

Guía de nomenclatura de alcanos ramificados. Parte 1: Ramificaciones lineales

Guide to the nomenclature of branched alkanes. Part 1: Linear branches

Isaí Vázquez-Garrido ^{a*}, Israel S. Ibarra-Ortega ^b, Juan F. Flores-Aguilar ^c, Gabriela Islas-Guerrero ^d, Emmanuel Pérez-Escalante ^e

Abstract:

Hydrocarbons are essential as energy sources and are found in various fuels such as gasoline, diesel, and kerosene. Hydrocarbons include alkanes, alkenes, and alkynes. The International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) establishes specific rules for naming these compounds. Alkanes are named based on the length of the carbon chain and the branches present. This guide reports the process for naming alkanes and describes five main steps: 1) identification of the main chain, 2) chain numbering, 3) naming of branches, 4) addition of locators, and 5) writing the name in one word. This guide is proposed to help chemistry students understand and correctly apply alkane nomenclature, minimizing errors and improving academic performance in organic chemistry courses.

Keywords:

Hydrocarbons, nomenclature, branched alkanes, IUPAC

Resumen:

Los hidrocarburos son esenciales como fuentes de energía, encontrándose en diversos combustibles como gasolina, diésel y queroseno. Dentro de los hidrocarburos encontramos los alcanos, alquenos y alquinos. Para nombrar estos compuestos, la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) establece reglas específicas. Los alcanos se nombran basándose en la longitud de la cadena de carbono y las ramificaciones presentes. La presente guía aborda el proceso para nombrar alcanos y describe 5 pasos principales: 1) la identificación de la cadena principal, 2) numeración de la cadena, 3) nombramiento de ramificaciones, 4) colocación de localizadores y 5) escritura del nombre en una sola palabra. Esta guía pretende ayudar a estudiantes de química a entender y aplicar correctamente la nomenclatura de alcanos, minimizando errores y mejorando el desempeño en cursos de química orgánica.

Palabras Clave:

Hidrocarburos, nomenclatura, alcanos ramificados, IUPAC

Introducción

Químicamente, los hidrocarburos son compuestos formados por átomos de carbono e hidrógeno unidos mediante enlaces covalentes. Generalmente, estos compuestos se originan en el subsuelo a través de la transformación de materia orgánica (como fitoplancton,

zooplancton y algas) en condiciones de ausencia de oxígeno, junto con un aumento en la presión y la temperatura [1]. A la mezcla de hidrocarburos formada en el subsuelo se le conoce como petróleo. Los hidrocarburos se utilizan principalmente como fuentes de energía debido a su alta capacidad para generar energía durante la reacción de combustión [1,2].

^a Autor de Correspondencia, Universidad Xicotepetl | Xicotepet de Juárez-Puebla | México, <https://orcid.org/0000-0003-0175-0260>, Email: ivazquez@uxac.edu.mx

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Mineral de la Reforma-Hidalgo | México, <http://orcid.org/0000-0001-8449-9774>, Email: israel_ibarra@uaeh.edu.mx.

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Mineral de la Reforma-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-4515-8093>, Email: juan_flores@uaeh.edu.mx

^d Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Francisco I. Madero-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-2118-2179>, Email: gislas@upfim.edu.mx.

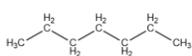
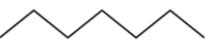
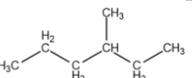
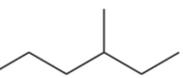
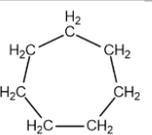
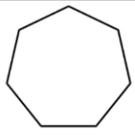
^e Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Mineral de la Reforma-Hidalgo | México <http://orcid.org/0000-0002-4268-9753>, Email: emmanuel_perez@uaeh.edu.mx.

Según la composición de los diferentes hidrocarburos, se pueden obtener diversos combustibles, como gasolina, diésel, queroseno, entre otros. [1-3].

Dependiendo de su estructura química, los hidrocarburos se clasifican en saturados (alcanos) e insaturados (alquenos, alquinos y aromáticos) [2]. Los hidrocarburos saturados son aquellos que no presentan dobles ni triples enlaces en sus estructuras químicas (no hay presencia de enlaces π) a diferencia de los hidrocarburos insaturados, que pueden contener enlaces dobles y triples (presentan al menos un enlace π). Los hidrocarburos también pueden clasificarse en hidrocarburos alifáticos de cadena abierta (alcanos, alquenos y alquinos) y cíclicos o de cadena cerrada (cicloalcanos, cicloalquenos, cicloalquinos y aromáticos). En este artículo se abordará la nomenclatura de los hidrocarburos alifáticos. Para nombrar los hidrocarburos alifáticos, la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC por sus siglas en inglés) clasifica a los hidrocarburos en alcanos, alquenos y alquinos [4]. En este artículo se explica solo la nomenclatura de los alcanos.

Los alcanos, también conocidos como parafinas, constituyen el primer grupo de compuestos dentro de los hidrocarburos y son los más simples en cuanto a estructura. Los alcanos son hidrocarburos saturados, lo que significa que no presentan enlaces dobles ni triples, y están formados únicamente por enlaces simples entre átomos de carbono con hibridación sp^3 [2-3]. Los alcanos no contienen grupos funcionales, son relativamente inertes y pueden ser de cadena lineal, ramificada o cíclica [2-3].

Tabla 1. Nombre, fórmula molecular, estructura semidesarrollada y estructura de esqueleto de tres ejemplos de alcanos.

Nombre (Fórmula molecular)	Estructura semidesarrollada	Estructura de esqueleto
Heptano (C ₇ H ₁₆)		
3-metilhexano (C ₇ H ₁₆)		
Cicloheptano (C ₇ H ₁₄)		

En la Tabla 1 se observan las estructuras del heptano, 3-metilhexano y el cicloheptano. Estos hidrocarburos son ejemplos de alcanos y pueden estar presentes en la gasolina. Así también, se muestra que los compuestos heptano y 3-metilhexano contienen la misma fórmula molecular, por lo que son conocidos como isómeros. Este

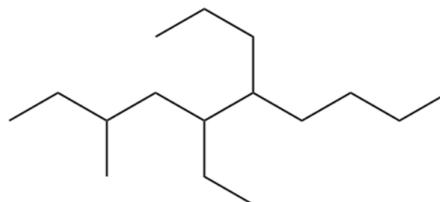
último término es empleado cuando los compuestos tienen la misma fórmula química pero estructuras diferentes [2].

El tema de alcanos es muy recurrente en los cursos de química orgánica, por lo que si no se aborda correctamente pueden causar un bajo desempeño de los alumnos al finalizar el curso. Por lo anterior, el objetivo de este artículo es presentar una guía de estudio que ayude a reducir los índices de reprobación explicando correctamente las reglas de nomenclatura de estos compuestos.

1. Nomenclatura de alcanos

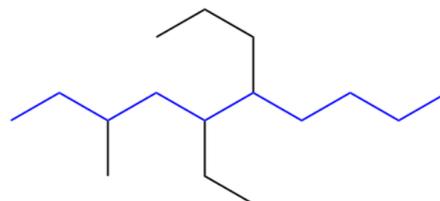
Para nombrar un alcano se propondrá el siguiente ejercicio 1.

- **Ejercicio 1. Nombre el siguiente alcano ramificado**



Para nombrar un alcano se deben realizar los pasos siguientes:

Paso 1. Identificar la cadena más larga de carbono. Determina cuál es la cadena que contiene el mayor número de átomos de carbono. Es importante tener en cuenta que en la estructura de esqueleto, los átomos de carbono están ubicados en los vértices y en los extremos. Si hay dos cadenas con el mismo número de átomos de carbono, selecciona aquella que dé lugar a una mayor cantidad de ramificaciones. [4-5].

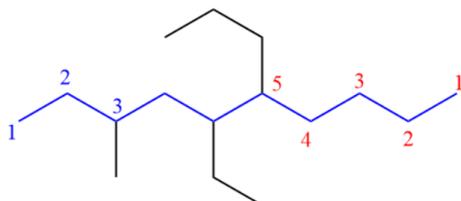


Como se observa en el ejercicio, la cadena más larga es la marcada en azul y contiene 10 átomos de carbono con tres ramificaciones.

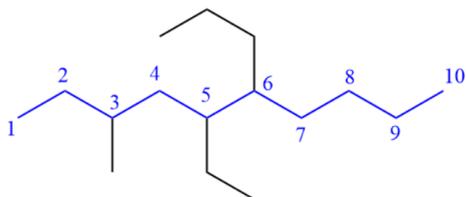
Paso 2. Enumerar la cadena principal. En este ejemplo, la cadena principal puede comenzar a enumerarse desde dos posibles extremos: desde la izquierda o desde la derecha. Para elegir el extremo adecuado, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones. [4-5]:

- La numeración se comenzará desde el extremo que esté más cercano a una ramificación.
- Si las ramificaciones están a la misma distancia en ambos extremos, se selecciona el extremo desde el cual la suma de la numeración de todas las ramificaciones sea la menor.
- Si la suma de las numeraciones de todas las ramificaciones es idéntica en ambos extremos, se opta por elegir el extremo donde el nombre de la ramificación tenga un orden alfabético menor.

Ahora se revisará el ejercicio:



De los dos extremos, se eligió el del lado izquierdo (números azules) debido a que se encuentra el radical más cercano en la posición 3. Mientras que del lado derecho se encuentra el radical más cercano en la posición 5 (números rojos). Por lo tanto, el compuesto queda numerado correctamente de la siguiente forma:



Paso 3. Nombrar las ramificaciones. Cada ramificación se identifica según el número de átomos de carbono que contiene. La fórmula para nombrar las ramificaciones lineales es la siguiente: [4-5]:

$$\text{Prefijo} + \text{il} \quad (1)$$

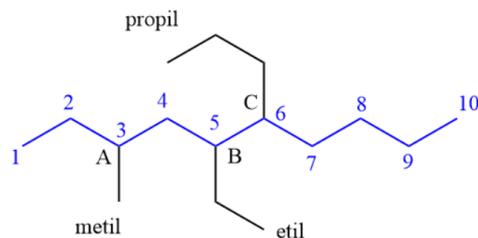
El prefijo permite mencionar cuantos carbonos tiene la ramificación. Los prefijos para la distinta cantidad de carbonos se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2. Guía de prefijos para la nomenclatura de alcanos ramificados.

No. de C	Prefijo	No. de C	Prefijo
1	Met-	6	Hex-
2	Et-	7	Hept-
3	Prop-	8	Oct-
4	But-	9	Non-
5	Pent-	10	Dec-

Al emplear la Tabla 2 y la Fórmula 1, los radicales A, B y C tendrán el nombre metil (1 átomo de carbono), etil (2

átomos de carbono) y propil (3 átomos de carbono), respectivamente.



Paso 4. Colocar el localizador a las ramificaciones. El localizador es el número del carbono (en color azul) al cual está enlazado el radical y se coloca antes del nombre del radical. Por ejemplo, el radical metil, etil y propil están enlazados en los carbonos 3, 5 y 6, respectivamente. Al colocar el localizador tenemos los siguientes radicales: 3-metil, 5-etil y 6-propil [4-5].

Paso 5. Escribir el nombre completo como una palabra. Para redactar correctamente el nombre completo del alcano, se debe escribir la siguiente fórmula [4-5]:

$$\text{Radicales} + \text{Prefijo de la cadena principal} + \text{ano} \quad (2)$$

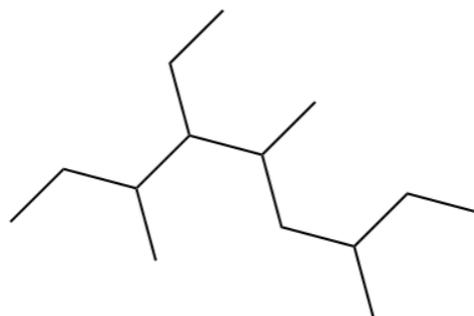
Nota: Todos los radicales deben colocarse siempre en orden alfabético, con su localizador y al principio del nombre, separados por un guion.

Para el ejercicio se tiene el nombre de los radicales en orden alfabético: 5-etil-3-metil-6-propil. Si revisamos la Tabla 2 de prefijos para la cadena principal, podemos observar que para 10 átomos de carbono el prefijo es dec-. Por lo tanto, el nombre completo del compuesto es:

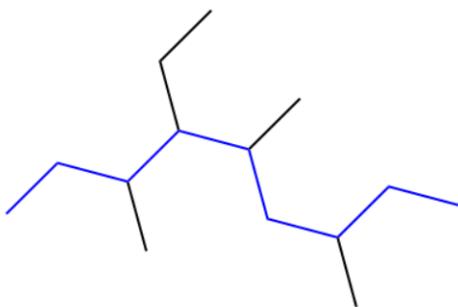
$$5 - \text{etil} - 3 - \text{metil} - 6 - \text{propil} \text{decano}$$

Nótese que al combinar la lista de los radicales con el prefijo de la cadena principal no se utiliza ningún guion o separación. El nombre debe redactarse como una única palabra. Ahora se realizarán los mismos pasos para completar el ejercicio 2.

• **Ejercicio 2.** Nombre el alcano ramificado que se muestra a continuación.

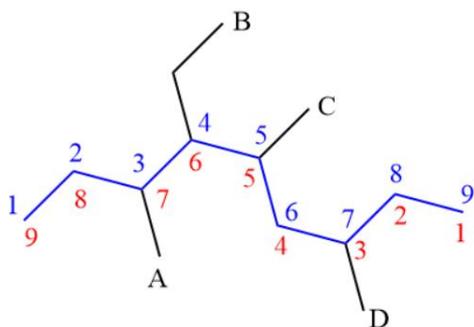


Paso 1. Identificar la cadena más larga de carbono. En este caso la cadena de carbono más larga es la siguiente:



La cadena hidrocarbonada más larga en este ejemplo es de nueve átomos de carbono.

Paso 2. Enumerar la cadena principal. De acuerdo a las reglas de nomenclatura, se debe seleccionar primero el extremo en donde se encuentre más cerca una ramificación. Para este caso, tenemos dos posibles numeraciones:



En este caso particular, el radical más cercano se encuentra en la posición 3 en ambos lados de la cadena principal (A del lado izquierdo y D del lado derecho). Por lo tanto, el paso 2a no es suficiente para colocar correctamente la numeración. Hay que realizar el paso 2b "Si las ramificaciones están a la misma distancia en ambos extremos, se selecciona el extremo desde el cual la suma de la numeración de todas las ramificaciones sea la menor".

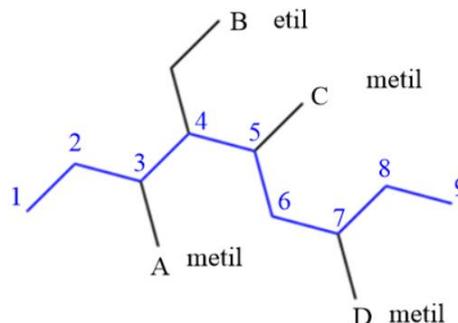
Para identificar la menor numeración de los radicales puede hacerse uso de la Tabla 3.

Tabla 3. Guía para identificar la menor numeración de los radicales cuando la primera ramificación se encuentra a la misma distancia en ambos extremos.

Radical	A	B	C	D	Suma	¿Correcta?
Dirección azul	3	4	5	7	19	Sí, es menor
Dirección roja	7	6	5	3	21	No, es mayor

Como se observa en la tabla la suma de los localizadores en la dirección de color azul es menor que la dirección de color rojo. Por lo tanto la dirección correcta es la de color azul.

Paso 3. Nombrar las ramificaciones. Empleando la Tabla 2 y la fórmula 1, los radicales A, C y D son nombrados metil y el radical B etil.



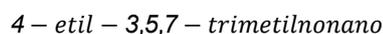
Paso 4. Colocar el localizador de las ramificaciones. En este ejercicio aparece el radical metil treces veces (A, C y D). Cuando las ramificaciones se repiten, se deben colocar todos los localizadores separados por comas (,) del radical que se repite. Posteriormente, se agrega un guion (-) seguido de un prefijo multiplicativo para el número de veces que se repite la ramificación y colocar al final el nombre de la ramificación. Los prefijos multiplicativos se encuentran en la Tabla 4.

Tabla 4. Prefijos multiplicativos para el número de radicales.

No. de ramificaciones	Prefijo	No. de ramificaciones	Prefijo
1	-	6	hexa-
2	di-	7	hepta-
3	tri-	8	octa-
4	tetra-	9	nona-
5	penta-	10	deca-

Por lo tanto, para este problema se tiene que los radicales con localizador son: 3, 5,7-trimetil y 4-etil.

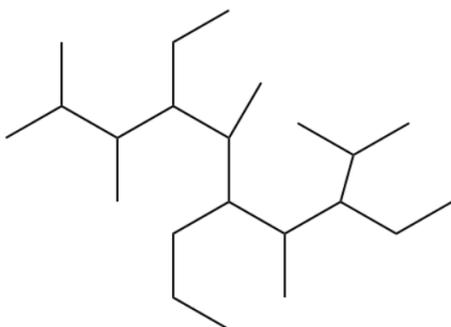
Paso 5. Escribir el nombre completo como una palabra. Para colocar el nombre completo, cuando se enlistan los radicales por orden alfabético se utiliza la primera letra del nombre del radical (para este caso las letras son "m" para trimetil y "e" para etil), por lo tanto, no se enlista siguiendo la primera letra del prefijo multiplicativo. En este sentido, el nombre completo del compuesto es:



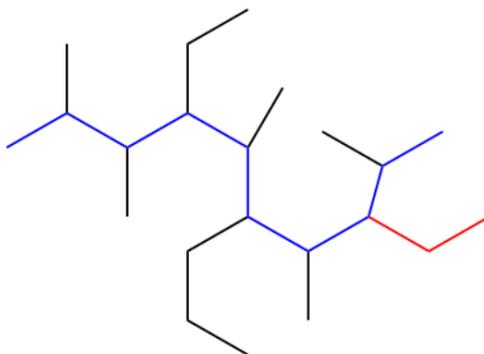
Nótese que en la parte donde se enlistan las ramificaciones primero va el etil, seguido de las ramificaciones metil y el prefijo de la cadena principal es non- porque contiene nueve átomos de carbono.

Finalmente, se revisará este último ejemplo:

• **Ejercicio 3. Nombre el siguiente alcano ramificado**

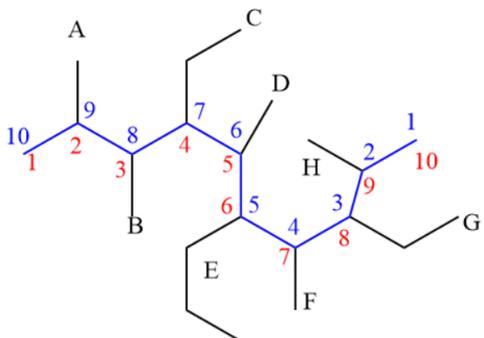


Paso 1. Identificar la cadena principal. Recordar que siempre se elige la cadena con la mayor cantidad de carbonos que genere una mayor cantidad de ramificaciones, por lo tanto, la cadena principal es la siguiente:



En este caso, hay dos cadenas con la misma cantidad de carbonos (10), la de color azul y la que sigue el camino de color rojo. Se elige la de color azul porque ocasiona que haya una mayor cantidad de ramificaciones, 8 en total. Elegir la de color rojo es un error porque forma 7 ramificaciones en total.

Paso 2. Enumerar la cadena principal, en este caso hay dos posibles opciones:



Como se observa, la primera ramificación se encuentra en la posición número 2 en ambos sentidos. Por otro lado,

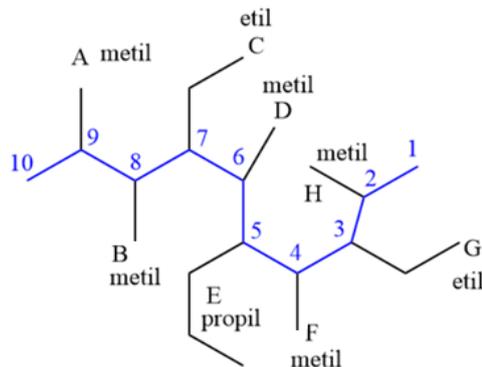
si revisamos la suma de la numeración de todos los radicales tenemos que:

Radical	A	B	C	D	E	F	G	H	Suma
Azul	9	8	7	6	5	4	3	2	44
Roja	2	3	4	5	6	7	8	9	44

La suma de los localizadores tampoco permite la elección de la numeración correcta, por lo tanto, se tiene que realizar la consideración del paso 2c: “Si la suma de las numeraciones de todas las ramificaciones es idéntica en ambos extremos, se opta por elegir el extremo donde el nombre de la ramificación tenga un orden alfabético menor”.

Si se observa, los radicales colocados en ambas direcciones en la posición 2, son metil (A y H). Es así que no es posible elegir aún la dirección correcta. No obstante, si se observa la ramificación en el localizador 3 en la dirección de color azul, se tiene al radical etil (G) y en la dirección de color rojo se tiene al radical metil (B). Por lo tanto, la dirección correcta es la de color azul porque el etil, tiene menor orden alfabético que el metil (e antes que m).

Paso 3. Nombrar las ramificaciones. Las ramificaciones en el ejercicio llevan el siguiente nombre (Revisar Tabla 2 y utilizar la Fórmula 1)



Paso 4. Colocar el localizador de las ramificaciones. Los localizadores para las ramificaciones utilizando la Tabla 4 son: 2,4,6,8,9-pentametil; 3,7-dietil y 5-propil. Nótese que se usa el prefijo penta- porque existen 5 ramificaciones metil, y el prefijo di- porque existen dos ramificaciones etil.

Paso 5. Escribir el nombre completo como una sola palabra usando la fórmula 2:

3,7 – dietil – 2,4,6,8,9 – pentametil – 5 – propildecano

Las ramificaciones son colocadas en orden alfabético considerando “e”, “m” y “p” para dietil, pentametil y propil, respectivamente. Nuevamente, el prefijo multiplicativo no se considera para el ordenamiento alfabético.

Conclusiones

La presente guía puede ayudar para que los alumnos de nivel bachillerato y licenciatura puedan realizar un repaso de la nomenclatura IUPAC de alcanos ramificados. La guía podría ayudar a los alumnos a resolver dudas presentadas en el aula sobre este tema recurrente en los cursos de Química Orgánica. En esta guía se presentaron las distintas formas de enumerar correctamente la cadena principal, nombrar correctamente las distintas ramificaciones, colocar los localizadores y escribir el nombre de los alcanos como una sola palabra. Al explicar detalladamente estos pasos de la nomenclatura se espera ayudar a los alumnos y reducir los índices de reprobación durante su estudio de la Química Orgánica.

Referencias

- [1] McCarthy, K., Niemann, M., Palmowski, D., Peters, K., & Stankiewicz, C. *La geoquímica básica del petróleo para la evaluación de las rocas generadoras*. Oilfield Review 2011; 23(2), 36-47.
- [2] Ortiqova, M., & Sarvinoz, X. *Alkanes*. In Proceedings of International Educators Conference 2024, 3(2), 177-180.
- [3] McMurry, J., Mondragón, C. H., & Pozo, V. G. *Química orgánica*. México, DF: Cengage learning, 2008.
- [4] Firme, C. L. *Alkanes (nomenclature, properties, and reactions)*. In *Introductory Organic Chemistry and Hydrocarbons*. CRC Press 2019, 217-240.
- [5] Leigh, G. J. *Principles of chemical nomenclature: a guide to IUPAC recommendations*. Royal Society of Chemistry. 2011.