaturas, económicos y durables.

### 2. ¿Qué nombre reciben los polímeros que al calentarse se reblandecen volviéndose relativamente fluidos y que pueden ser moldeados en diversas formas útiles e incluso se pueden reciclar?

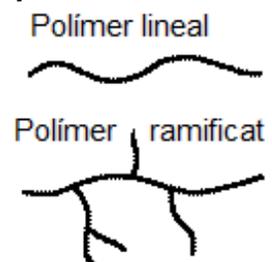
- A) Termofijos.
- B) Termolábiles.
- C) Termodúricos.
- D) Termoplásticos.
- E) Termosensibles.

### 3. Son características de los polímeros reticulares, y están constituidos por:

- A) Cadenas débilmente unidas por fuerzas de Van der Waals o puentes de hidrógeno, y resisten altas temperaturas, a muy altas temperaturas se degradan.
- B) Macromoléculas unidas débilmente entre sí, no existen enlaces químicos entre ellas, al aplicarles calor las uniones se debilitan lo que permite darles nueva forma.
- C) Macromoléculas unidas fuertemente entre sí por enlaces químicos, al aplicarles calor las uniones se debilitan lo que permite darles nueva forma.
- D) Cadenas fuertemente unidas por enlaces químicos, son muy estables y resisten altas temperaturas, a muy altas temperaturas se degradan, es decir se rompen irreversiblemente los enlaces químicos.
- E) Macromoléculas unidas fuertemente entre sí por enlaces químicos, al aplicarles calor las uniones se debilitan lo que provoca se degraden.

### 4. Clasificación a la que pertenecen los polímeros que presentan cadenas secundarias unidas a la cadena principal

- A) de red.
- B) lineales.
- C) de bloque.
- D) ramificadas.
- E) entrecruzadas.



5. Una característica de los polímeros termofijos es que

- A) resisten altas temperaturas.
- B) no se degradan.
- C) no se quiebran.
- D) no se reciclan.
- E) son flexibles.

6. ¿Cuál es la función de un catalizador en una reacción química?

- A) Aumentar la concentración de los reactivos.
- B) Aumentar la temperatura de la reacción.
- C) Modificar la velocidad de la reacción.
- D) Disminuir la presión de la reacción.
- E) Modificar el pH de la reacción.

7. La \_\_\_\_\_ es el proceso químico utilizado en la industria de neumáticos, que consiste en modificar las propiedades del hule natural (caucho) sustituyendo algunos átomos de azufre, volviéndolo lo suficientemente resistente para utilizarlo.

- A) acidificación
- B) sulfurización
- C) vulcanización
- D) condensación
- E) polimerización

8. En la siguiente figura se observa un copolímero obtenido a partir de dos diferentes monómeros, ¿cuál es su clasificación correcta?

○●○○●●●○○○●

- A) Injerto.
- B) Alterno.
- C) Aleatorio.
- D) De bloque.
- E) Combinado.



- a) Homopolímero b) Copolímero alternante
- c) Copolímero bloque d) Copolímero aleatorio
- e) Copolímero de injerto

“Aprender es un placer;  
pero el placer de aprender  
nunca se compara  
con el placer de enseñar”.

**Roswell Dwight Hitchcock**

**9. Un catalizador es la sustancia química que \_\_\_\_\_ la energía de activación de una reacción química\_\_\_\_\_.**

- A) aumenta – incrementando la velocidad
- B) disminuye – incrementando la velocidad
- C) aumenta – incrementando los productos
- D) disminuye – disminuyendo los productos
- E) disminuye – incrementando los productos

**10. Los polímeros de alta densidad se caracterizan por estar constituidos por moléculas:**

- A) Lineales, porque las fuerzas intermoleculares deben ser mayores, más resistentes, lo que los hace difíciles de fundir.
- B) Ramificadas, porque las fuerzas intermoleculares deben ser mayores, más resistentes, lo que los hace difíciles de fundir.
- C) Lineales, porque las fuerzas intermoleculares deben ser menores, menos resistentes, lo que los hace más fáciles de fundir.
- D) Ramificadas, porque las fuerzas intermoleculares deben ser mayores, menos resistentes, lo que los hace difíciles de fundir.
- E) Ramificadas, porque las fuerzas intermoleculares deben ser menores, más resistentes, lo que los hace fácil de fundir.

**11. ¿Cuál es la fórmula del monómero propileno, que es utilizado en la fabricación de envases, fibras textiles, partes automotrices, rafia y otros?**

- A)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$
- B)  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$
- C)  $\text{CH}_2 = \text{C} = \text{CH}_2$
- D)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$
- E)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 = \text{CH}_3$

**12. Con base a su estructura los polímeros pueden ser:**

- A) Alternos y de injerto.
- B) Aleatorios, alternos y lineales.
- C) De bloque, ramificados y lineales.
- D) Ramificados, alternos y de injerto.
- E) Lineales, ramificados y reticulares.

**“El logro es, ante todo, el producto de la constante elevación de nuestras aspiraciones y expectativas”.**

**13. El carácter aromático o aromaticidad es la propiedad característica del**

- A) ciclohexano.
- B) propanona.
- C) acetileno.
- D) benceno.
- E) metano.

**14. Es un acetal derivado de un monosacárido:**

- A) Quiral.
- B) Peptido.
- C) Anómero.
- D) Glicósido.
- E) Glucosido.

**15. El grupo funcional de las amidas es:**

- A) R-NO<sub>2</sub>
- B) R-NH<sub>2</sub>
- C) R-CONH<sub>2</sub>
- D) R-C ≡ N
- E) R-OH

**16. ¿Cuál de los siguientes compuestos es un disacárido?**

- A) Amilosa. B) Fructosa. C) Celulosa. D) Galactosa. E) Glucógeno.

**17. ¿Cuál de los siguientes compuestos es un monosacárido?**

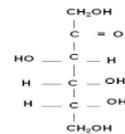
- A) Glucosa. B) Lactosa. C) Glucógeno. D) Sacarosa. E) Celulosa.

**18. Los carbohidratos guardan una relación estructural al estar formados por los grupos:**

- A) hidróxido, carboxílico. B) aldehído, cetona. C) carbonilo, hidrógeno. D) aldehído, éster.

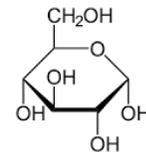
**19. De acuerdo con su estructura molecular la fructosa es una:**

- A) cetopentosa. B) aldohexosa. C) cetohehexosa. D) aldopentosa.



**20. Las moléculas que se ciclan en forma de un hexágono se les conoce como:**

- A) furanosa. B) fructosa. C) puranosa. D) piranosa.



**21. Este azúcar se emplea en la fabricación de cerveza:**

- A) sacarosa. B) fructosa. C) maltosa. D) celobiosa.

“Lo expuesto está lejos de contener todo aquello que se ha captado hasta ahora, a través del telescopio de la ley periódica en el infinito campo de evoluciones químicas y, más aún, todo aquello que se podrá ver en el futuro”.

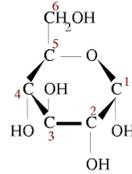
**Mendeleiev**

**22. ¿Polímero de origen natural cuya estructura química es muy parecida a la del nylon?**

- A) Almidón.    B) Celulosa.    C) Cuero.    D) Algodón.    E) Seda.

**23. La glucosa es el monómero del polímero:**

- A) Caseína.  
B) Celulosa.  
C) Algodón.  
D) Colágeno.  
E) Grenetina.



**24. Son características de los polímeros naturales:**

- A) Se moldean fácilmente, son económicos y contaminan el ambiente.  
B) Se degradan fácilmente, resisten altas temperaturas y no se deforman.  
C) Se deforman fácilmente, resisten a los golpes y se elaboran fácilmente.  
D) Se degradan fácilmente, no resisten altas temperaturas y no contaminan.  
E) Se funden a altas temperaturas, son altamente resistentes y muy económicos.

**25. Es un polímero de origen natural cuya estructura química consiste de monómeros de glucosa formando cadenas ramificadas:**

- A) La celulosa.  
B) El almidón.  
C) El algodón.  
D) La seda.  
E) El cuero.

**25. Los animales convierten la glucosa en un polisacárido para su posterior utilización. Este polisacárido se llama**

- A) fructosa.  
B) sacarosa.  
C) celobiosa.  
D) glucógeno.  
E) amilopectina.

**26. La principal función de los azúcares es servir como formadores de**

- A) disacáridos.  
B) polisacáridos.  
C) oligosacáridos.  
D) monosacáridos.  
E) fuentes de energía.

**28. La glucosa es el carbohidrato principal para todos los seres vivos, ¿por qué?**

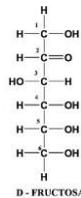
- A) Es una fuente de energía.
- B) Forman 99% a los seres vivos.
- C) Forman 100% del peso total de un ser vivo.
- D) Se requiere para todas las funciones celulares.
- E) Las enzimas que los atacan dañarían a las células de no haber carbohidrato.

**29. Existen carbohidratos formados por la unión de dos monosacáridos a través de un enlace químico. ¿Cómo se le llama a este enlace?**

- A) Lipídico.
- B) Proteico.
- C) Peptídico.
- D) Glucosídico.
- E) Hemiactalico.

**30. De acuerdo con la estructura lineal de la fructosa, se le clasifica como**

- A) triona.
- B) aldosa.
- C) cetosa.
- D) aglucona.
- E) aldo-cetosa.



**31. El nombre químico de la anandamida es**

- A) araquil-etanol.
- B) araquidonil-etenol.
- C) araquidonil-etanolamida.
- D) araquidonil-etanolamina.



**Estructura química de la anandamida.**

### **Evaluación**

Nivel de desempeño del estudiante en la unidad **2** de Química **IV**

Investiga documental y experimentalmente sobre los polímeros para apreciar cómo la química genera materiales de acuerdo con las necesidades de la sociedad, con el apoyo de las TIC. Construye argumentos para explicar y predecir el comportamiento de los polímeros mediante modelos teóricos. Reflexiona sobre los efectos de la producción y uso de los polímeros con el fin de desarrollar responsabilidad y participar en la resolución de problemas sociocientíficos.

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

1. Ander- Sonnessa, (1979). **Principios de Química**. Introducción a los conceptos teóricos. LIMUSA.
2. Areizaga-Cortázar-Elorza- Iruin.(2002) **Polímeros**. Editorial SÍNTESIS, S.A.
3. Brown- LeMay- Bursten. (1998) **Química. La ciencia central**. Prentice Hall. México
4. Brown William H. (2002) **Introducción a la química orgánica**. Páginas 17,18, 242, 243 y 351. 2ª edición CECSA. México.
5. Burns Ralph A. (2011) **Fundamentos de Química**. Pearson.
6. Caldera Villalobos Martín-Herrera González Ana María. (2019) **Educación Química**. Vol. 30 No. 2. Facultad de Química. UNAM.
7. Carrasco-Castañeda. (2014) **Química experimental, Aplicaciones**. CITCA. Macro. Lima, Perú.
8. Castellanos Malo S.(2000). **Química orgánica**. Mc Graw Hill, p.p. 367- 402.
9. Curso Básico de Ciencias Unidad 13. MACROMOLÉCULAS. THE OPEN UNIVERSITY.
10. Devore-Muñoz. (2000) **QUÍMICA ORGÁNICA**. Capítulo 25. Publicaciones Cultural.
11. Espriella-Ramírez. (2006) **"QUÍMICA ORGÁNICA"**. Editorial Espriella-Magdaleno. Páginas 144-146 y 201.
12. García Pérez, et-al. (2000) **Química, Teoría y Problemas**. Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C.V. Tébar.
13. Gutiérrez-López-Arellano-Ochoa. (2010) **QUÍMICA ORGANICA**. Segunda edición. Prentice Hall. México.
14. Ibarquengoitia-Cervantes-Ibáñez-García. (2005) **Química en microescala1**. Universidad Iberoamericana, A.C. México.
15. Ouellette J.R. (2002) **"INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA ORGÁNICA"**, páginas 126 a 128, Ed. HARLA.  
Pérez I. A. (2019) **Supermateriales**; de las fibras de carbono a los nuevos superconductores. NATIONAL GEOGRAPHIC. Edita RBA Editores México, S. de R.L. de C.V.
16. Malone. (2001) **Introducción a la química**. Segunda edición. Limusa Wiley. México.
17. Tro N. (2010) **Química, una visión molecular del mundo**. Capítulo 12, pp. 332-337. CENGAGE, Learning. México.
18. Yurkanis Bruice P. (2007) **Fundamentos de Química Orgánica**. Pearson. México
19. Zárraga et-al. (2003) **QUÍMICA**. Capítulo 11. Mc Graw Hill. México.
20. **Para el profesor** como un recurso de apoyo para los conceptos básicos de química organica. " Vollhardt- Schore (2005). **Química orgánica. Estructura y función**. tercera edición. EDICIONES OMEGA. Barcelona".

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

1. Álvarez et-al. (2014) Guía para el Profesor de Química IV. CCH-O. UNAM
2. Aprender Ciencia y aplicando la tecnología. (2004-2005). Impreso en Colombia.
3. Babor-Ibarz (1977) Química general moderna . Editorial Época, S.A.
4. Billmeyer, F. W., *Ciencia de los polímeros*, Barcelona, España: Reverté, 1975. [ Links ]
5. **Examen para el diagnóstico de conocimientos**. (2007-2), **QUÍMICA IV**. Versión A. UNAM. Secretaría de Desarrollo Institucional. Dirección General de Evaluación Educativa.
6. Dunhe-Ortegón-Domínguez. (1978) Química General y Orgánica. Mc Graw Hill. México.
7. Dillard-Goldberg. (1977) Química, reacciones, estructuras, propiedades. Fondo educativo interamericano, S.A. México, Bogotá, Panamá
8. Epstein. (1977) Química en la Industria. Editorial Mir Moscú.
9. Gaceta UNAM, número 4629. Primero de septiembre de 2014.
10. García Bello Deborah (2016) TODO ES CUESTIÓN DE QUÍMICA. PAIDÓS. ESPAÑA
11. Guayasamin Guerrero Guido (1987): Química una versión moderna. Capítulo 6. LIMUSA. México.
12. Lavín Mónica. (2007) Planeta azul, planeta gris. Libros del Rincón. ADN, SEP.
13. Mayer Ludwing. (1966) MÉTODOS DE LA INDUSTRIA QUÍMICA. Editorial Reverté. México.
14. Mc Murry. (1994) QUÍMICA ORGÁNICA. Grupo Editorial Iberoamericano.
15. Medina Tinoco R. Plásticos biodegradables. ¿Cómo ves?. Año 7, No. 78. Revista de Divulgación de la Ciencia de la Universidad Nacional Autónoma de México.
16. Neckers y Doyle. (1985) Química orgánica. CECSA, TERCERA IMPRESIÓN. AGOSTO DE 1985. Capítulos 1, 2 y 3.
17. Sienko-Plane. (1986) Química principios y aplicaciones. Mc Graw Hill.
18. Petrucci. (1986) Química general. Capítulo 20. Pp. 484-486. Addison-Wesley-Iberoamericana.
19. Razo Marañón Irma, et-al. (2000) Paquete didáctico para Química IV.
20. Puy et-al. (1980) Introducción a la QUÍMICA ORGÁNICA. CECSA. Traducido por Gustavo Garduño Sánchez.
21. PINE- HENDRICKSON – CRAM – HAMMOND. (1987) QUÍMICA ORGANICA. CUARTA EDICION, SEGUNDA EN ESPAÑOL. Mc GRAW-HILL. Páginas 263-265.
22. Philip-Bailey. (1988) Química orgánica. Capitulo 17. Pearson. México.
23. Phillips-Strozak-Wistrom. (2004) Química, conceptos y aplicaciones. Mc Graw Hill.
24. Platt R. (2005) **EUREKA**. Grandes Inventores y sus Brillantes Ideas. Editorial Planeta.
25. K. Peter C. et-al (2005) QUÍMICA ORGÁNICA. Capitulo 20, El Kevlar. Omega.
26. Sherman-Russikoff. (1999) Conceptos básicos de química : capítulo 19.1. México.
27. Timberlake C. Karen. (2011) Química. Una introducción a la Química General, Orgánica y Biológica. Pearson. México.
28. **Maciel-Cortés**. Gaceta UNAM del 6 de marzo de 2017, número 4856.

29. Maron, S. H. y Prutton, C. F., *Fundamentos de Físico-química*. México, DF, México: Limusa, S. A., 1993. [ Links ]
30. NEKRASOV B.V. (1990) **Química General**. Editorial Mir Moscú.
31. Ureta Barrón E. (2000) **POLÍMEROS. Estructura, propiedades y aplicaciones**. Limusa, Segunda reimpresión.
32. Vilar Compte R. (2000) **Catálisis: la magia de la química**. UNAM.
33. Valek Valdés Gloria. (2006). **“El fascinante mundo del petróleo”**. IMP. México.
34. Vázquez Duhalt Rafael. **Patente internacional de la UNAM**. Gaceta UNAM No. 4321, del 17 de marzo de 2011, página 10].

#### FUENTES DE INTERNET

- <https://es.slideshare.net/AbrahamJACG/oxido-de-etileno>
  - <http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/organica/directorio/jaime/PrBuAr.pdf>
- You 323uve-experimento disolviendo poliestireno.www
- [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/estructuras\\_moleculares\\_rpevcv\\_2012\\_19215.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/estructuras_moleculares_rpevcv_2012_19215.pdf)
- omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/124htm/sec
- Polímeros.wmv-Media Player Classic
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrocarburo\\_arom%C3%A1tico](http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrocarburo_arom%C3%A1tico)
  - <https://micarrerauniversitaria.com/c-ingenieria/ingenieria-petrolera/>
  - <https://micarrerauniversitaria.com/c-ingenieria/ingenieria-petrolera/>
  - <https://es.slideshare.net/AbrahamJACG/oxido-de-etileno>
- <https://educaconbigbang.com/2015/09/5-experimentos-de-electricidad-estatica-con-globos/>
- 📖 Lecturas de apoyo para comprender mejor la química en:
- <http://www.libros.unam.mx/digital/V9/30.p>
  - <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11-cis-Retinal#section=Top>
  - <http://www.haofeichemical.com/info/synthesis-of-benzyl-acetate-24439237.html>
  - [https://es.wikipedia.org/wiki/Polaridad\\_de\\_un\\_disolvente](https://es.wikipedia.org/wiki/Polaridad_de_un_disolvente)
  - <http://www.arqhys.com/arquitectura/plastico-historia.html>
  - <http://abcindustrialtextil.com.mx/henequen-fibra-de-sisal/>
  - <http://www.bioquimicaqui11601.ucv.cl/unidades/hdec/HdeC4.html>
  - <http://es.wikipedia.org/wiki/Baquelita>
  - [https://www.construmatica.com/construpedia/Resina\\_Fen%C3%B3lica](https://www.construmatica.com/construpedia/Resina_Fen%C3%B3lica)
  - [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2010000400006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000400006)

Material de apoyo elaborado por profesores de química del CCH-Oriente  
**Proyecto realizado en 2019 – 2020**

### Fuentes para tareas.

- <https://prezi.com/4q1pyiuoziyg/clasificacion-de-los-tipo-de-petroleo-en-mexico/>
- <http://www.industriaquimica.net/destilacion.html>
- <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=rectificaci%C3%B3n+en+destilaci%C3%B3n>
- <http://fciencias.ugr.es/practicadocentes/wp-content/uploads/guiones/RectificacionMezclasBinarias.pdf>
- [https://www.youtube.com/watch?v=k\\_xyBFgQaBI](https://www.youtube.com/watch?v=k_xyBFgQaBI)
- <https://www.google.com/search?q=Obtenci%C3%B3n+de+etileno+en+el+laboratorio&client=firefox-b->
- [https://www.youtube.com/watch?v=k\\_xyBFgQaBI](https://www.youtube.com/watch?v=k_xyBFgQaBI)
- <https://www.google.com/search?q=Obtenci%C3%B3n+de+etileno+en+el+laboratorio&client=firefox-b->
- <https://www.quimicas.net/2015/05/el-modelo-atomico-de-sommerfeld.html>
- <https://www.euston96.com/modelo-atomico-sommerfeld/#Aportaciones>
- <http://www.libros.unam.mx/digital/V9/30.pdf>
- <http://bqua.com/es/que-es-la-geometria-molecular/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=CJu-aYgl6hw>. 28 may. 2019

### Por María Guadalupe Castillo Arteaga (cis-trans).

- <https://prezi.com/p/l1ovvgpydxf/isopreno/>
- <http://www.quimitube.com/videos/enlace-covalente-polaridad-de-enlace-y-polaridad-molecular>
- <https://educaconbigbang.com/2015/09/5-experimentos-de-electricidad-estatica-con-globos/>

Aprender lo que un Markovnikov y un anti-Markovnikov; medios de adición

- [https://www.youtube.com/watch?v=CWvEID\\_m58c](https://www.youtube.com/watch?v=CWvEID_m58c)

**Previo** recomendamos, **ver video** para la obtención de acetileno en el laboratorio, elaborar **un resumen como evidencia**.

- [https://www.youtube.com/watch?v=HT4eI\\_S0y6A](https://www.youtube.com/watch?v=HT4eI_S0y6A)
- <https://www.youtube.com/watch?v=hKw-oMp0XKQ>
- <https://www.buenastareas.com/ensayos/Bromaci%C3%B3n-Del-Licopeno/79527883.html>
- <https://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-la-trietanolamina-4147154.htm>

Video de You Tube para la comparación de los grupos funcionales. A14

- AcademiaVasquez.com (YouTube - 12 feb. 2013).

video de You Tube para la comparación de los grupos funcionales. A14

AcademiaVasquez.com (YouTube - 12 feb. 2013). Argumentar en clase.

- <https://www.infosalus.com/estetica/noticia-dudas-frecuentes-triclosan-existe-algun-peligro-20190312081435.html>
- <https://www.sutsaprint.com.mx/Noticia-94-Character%C3%ADsticas-y-Beneficios-del-Polietileno-Negro>
- <https://todoenpolimeros.com/capacitacion.html>

Coordinador

**MTRO. FRANCISCO ÁLVAREZ HERRERA y colaboradores del CCH-O.**

Proyecto de área complementaria del ciclo escolar 2019-2020