

La gran familia del carbono con todos sus integrantes

Actualmente se conocen más de tres millones de compuestos orgánicos y cada año se sintetizan miles de compuestos más. El carbono comúnmente puede formar enlaces, compartiendo electrones con el hidrógeno, los halógenos el oxígeno y el nitrógeno. De manera menos común lo hace con otros elementos de la tabla periódica como P, S, Se, B.



El mundo de la química

Capítulo VIII: El carbono: Vida y energía

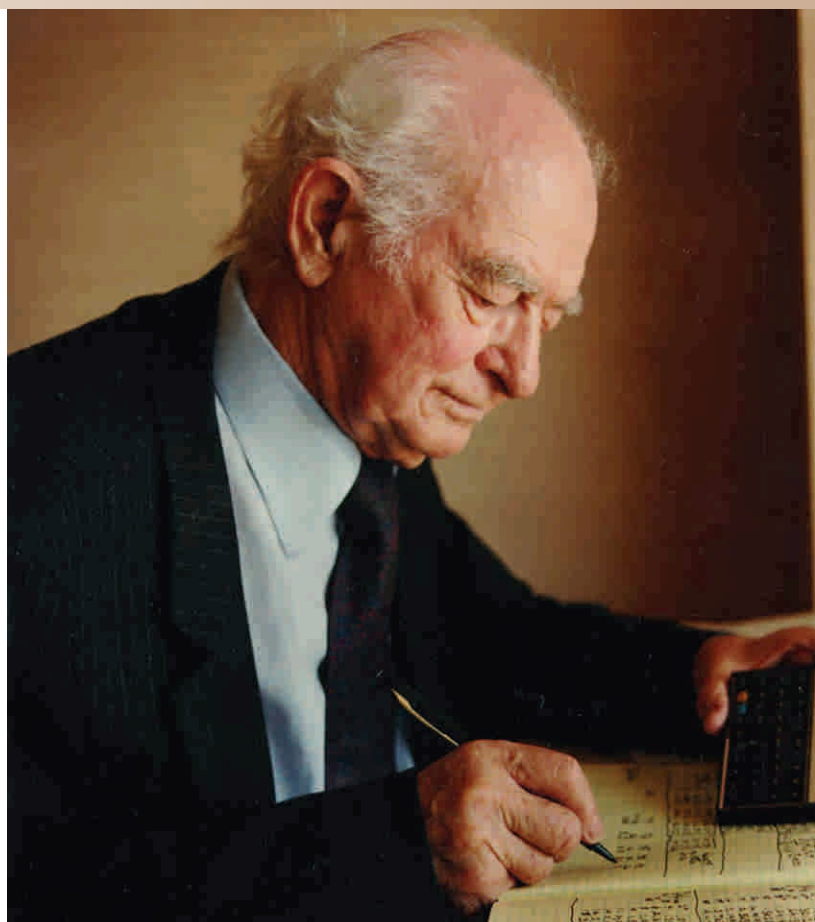
Un poco de historia

Linus Pauling nació en Oregon, EE.UU., en 1911. Es una de las figuras más impactantes del siglo XX en el ámbito científico, como activista político y en el campo de la nutrición. Aplicó la mecánica cuántica a la química.

Pauling fue el precursor de la idea de mezclar diferentes orbitales (hibridación). Igualmente se considera el padre de la biología molecular, base para el desarrollo de la biotecnología.

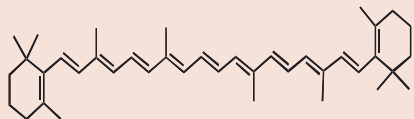
En 1954 recibió el Premio Nobel por su trabajo sobre el enlace químico. Durante la segunda guerra mundial participó en el desarrollo de armas como misiles propelentes. Sin embargo, al finalizar la guerra se dedicó a luchar por la paz y por el control del uso de armas nucleares. Recibe por ello el Premio Nobel de la Paz, en 1963, siendo la única personalidad que recibe dos premios individuales.

En 1973 fundó el Instituto de Ciencia y Medicina que lleva su nombre. Linus Pauling fue además un abanderado en el estudio del rol de la vitamina C, en la lucha contra el cáncer y el SIDA. Murió en el año 1994.

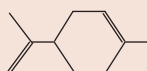


Hidrocarburos

Compuestos orgánicos que sólo contienen hidrógeno y carbono. Estos son los alcanos, alquenos, alquinos.



β -Caroteno es una sustancia color naranja presente en la zanahoria. Es un hidrocarburo nutriente precursor de la vitamina A.



Limoneno es una esencia extraída de la piel de la naranja y del limón.



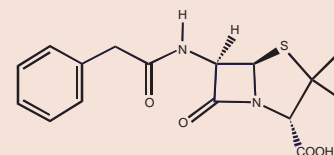
Familias químicas según el tipo de átomo con el que se combina el carbono

Para estudiar los compuestos orgánicos los clasificamos de acuerdo con la presencia en su estructura de otros elementos de la tabla periódica. La participación de tales elementos da origen a una función química que le confiere propiedades comunes a los compuestos que la presentan en su estructura.



Compuestos orgánicos nitrogenados

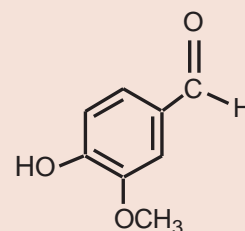
Son compuestos que contienen enlaces carbono-nitrógeno en su estructura. El átomo de nitrógeno forma diversos grupos funcionales en los que éste puede estar unido al carbono por enlaces simples, dobles o triples. Las principales funciones son: aminas, amidas, nitros y cianuros.



La penicilina, un antibiótico sintetizado por un hongo descubierta por el bacteriólogo Fleming en 1929, es un compuesto orgánico nitrogenado y presenta también S y O.

Compuestos orgánicos oxigenados

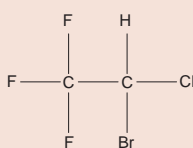
Son compuestos que contienen enlaces carbono-oxígeno. El átomo de oxígeno forma diversos grupos funcionales uniéndose al carbono mediante un enlace doble o bien mediante un enlace simple. Los principales grupos funcionales son: alcoholes, éteres, cetonas, aldehídos, ácidos carboxílicos, ésteres, anhídridos y sales.



Vanilina es una esencia usada en repostería. Es un compuesto oxigenado.

Haluros de alquilo

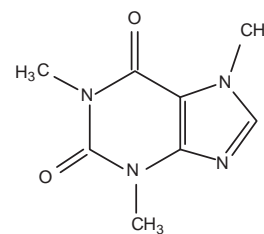
Compuestos orgánicos que contienen enlaces carbono-halógeno.



Halotano es un compuesto anestésico usado en medicina desde 1956.

¿Sabías que...?

Los alcaloides son compuestos orgánicos que se sintetizan en las plantas; contienen uno o más átomos de nitrógeno y se encuentran en las hojas, tallo, raíz o semillas de las plantas. La cafeína (imagen) y la nicotina son ejemplos de alcaloides. El cigarrillo tiene por lo menos 40 diferentes compuestos orgánicos y no sólo la nicotina es peligrosa, también lo son los compuestos como el alquitrán (una mezcla de hidrocarburos pesados) que se depositan en las vías respiratorias.



Reacciones en los compuestos orgánicos

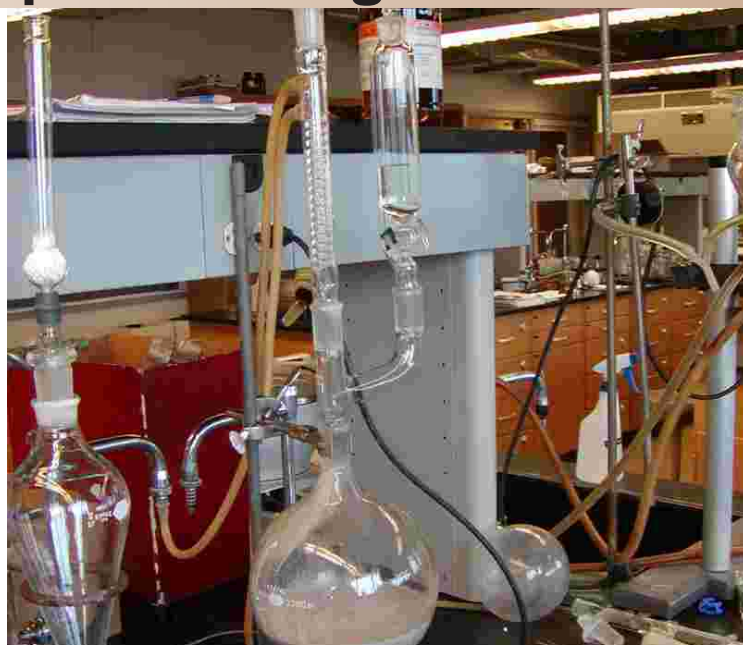
Como todas las reacciones, una reacción orgánica involucra la ruptura y la formación de enlaces. La diversidad de reacciones de los compuestos orgánicos es inmensa, pero en general casi todas pertenecen a uno de los tres tipos de reacciones:

Sustitución: reacción en la cual un átomo o grupo de una molécula es sustituido por otro átomo o grupo.

Eliminación: reacción en la cual se quitan átomos o grupos de átomos cercanos para formar dobles o triples enlaces.

Adición: reacción en la cual se generan nuevos enlaces por adición de átomos o grupos a un enlace múltiple.

Cada familia de compuestos se caracteriza por un tipo de reacción predominante. Para cada caso verás un ejemplo interesante.



179

¿Y cómo ocurren las reacciones?

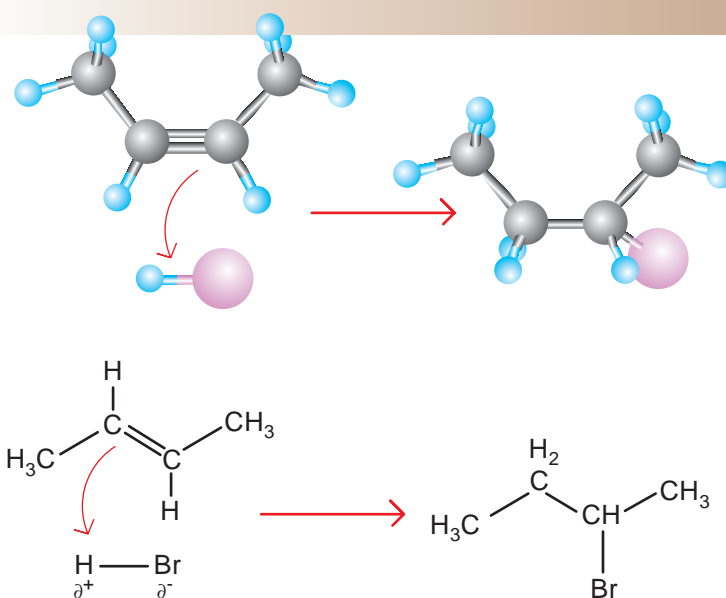
La forma en la que se rompen y forman enlaces en una reacción orgánica se explica por medio del “mecanismo de la reacción”. En la ruptura y formación de un enlace están involucrados electrones y la forma en la que ellos se mueven en la reacción es la clave del mecanismo.

La representación didáctica del movimiento de los electrones se lleva a cabo por medio de flechas curvas que indican que los electrones se desplazan siempre hacia un centro deficiente de electrones o se mueven, por la ruptura de un enlace, hacia el elemento más electronegativo.

La reacción de bromuro de hidrógeno con 2-buteno es un ejemplo de adición a dobles enlaces, impulsada por la polarización del enlace halógeno-hidrógeno.

¿Cuál reactivo tiene la iniciativa?

La reactividad de un compuesto orgánico está determinada por los elementos que componen su estructura. Así, los sitios en los que puede ocurrir una reacción son específicamente los átomos o grupos funcionales en los cuales se genera una deficiencia o disponibilidad extra de electrones. Los sitios deficientes en electrones se identifican con cargas positivas y aquellos con disponibilidad de electrones se identifican con cargas negativas, cuando se generan iones positivos o negativos, respectivamente. Si la deficiencia o el exceso de electrones no llega a la condición de iones, los sitios se muestran con cargas parciales positivas o negativas, según corresponda. En todo caso, tales sitios se refieren como “electrófilos” cuando son deficientes de electrones o “nucleófilos” en caso contrario.



Los alcanos



Proyecto para planta de alquitrán

El fenómeno de “concatenación” es capaz de producir compuestos que aún estando constituidos solamente por carbono e hidrógeno (hidrocarburos) pueden presentarse como cadenas abiertas o cerrarse en los extremos formando ciclos. En ambos casos pueden ocurrir “ramificaciones” que se originan cuando un mismo átomo de carbono se une a más carbonos que los dos átomos de carbono vecinos. Así, se conocen alcanos de “cadena recta” y “ramificados”.

Dos compuestos con el mismo número de átomos de carbono e hidrógeno que difieren en la cadena, recta o ramificada, son entre sí isómeros de cadena. Si todos los átomos de carbono tienen hibridación sp^3 , los compuestos generados pertenecen a la familia de los alcanos y en ellos todos los enlaces son simples y se les conoce como “compuestos saturados” porque aún bajo condiciones extremas les es imposible incorporar una molécula de hidrógeno sin romper la cadena carbonada. Se obtienen principalmente a partir de fuentes naturales, por ejemplo, por destilación del petróleo.

Las llamadas “series homólogas” corresponden a un conjunto de compuestos de una misma familia, por ejemplo, los alcanos, que difieren entre sí en el número de átomos de carbono. Para las series homólogas de los alcanos la fórmula molecular está dada por la relación $C_n H_{2n+2}$, siendo n un número entero. Para cualquier miembro de la familia esta relación permite saber el número de átomos de hidrógeno conociendo el de carbono, o viceversa.

Alquitrán

La destilación fraccionada del petróleo permite separar algunos de sus componentes de acuerdo con el número de carbonos que los constituye. El alquitrán es una de las fracciones constituida por compuestos de más de 25 átomos de carbono con una temperatura de ebullición superior a $400\text{ }^\circ\text{C}$. Contiene alcanos cuya masa molar relativa es superior a 500. Se usa en la industria del caucho.

Interesante

El metano es el alcano más pequeño ya que tiene un solo átomo de carbono. Se obtiene fermentando la biomasa (desechos orgánicos) en ausencia de aire. En estas condiciones, la biomasa es descompuesta por bacterias y un producto de la descomposición es el metano.

El residuo que queda al fermentar la biomasa es un producto inodoro que se usa como fertilizante. El Modelo Físico (fotografía izquierda) del Proyecto Agricultura Tropical Sostenible que lleva adelante Fundación Polar en San Javier, estado Yaracuy, tiene como fuente de energía el aprovechamiento de este gas que proviene de los desechos de las cochineras. Estos desechos pasan a través de un biodigestor y de allí van a las lagunas donde se cultivan plantas acuáticas que se usan en la alimentación de animales.

El metano puede usarse como combustible ya que como ocurre con otros hidrocarburos cuya combustión con oxígeno produce CO_2 y agua, da lugar a lo que se conoce como una reacción “muy limpia” o no contaminante:

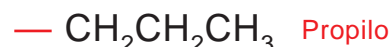
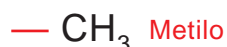
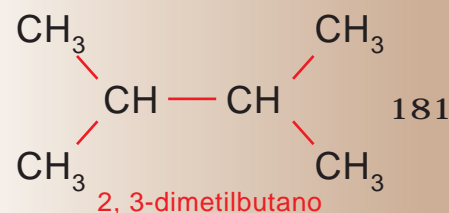


Nomenclatura: Un mismo idioma para todos

Gracias a las reglas de nomenclatura, todos los científicos del mundo pueden nombrar a los compuestos orgánicos de la misma manera sin importar el idioma. A principios del siglo XX, la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry) desarrolló el sistema de nomenclatura, el cual relaciona el nombre de los compuestos con su estructura molecular.

Reglas IUPAC para nombrar los alcanos

- Todos los nombres de los alcanos incluyen la terminación “ano”.
- Para nombrar los alcanos de cadenas no ramificadas, basta con contar el número de carbonos en la cadena. Para los cuatro primeros existen nombres asignados: metano (1C), etano (2), propano (3) y butano (4) y a partir del quinto se antepone el prefijo correspondiente: penta- (5), hexa- (6), hepta- (7), octo- (8), etc.
- Para nombrar los alcanos de cadena ramificada, se siguen las siguientes reglas:
 - Debe conocerse el nombre de los “grupos alquilo” o “ramas” que van unidas a la cadena más larga de carbonos.
 - Se elige la cadena más larga y se enumera a la continuación del extremo más próximo a un radical. Esta cadena es la que le da nombre al hidrocarburo.
 - Se leen primero los radicales anteponiendo un número localizador y por orden alfabético. Si en un mismo carbono hay dos radicales iguales se repite el número.
 - Si un mismo radical está repetido dos o más veces, se indica con los prefijos di-, tri, penta...
 - Para nombrar los alcanos de cadena cerrada, se añade el prefijo ciclo- al nombre asignado de acuerdo con las reglas anteriores.



Apoyo didáctico

Demostración. Mechero de gas

Uno de los instrumentos de mayor uso en el laboratorio para calentar es el mechero. La llama que se produce es producto de la combustión de una mezcla de gases propano y butano en presencia de oxígeno. Cuando la combustión es completa la llama es azul, y amarilla o roja si es incompleta.

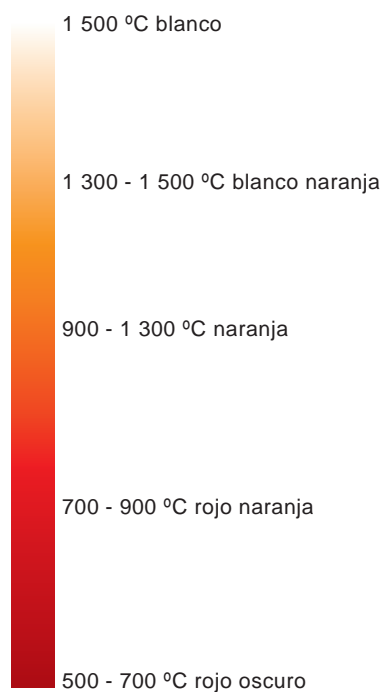
Actividad No.1. Identificar las partes del mechero.

Actividad No.2. Encender el mechero.

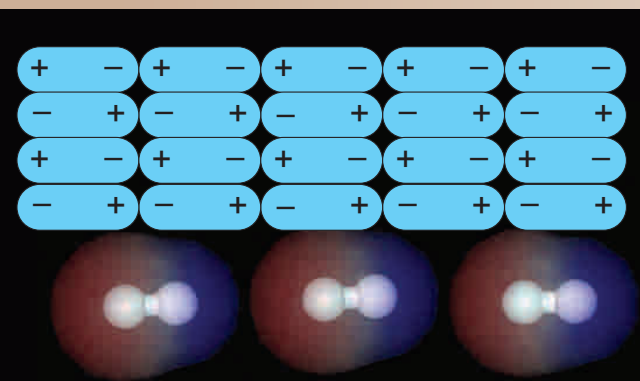
Actividad No.3. Observar los colores de la llama y relacionarlos con la combustión.

Actividad No.4. Identificar zonas de la llama azul.

Actividad No.5. Elaborar una tabla que indique temperaturas de las zonas de la llama, en función de la coloración que tenga un alambre de cromo-níquel al ser introducido en las diferentes zonas.



Propiedades de los alcanos



La figura muestra un diagrama de la forma en la que los dipolos interactúan y por ello las moléculas se organizan en el medio donde se encuentran.

Como recordarás, cuando hablamos del modelo del enlace iónico se dijo que las interacciones electrostáticas se crean cuando los átomos presentes tienen valores de electronegatividad. Igualmente, recordarás los conceptos de polarización y de dipolo que se ponen de manifiesto cuando los elementos que forman el enlace tienen también diferentes valores de electronegatividad. Sin embargo, así mismo se observan fuerzas muy débiles de atracción en moléculas constituidas por átomos que prácticamente tienen la misma electronegatividad, por ejemplo C y H, y ello fue atribuido por Van der Waals a “dipolos instantáneos” que cambian constantemente la dirección de polarización y son las únicas fuerzas intermoleculares de atracción que mantienen unidas las moléculas de un alcano.

Por esta razón, los alcanos de bajo peso molecular (metano, etano...) son gases, pero a medida que el número de carbonos en la serie homóloga aumenta también lo hace el número de pequeños dipolos instantáneos porque crece el número de enlaces C-C y C-H y así las moléculas se mantienen más fijas, y el compuesto se presenta a temperatura ambiente, como líquido (pentano) o sólido (octano).

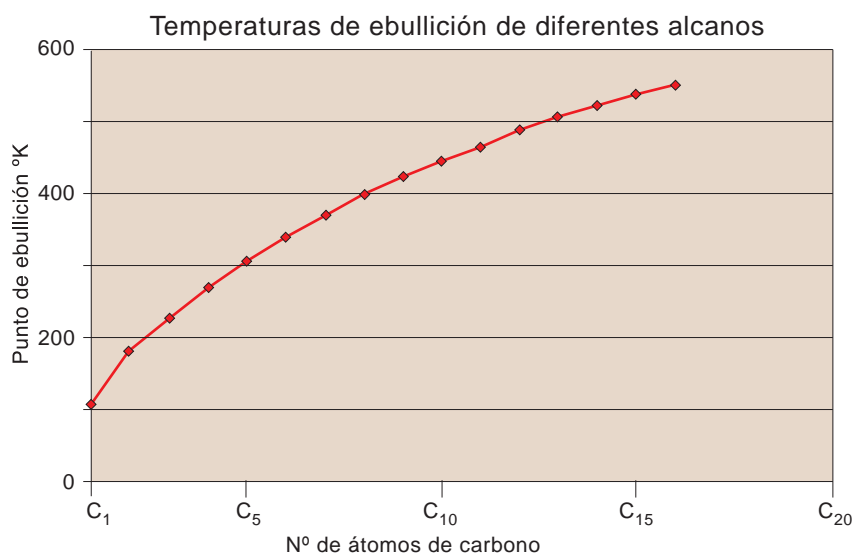
Los alcanos con más de 18 átomos de carbono son sólidos a temperatura ambiente.

182



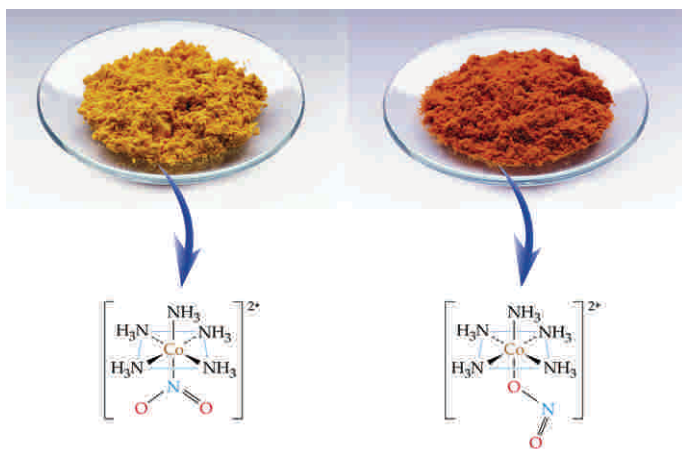
Los aliados de la limpieza

La solubilidad de los alcanos determina uno de sus usos más conocidos a nivel doméstico y es que dado su carácter no polar los alcanos disuelven las sustancias grasas no polares, similares a ellos. Por ello, son excelentes disolventes de la grasa.



Otra propiedad de los alcanos asociada con la facilidad de agregación es la “densidad”, la cual crece al aumentar el peso molecular. Sin embargo, siempre su valor es menor que la del agua. Es por ello que cuando ocurren los derrames de petróleo, éste permanece en gran medida en la superficie del agua. En la mayoría de los casos los derrames se deben a accidentes de los buques-tanque que transportan el petróleo; también ocurren debido a las fugas en los equipos de perforación marina. Las playas contaminadas por petróleo requieren de, al menos, un año para su recuperación cuando tienen corrientes y olas fuertes, pero las playas que no tienen estas características tardan varios años en reponerse.

Iguales... pero diferentes: Isómeros



La gran diversidad de compuestos orgánicos se debe, en gran parte, a la posibilidad de encontrar compuestos con la misma fórmula molecular, pero que no son iguales ni en estructura ni en propiedades físicas y químicas. Esta característica se denomina **isomería**.

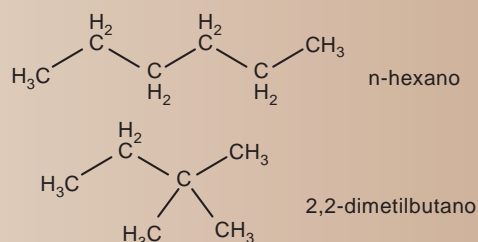
La estructura del compuesto orgánico queda definida, según su fórmula empírica o molecular, por el orden en que están constituidos los átomos y por su disposición en el espacio.

Los compuestos que pertenecen a algunas de las categorías anteriores se conocen como isómeros. Hay varios tipos de isómeros.

Un árbol con muchas ramas

En los alcanos podemos encontrar isómeros constitucionales en el subtipo conocido como isómeros de cadena: tienen igual composición pero diferente arreglo de sus componentes.

El n-hexano (C₆H₁₄) y el 2,2-dimetilbutano (C₆H₁₄) son isómeros de cadena y sus propiedades físicas son diferentes.



183



¿Qué isómero le pones a tu carro?

En el proceso de destilación del petróleo, la fracción que se obtiene, entre 40-200 °C, corresponde a la gasolina. Otra forma de obtenerla es a partir de alcanos con más de doce átomos de carbono por craqueo catalítico, es decir, por ruptura de la cadena carbonada mediante calor y en presencia de un catalizador. El resultado será una mezcla de alcanos de cadena más corta. Cuando vamos a una estación de servicio a surtir de gasolina a nuestro vehículo, nos preguntan: "¿De cuántos octanos?". Pero, ¿qué significa ese número?

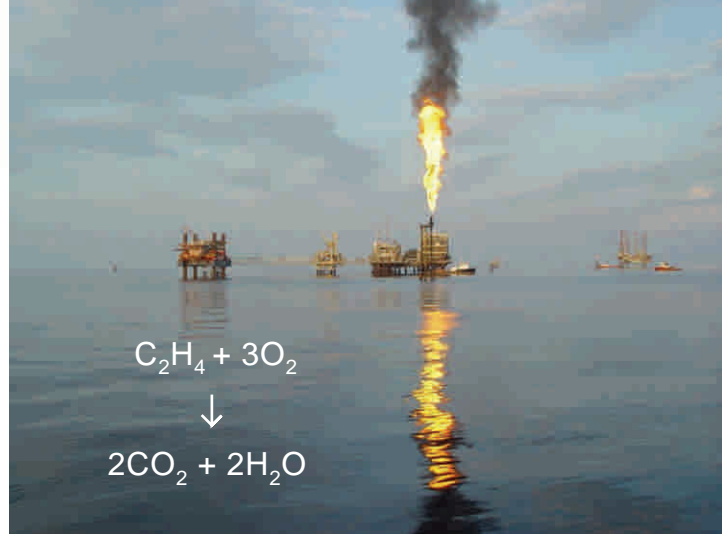
El número de octanos es la fuerza con la que arde la gasolina y el número de detonaciones que produce el motor. Se creó una escala que relaciona a diferentes alcanos y sus propiedades de combustión. En el caso del heptano, por ser su combustión muy mala es el cero de la escala; el máximo es de 100 y corresponde al isooctano. El resto de los valores entre el mínimo y el máximo se construyó quemando diferentes mezclas de ambos alcanos en motores de prueba. El número de octanos de una gasolina es el porcentaje de isooctano en la mezcla. Los alcanos ramificados producen mejor detonación que los de cadena lineal. El número de octanos de n-hexano es 25 y del 2,2-dimetilbutano es 92.

Reactividad de los alcanos

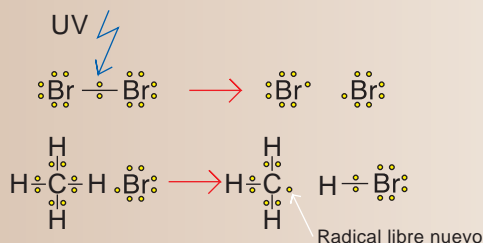
Los alcanos son compuestos poco reactivos debido a que no tienen sitios de reacción con electrones disponibles o deficiencia de ellos. Es por ello que no sufren transformaciones en presencia de metales, ácidos, bases o agentes oxidantes sin la ayuda de fuentes calóricas. Sin embargo, los alcanos son excelentes combustibles y, en presencia de oxígeno, arden bien y desprenden dióxido de carbono y agua.

Reacciones de alcanos con halógenos: ¡Fuera de control!

Los enlaces C-C y C-H, no polarizados y difíciles de romper, pueden ceder ante la presencia de especies muy reactivas, denominadas radicales libres. Las moléculas de cloro y bromo suelen generar radicales libres por ruptura homolítica de sus enlaces, promovida por calor o luz, generando Cl y Br radicales. Estos radicales son sumamente energéticos y en su choque con una molécula de alcano libera suficiente energía como para promover la ruptura de los fuertes enlaces C-H. La ruptura de un enlace C-H es seguida por la formación de un nuevo enlace C-halógeno; este proceso se denomina halogenación y es una reacción de sustitución. En el producto final, un átomo de hidrógeno es sustituido por uno de halógeno.



184

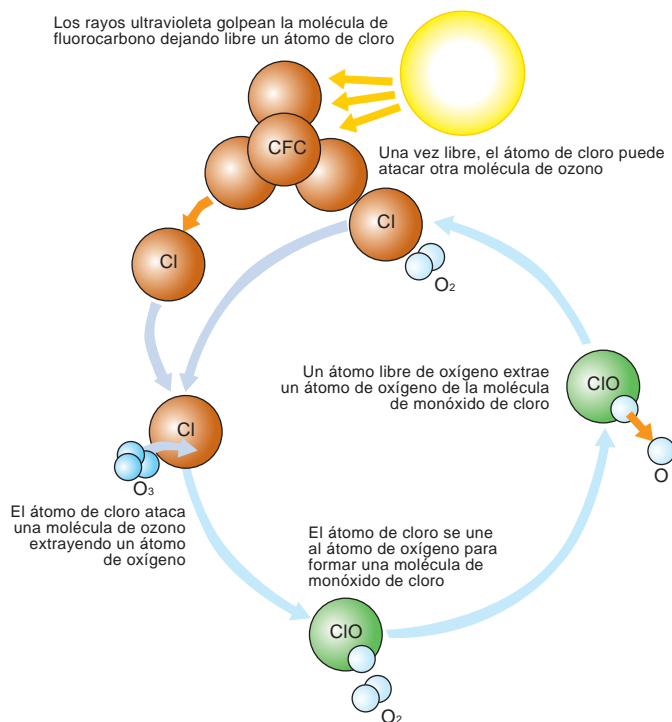


La reacción de bromación del metano puede terminar en un proceso indetenible si la disponibilidad de bromo es excesiva, llegando a reemplazar todos los átomos de hidrógeno.

Clorofluorocarbonos y la capa de ozono

Los clorofluorocarbonos, CFC, son pequeñas moléculas gaseosas que contienen cloro, flúor y carbono. Se desarrollaron debido a la búsqueda de nuevos agentes refrigerantes no tóxicos. Su uso en lavanderías, equipos de refrigeración y latas de aerosoles (desodorantes, fijadores, crema batida) ha creado un problema de contaminación en el ambiente ya que ellos no se biodegradan ni se destruyen químicamente con facilidad. Gracias a su alta volatilidad, estos compuestos se elevan lentamente hacia la capa superior de la atmósfera y se ubican a nivel de la capa de ozono. Aquí los rayos ultravioleta provenientes del Sol son absorbidos por los CFC y se producen radicales libres que reaccionan a su vez con el ozono, consumiéndolo lentamente.

Recordemos que el ozono (O₃) es muy importante pues constituye un filtro de los rayos ultravioleta C y parte de los rayos UVB, los más dañinos para los organismos vivos: de esta manera el ozono garantiza la existencia de vida sobre la superficie terrestre. La radiación ultravioleta B (280 nm-320 nm) causa, entre otros daños, cáncer de piel, quemaduras solares, afecciones oculares.



La destrucción del ozono de la estratosfera por los átomos de cloro es el resultado del rompimiento de los clorofluorocarbonados en la atmósfera