

## Érase una vez un pizarrón: anécdotas, historias e ideas que surgieron durante las clases de Química Orgánica

*Once upon a time there was a blackboard: anecdotes, stories and ideas that arose during Organic Chemistry classes*

José Manuel Méndez Stivalet<sup>1</sup> y Héctor García-Ortega<sup>1</sup>

### Resumen

Este manuscrito contiene algunas anécdotas, historias e ideas que han surgido de las clases que ha dado el Prof. José Manuel Méndez Stivalet y refleja su calidad como un docente de la vieja escuela que utiliza un pizarrón para dar sus clases. Se propone la síntesis del marcianol y la marciana; se explica el mecanismo de transformación de la estrona a partir de la testosterona; se comenta sobre los clorofluoralcenos y se propone un nuevo mecanismo de la destrucción de la capa de ozono; se propone una síntesis del 2,2,3,3-tetrametilbutano comparándolo con el isooctano; se propone una reacción para la captura del CO<sub>2</sub>; y finalmente, se comenta sobre algunos compuestos que parece ser son imposibles de sintetizar.

**Palabras clave:** Química Orgánica, enseñanza universitaria, historia de la química, testosterona-estrona, captura de CO<sub>2</sub>, clorofluoralcenos.

### Abstract

This manuscript contains some anecdotes, stories and ideas that have arose from the classes given by Prof. José Manuel Méndez Stivalet and reflects his quality as an old schoolteacher who uses a blackboard to teach his classes. The synthesis of martianol and martiene is proposed; the mechanism of transformation of estrone from testosterone is explained; chlorofluoralkanes are discussed and a new mechanism for the destruction of the ozone layer is proposed; a synthesis of 2,2,3,3-tetramethylbutane is proposed, comparing it with isooctane; a reaction is proposed to capture CO<sub>2</sub>; and finally, comments are made on some compounds that seem to be impossible to synthesize.

**Keywords :** Organic Chemistry, university teaching, history of chemistry, testosterone-estrone, CO<sub>2</sub> capture, chlorofluoralkanes.

### CÓMO CITAR:

Méndez Stivalet, J. M., y García-Ortega, H. (2025, abril-junio). Érase una vez un pizarrón: anécdotas, historias e ideas que surgieron durante las clases de Química Orgánica. *Educación Química*, 36(2). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.2.88985>

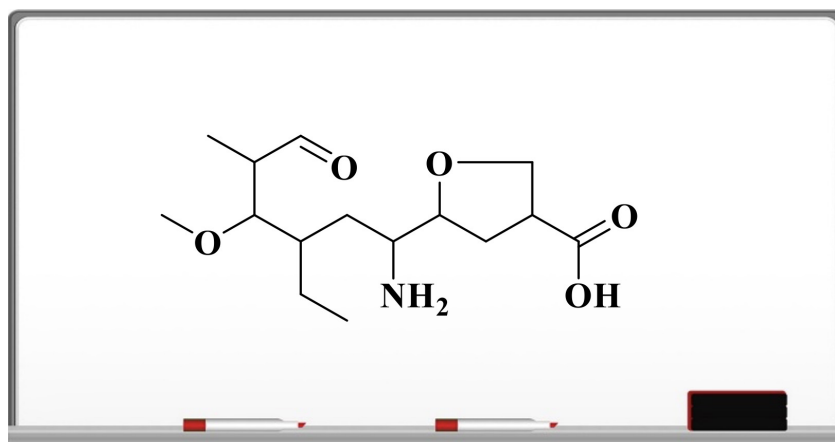
<sup>1</sup> Depto. de Química Orgánica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

## Introducción

**E**l M. en C. José Manuel Méndez Stivalet (1952-) es profesor de la Facultad de Química de la UNAM desde hace 48 años. Según el Prof. Méndez hay cuatro cosas importantes en la enseñanza de la Química, y en concreto de la Química Orgánica: nomenclatura, reacciones con nombre, mecanismos de reacción y la estereoquímica, entre otras cosas.

**1. Nomenclatura.** Las reglas de la comisión de nomenclatura de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC por sus siglas en inglés) ofrecen guías y recomendaciones para la aplicación de los principios básicos correspondientes de la nomenclatura sistemática para tener una estandarización de mayor alcance para nombrar a los compuestos químicos (Favre y Powell, 2014).

*Por ejemplo, desde la prepa somos muy proclives a pintar un pizarrón con la estructura de un compuesto orgánico con ramificaciones, aderezarlo con varios grupos funcionales diferentes y decirles: escriba el nombre correcto de la IUPAC para este compuesto: (Pizarrón 1).*



**PIZARRÓN 1.** Estructura ejemplo para darle su nombre IUPAC: ácido 5-(1-amino-3-etil-4-metoxi-5-metil-6-oxohexil)tetrahidrofuran-3-carboxílico).

**2. Reacciones químicas con nombre.** Estas reacciones honran a los descubridores de reacciones químicas innovadoras o de mejoras de las transformaciones conocidas, de la misma manera que muchos científicos asocian sus nombres a un efecto o fenómeno, una ecuación, una constante, etc. En esto la ciencia es muy proclive y en química orgánica es una de las áreas donde esto se aparece a cada momento. En algunos casos, la persona cuyo nombre está asociado con la reacción no fue el primero en descubrir la reacción, pero sí el que logró popularizarla (Li, 2002).

*Cuando un alumno o alumna me pregunta el nombre de una reacción que no tiene nombre suelo decirle que esa es la reacción de Vladimir Sepalachin, famoso químico ruso. Pero en una ocasión una alumna fue con el Dr. Armando Javier Padilla Olivares (1930-2011), quien era el director de la Facultad de Química, y le dice "oiga profesor ¿dónde podré encontrar el mecanismo de la reacción de Sepalachin?" El Dr. Padilla le dijo "usted lleva clase con Méndez Stivalet verdad. Dígale por favor que me venga a ver a la dirección, se lo voy a explicar a él personalmente". Llegue con el Dr. Padilla y me pregunta "¿de dónde se le ocurren tantas cosas?", y hasta allí quedó esta anécdota.*

**3. Mecanismos de reacción.** En un mecanismo de reacción se describe paso a paso cómo es que se rompen y forman los enlaces entre los reactivos durante una reacción química y que explique la formación de los productos, siguiendo razonamientos químicamente lógicos. Por lo que describir de forma adecuada los mecanismos de reacción y predecir los compuestos resultantes, es un desafío para los alumnos que estudian Química Orgánica (Wentland, 1994; López et al, 2012; Aguilar-Garduño et al, 2012).

*Los consentidísimos de la química orgánica, que son el gozo y el disfrute de todos nuestros estudiantes, son los mecanismos de reacción. Hay una manera de volver un examen tranquilo y sencillo en un examen de miedo y pavor. Las primeras diez preguntas son: Indique el producto de las siguientes diez reacciones, y si los alumnos se portaron mal con uno durante el transcurso de las clases, añade uno la onceava pregunta que suele cambiar la situación. Pregunta número once: Proponga el nombre correcto de la IUPAC para todas las materias primas y productos de todas las reacciones anteriores y escriba por lo menos un mecanismo de reacción congruente para cada una de ellas. Y como dicen por allí, "this was where the pig female turned the tail".*

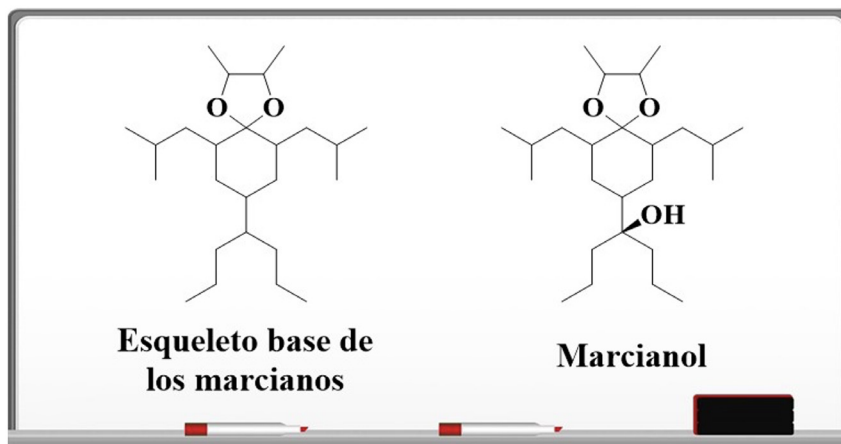
**4. Estereoquímica.** Es el estudio de la estructura tridimensional de las moléculas, y esto es muy importante para la química orgánica, la bioquímica y la biología, ya que sin esto no se podrían entender varios procesos, sobre todo los biológicos (Juaristi, 2007).

*La vida no es en dos dimensiones. La estereoquímica viene a completar los cuatro jinetes del apocalipsis en la enseñanza de la Química Orgánica. Definitivamente estos cuatro puntos, a mi parecer, son una gran parte de la enseñanza de la Química Orgánica, la otra parte es sobre síntesis y reactividad. Y dentro de las síntesis, reacciones que hacen las uniones carbono-carbono, que de eso vive la química orgánica, y las transformaciones de los grupos funcionales que eventualmente permitieron estas transformaciones.*

## Anécdotas, historias e ideas

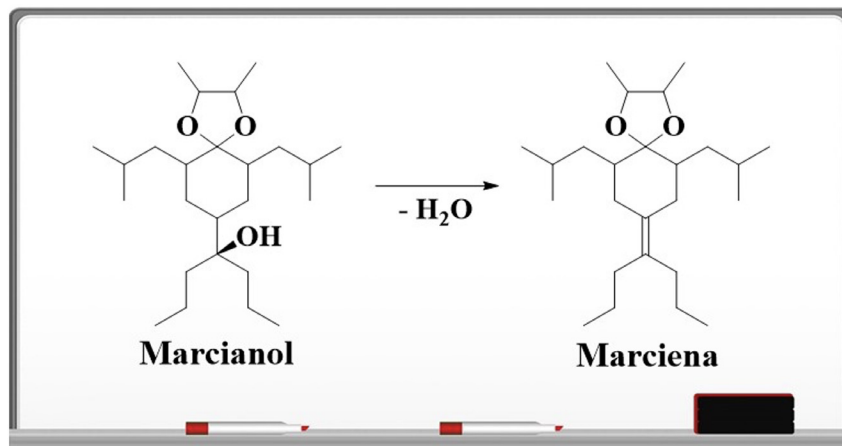
### El marcianol

El marcianol tiene una estructura de las llamadas nanoputienses (Pizarrón 2), que son moléculas que al dibujarlas parecen seres humanos, pero a escala nanométrica. Estas estructuras fueron creadas en la Universidad de Rice (Chanteau y Tour, 2003). La estructura la propuso en 1972 el Prof. Guillermo James Molina durante una de sus clases.



**PIZARRÓN 2.** Estructura de enlace-línea de los marcianos y del marcianol.

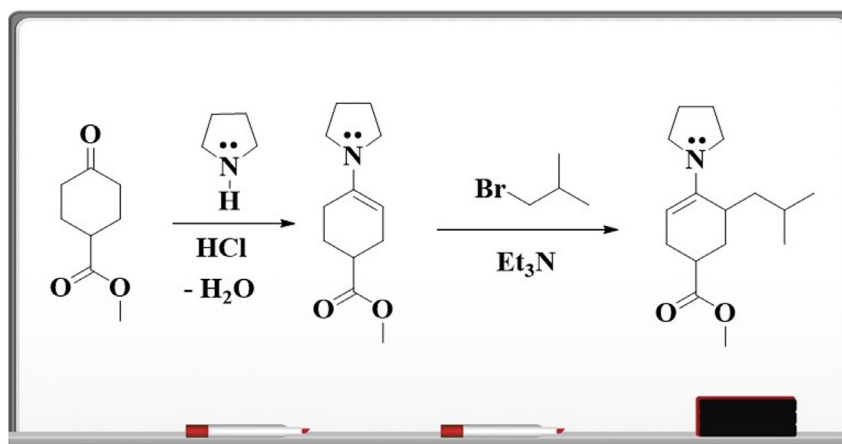
*En el planeta de los marcianos, a partir del marcianol se hizo la marciena. El Dios de ellos vio que el marcianol estaba muy triste, que no tenía compañeros, que no tenía estereoisómero por ser simétrico, que vivía solito, y dijo: hagámosle una compañera al marcianol. Agarró Dios su libro de texto de Química Orgánica y encontró que, si se deshidrata el alcohol terciario con una metodología que no afecte al cetal, le debería de dar la olefina de Zaitsev, y ya quedó la compañera del marcianol. Y en efecto, si el marcianol se deshidrata va a quedar el enlace doble de la marciena (Pizarrón 3) en el lugar adecuado predicho por la teoría y tan tan.*



PIZARRÓN 3. Obtención de la marciena.

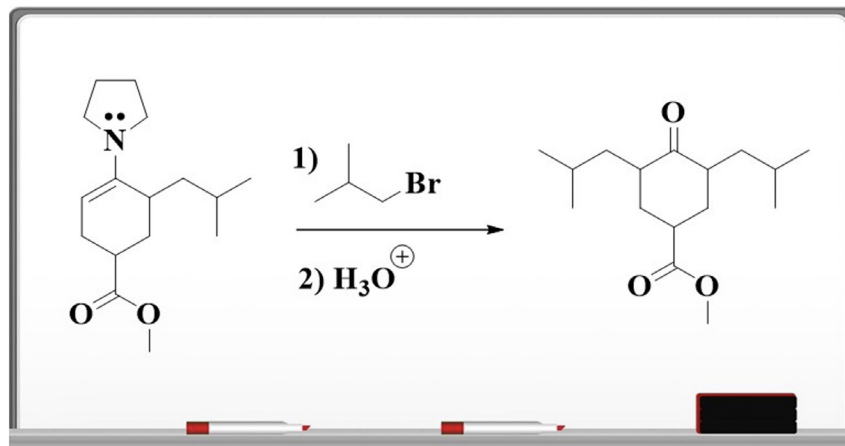
La síntesis propuesta para el marcianol, entre otras reacciones, se basa en la alquilación de enaminas descubierta por Gilbert Stork (1921-2017), quien tuvo una influencia muy grande en la química orgánica de México cuando era consultor para la empresa Syntex (Stork et al, 1954, Stork et al 1963, Seeman, 2012).

La síntesis comienza con la 4-carboximetilciclohexanona (Pizarrón 4), que es una materia prima comercial y fácil de preparar (Casabona y Cativiela, 2006) y usando el método de las enaminas del Prof. Stork utilizando pirrolidina en catálisis ácida y con una trampa de Dean-Stark, para ir removiendo el agua del medio de reacción, se tendría la enamina correspondiente. Si se alquila con un haluro de alquilo forma uno de los brazos, por ejemplo, con el bromuro de isobutilo. Del tratamiento del producto de la alquilación con una base para que la sal de iminio intermediaria que se forme vuelva a darnos la enamina menos sustituida por la interacción del par de electrones del nitrógeno con la cadena.



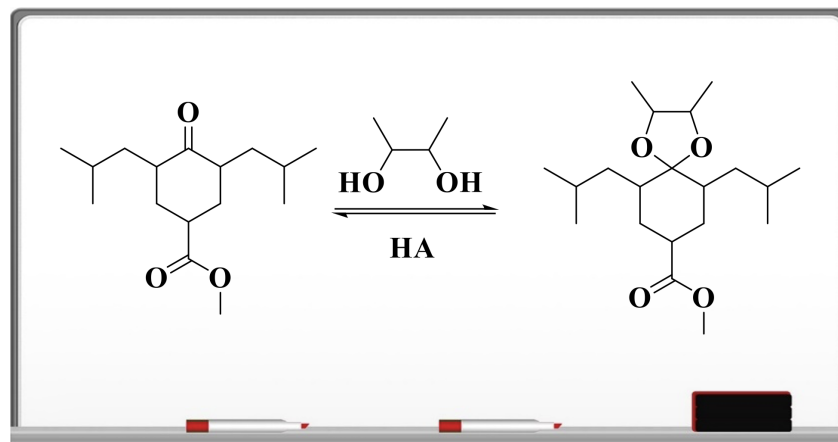
PIZARRÓN 4. Alquilación de la enamina.

Si se repite la reacción otra vez con el bromuro de isobutilo, y ahora hidrolizando con agua la sal de iminio intermediaria daría la cetona que queremos (Pizarrón 5).



PIZARRÓN 5. Segunda alquilación e hidrólisis de la enamina.

Se puede formar el cetal con el glicol correspondiente (Pizarrón 6), en este el que se obtiene del ácido tartárico por reducción de los dos ésteres hasta los metilos. Otra catálisis ácida, una trampa de Dean-Stark para ir removiendo el agua y por el principio de Le Châtelier nos va a dar el cetal. El orden de los pasos es importantísimo porque suele haber en la presencia de varios grupos funcionales que algunos puedan reaccionar con el mismo reactivo, es el caso de las cetonas y los ésteres.

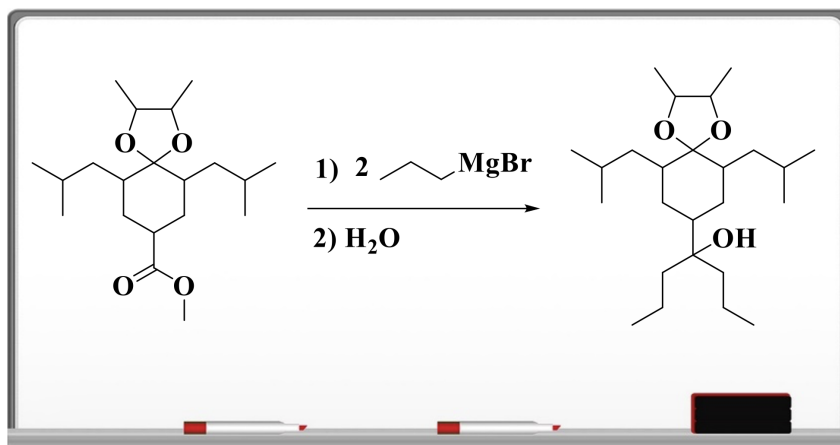


PIZARRÓN 6. Formación del cetal.

De esta forma se puede obtener el éster y es conocido que si se trata con dos moles del reactivo de Grignard o con un organolitio nos va a dar el alcohol terciario (Pizarrón 7). Esto daría el marcianol directamente. Lo largo de las piernas es al gusto del cliente y aquí sí se puede escoger.

*En el planeta Tierra, Dios hizo a Eva a partir de Adán, y ahora les planteo como sucedió eso químicamente hablando. Esto tiene connotaciones teológicas y evita muchas discusiones. En efecto, Dios primero hizo a Adán y también hizo a Eva cuando lo vio allí solito chiflando en el paraíso, comiendo kiwis, guayabas, hasta que dijo, ya es hora de que vaya comiendo otro tipo de alimentos. Sí, no solo de pan vive el hombre, palabra de Dios - God spell.*

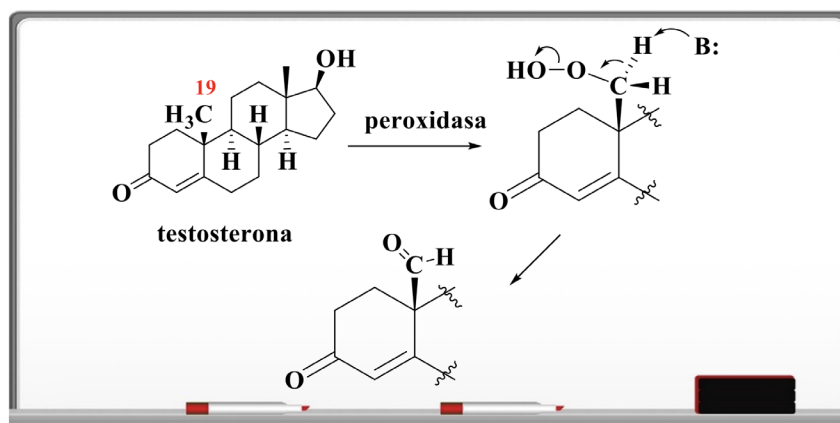
PIZARRÓN 7. Obtención del marcianol.



### Testosterona-Estrona

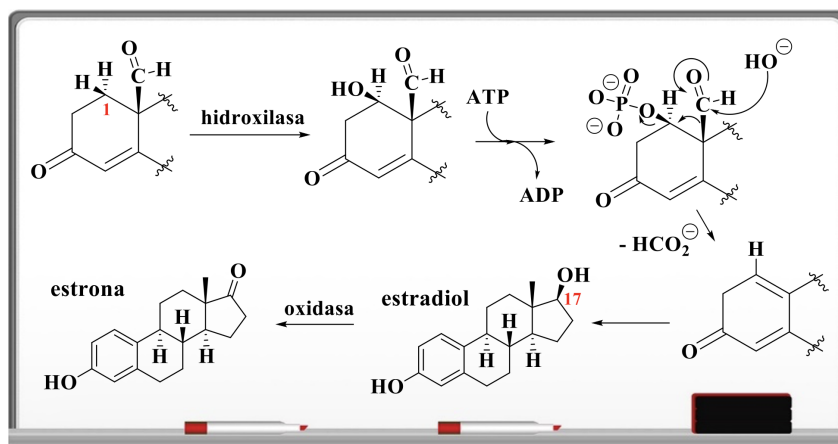
La testosterona es la hormona masculina por excelencia y es la que diferencia a los hombres de las mujeres. Se sabe que a partir de la testosterona, bioquímicamente hablando, en las mujeres se biosintetiza la estrona, que es la hormona femenina por excelencia, mediante un sistema enzimático múltiple que se conoce como el sistema de las aromatasas, “*conocidas por los químicos orgánicos como las cualesquieras para no equivocarse*”. Este proceso es muy importante porque hay muchas enfermedades que dependen del nivel de estrona y de testosterona, y entonces es un campo muy dinámico de estudio para encontrar antagonicos que impidan estas transformaciones.

En la testosterona hay un metilo, la transformación de testosterona-estrona está estudiada con una minucia impresionante usando marcajes isotópicos (Caspi et al, 1984), cálculos computacionales (Sen y Hackett, 2012), entre otras cosas. Se sabe que una peroxidasa inicia la reacción con alguno de los tres hidrógenos del metilo, esta enzima adiciona un hidroperóxido al metilo del C-19, generando que los hidrógenos en él se vuelvan diastereotópicos. El siguiente paso es la oxidación del hidroperóxido al aldehído de forma específica con el hidrógeno  $\alpha$  y una base toma el protón formando el aldehído en C19 y eliminado el ion hidróxido, este mecanismo se ha estudiado con marcaje con deuterio (Pizarrón 8) (Yoshimoto y Guengerich, 2014).



PIZARRÓN 8. Formación del aldehído en C-19 de la testosterona.

Inmediatamente las enzimas reaccionan con uno de los hidrógenos de la posición 1, que también son diferentes. En este caso lo que entra en acción es una hidroxilasa, que deja un hidróxido en esa posición. El OH se hace buen grupo saliente formando el fosfato correspondiente al reaccionar con el trifosfato de adenosina y después mediante una reacción retroaldólica con una hidroxilasa, una base ataca al aldehído y ocurre una fragmentación de Grob (Grob y Baumann, 1955) para que salga el fosfato, se forme el enlace doble y la tautomería ceto-enol de esa ciclodienona complementa la formación del fenol para dar el estradiol (Pizarrón 9), el fenol tiene 36 kcal/mol más de estabilidad por ser aromático. El último paso es la oxidación selectiva con una oxidasa del OH en C-17 para dar la estrona. Esta transformación es fundamental para que no se desarrollen enfermedades estrogénico dependientes (Merrheim et al, 2020; Deroo y Korach, 2006). *Dicen que el carbono en 19 fue la costilla que Dios le quitó a Adán para hacer a Eva.*



**PIZARRÓN 9.** Mecanismo simplificado para la obtención de estrona.

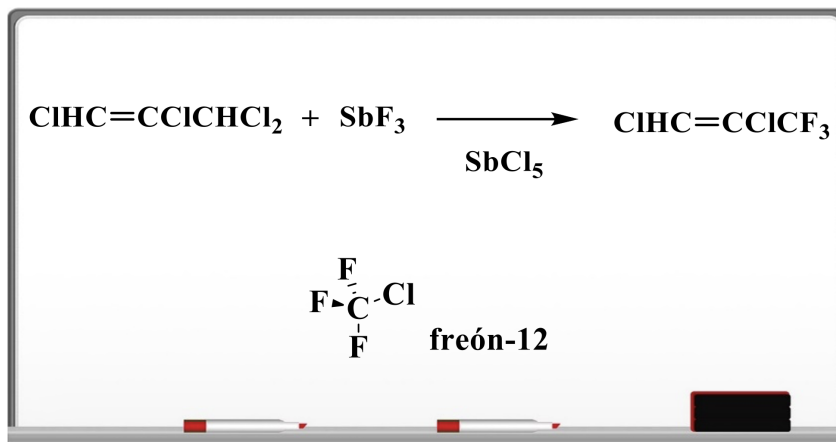
## Clorofluorocarbonos

La química es la responsable de todo, esto sí es cierto, si no hubiera habido desarrollos químicos, simple y sencillamente no seríamos 8 mil millones de personas sobre la faz de la Tierra. Hay una síntesis que ha merecido un Premio Nobel, la del amoníaco (Fritz Haber (1868-1934) Premio Nobel de Química en 1918) (Haber y Oordt, 1905), ya que la síntesis de amoníaco aumentó exponencialmente las cosechas y seguirá haciéndolo en los años venideros y se le atribuye haber salvado millones de vidas y probablemente salvará miles de millones más.

La química es la responsable de muchas cosas, si no se hubieran desarrollado buenos antibióticos, buenos fármacos para matar amibas, etcétera, la gente seguiría muriendo a los 30 o 40 años, aunque había excepciones. La química ha hecho que tengamos como alumbrarnos, como movernos, como curarnos, como refrigerar alimentos, etcétera.

Y hablando de refrigerantes. En Veracruz, México, está la fábrica de hielo “El Popo”, en sus comienzos usaban como refrigerante el  $\text{SO}_2$ , después el  $\text{CH}_3\text{Cl}$  y finalmente el amoníaco, todos son compuestos muy tóxicos. Desde 1892, Frédéric Jean Edmond Swarts (1866-1940) (Timmermans, 1961) un químico belga, había descubierto la fluoración de polihaluros orgánicos con  $\text{SbF}_3$  en presencia de trazas de  $\text{SbCl}_5$ , método con el cual se obtenían los famosos clorofluorocarbonos (Pizarrón 10) (Swarts, 1892). En 1989 echaron un “torito” en el primer número de la revista Educación Química en donde el Prof. Méndez

Stivalet dice que para él el nombre correcto para estos compuestos debe ser el de clorofluor alcanos (Méndez Stivalet, 1990). En 1930, Thomas Midgley Jr. (1889-1944) en la compañía General Motors optimizó esto y se empezó a usar el freón-12 principalmente como refrigerante (Midgley y Henne, 1930).



**PIZARRÓN 10.** Reacción de Swarts y estructura del freón-12.

El freón más popular es el freón-12 (Pizarrón 10) tiene una estructura tetraédrica, un punto de ebullición de 23 °C, en la Ciudad de México de 19 °C, es razonablemente estable y volátil, no reacciona en la tropósfera, se va a la estratósfera lo poco que se sale de los refrigeradores, de los propelentes de desodorantes, que se usaron muchísimo y muy pronto ya no se podrán usar, ya van a tener Br e H para que se degraden más rápido, pero se sigue buscando como refrigerar.

El freón-12 se va a la capa de la estratósfera y allí tenemos un protector muy grande para toda la radiación que viene del universo que es la capa de ozono. El profesor y doctor José Mario Molina Pasquel y Henríquez (1943-2020) (Centro Mario Molina, 2024, 18 de junio), egresado de la Facultad de Química de la UNAM y ganador del Premio Nobel en 1995 (Molina, 1995) por estudiar este tipo de química junto con su equipo de trabajo descubrieron la destrucción de la capa de ozono por los clorofluorocarbonos (Molina y Rowland, 1974; NASA, 2001).

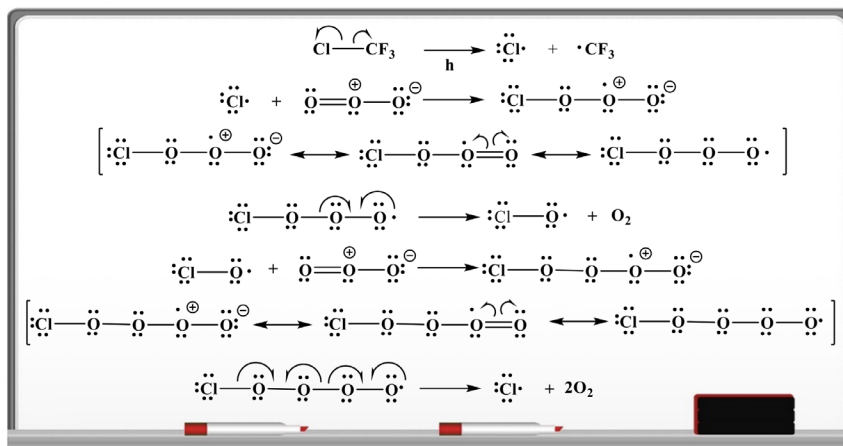
*En lo personal he llegado a un mecanismo mucho más directo y más corto del que está reportado en el Nature (1974), pero yo no he hecho nada de experimentación, es puro "feeling". Alguna vez le entregue al Dr. Mario Molina mi propuesta de ese mecanismo, me dijo que lo iba a analizar, pero sé que es un hombre muy ocupado y pues nunca me contestó.*

Los químicos orgánicos estamos en deuda con dos grandes inventores, ya que nosotros no ideamos el puntito para el electrón ni la raya para un enlace sencillo, eso lo hicieron dos telegrafistas: Samuel Finley Breese Morse (1791-1872) (Morse, 2014) y Alfred Lewis Vail (1807-1859) (Pope, 1888). Ellos desarrollaron el sistema de comunicación por telégrafo y crearon la clave Morse, que es una bronca aprendérsela de memoria, e inventaron el punto y la raya. El punto es un toque corto en un aparato transmisor y la raya es toque un poco más largo. En el código Morse el punto se le asignó a la letra "e" ya que es la vocal más frecuente en el idioma inglés, y la raya a la consonante "t" por la misma razón.

En realidad, la descripción del enlace covalente en términos de pares de electrones compartidos se lo debemos a Gilbert Newton Lewis (1875-1946) (Lewis, 1916) y los mecanismos de reacción a Christopher Kelk Ingold (1893-1970) (Ingold, 1934) y a Robert Robinson (1886-1975) (Kermack y Robinson, 1922).

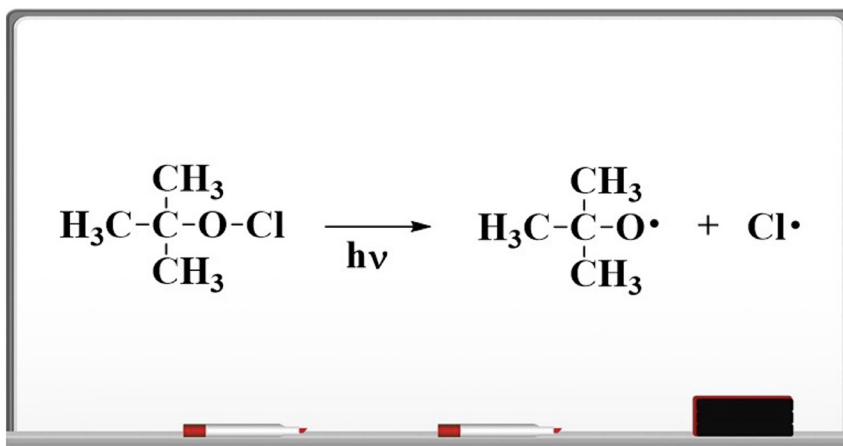
El mecanismo propuesto es el siguiente (Pizarrón 11). Se sabe que cuando el freón sube a la estratósfera y por la radiación que llega se rompe homolíticamente la unión C-Cl para formar radicales ya que este es el enlace con menor energía, se forma el radical Cl•. El radical Cl• en presencia de O<sub>3</sub> reaccionan para formar el radical ClO<sub>3</sub>• que se descompone en O<sub>2</sub> y el radical ClO•, este último reacciona con más O<sub>3</sub> para formar el radical tetraoxocloro, ClO<sub>4</sub>•, que finalmente se fragmenta en dos moléculas de oxígeno y genera nuevamente el radical Cl•, y empieza la reacción en cadena. Se sabe que un cloro destruye millones de moléculas de ozono.

**PIZARRÓN 11.** Propuesta mecanística para la reacción entre el freón-12 con el ozono.



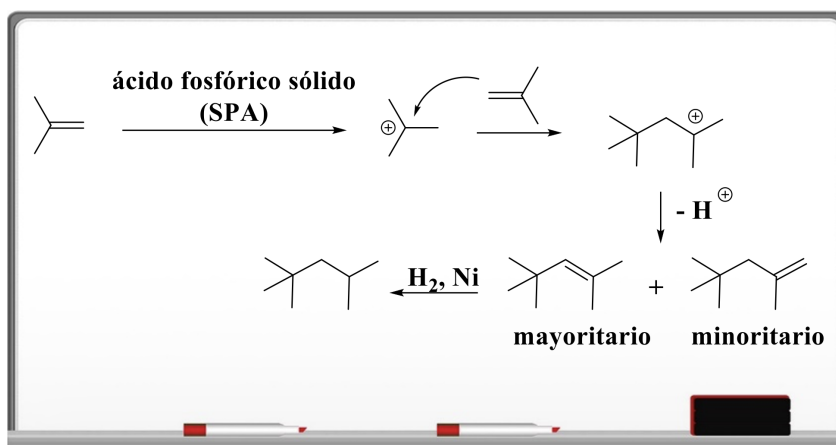
*La verdad, una vez casi me meten al bote porque pensaban que había fumado algo ilegal. Cuando el ozono era un villano en la Ciudad de México pensé en por qué no tirar con avioneta o con un helicóptero unas cuantas moléculas de hipoclorito de terc-butilo, comercial y razonablemente barato, aquí en el Valle de México ya que este con la luz solar debería fragmentarse y generar el radical cloro más el radical terc-butóxido (Pizarrón 12), el radical cloro, Cl•, serviría para destruir las moléculas de ozono que se encuentran en el Valle de México, se me quedaron viendo y pensaron, otra vez este cuate le metió de la racémica.*

**PIZARRÓN 12.** Propuesta para destruir el ozono que se encuentra en la tropósfera.



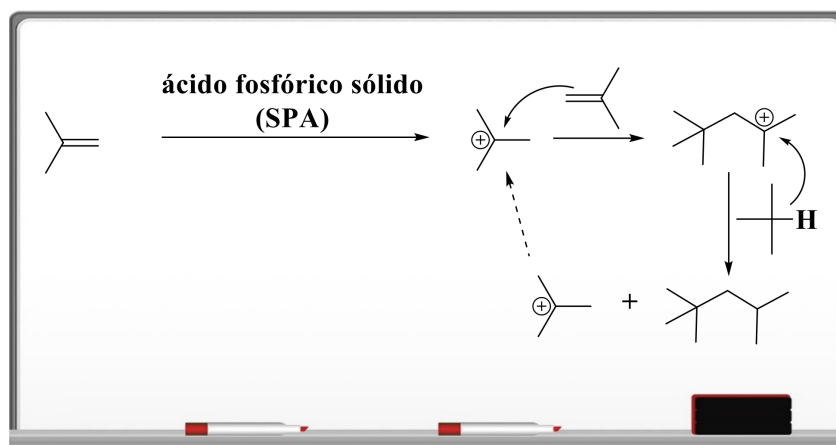
## Gasolina

Un hombre que se ha olvidado se llamaba Vladimir Nikolayevich Ipatieff (1867-1952) (Grosse, 1937), un químico ruso que emigró a los Estados Unidos de América. Ipatieff descubrió que el isobuteno al hacerlo reaccionar con ácido fosfórico sólido, conocido como el catalizador SPA (por sus siglas en inglés) y elaborado mediante el tratamiento de sílice con ácido fosfórico, se protona para dar el carbocatión terciario que es atacado por otra molécula de isobuteno y el producto pierde un protón para dar una mezcla de alquenos, los cuales se hidrogenan y se obtiene el isooctano, que en una escala hecha por el hombre se le dio el índice de octano de 100 (Pizarrón 13) (Ipatieff y Komarewsky, 1937).



PIZARRÓN 13. Obtención del isooctano.

Ipatieff vio que el estar hidrogenando la mezcla de alquenos que se forma no es nada sencillo, es otro proceso que necesita de otra planta. Entonces ideó otro método en el cual agregarle algo que done un hidruro en el seno de reacción al carbocatión que se forma y que forme otro carbocatión terciario. Se le ocurrió meter la carga de reacción con isobuteno e isobutano, este último transfiere un hidruro al carbocatión generando un nuevo carbocatión *terc*-butilo que reinicia el ciclo de reacción (Pizarrón 14) (Ipatieff y Grosse, 1935).

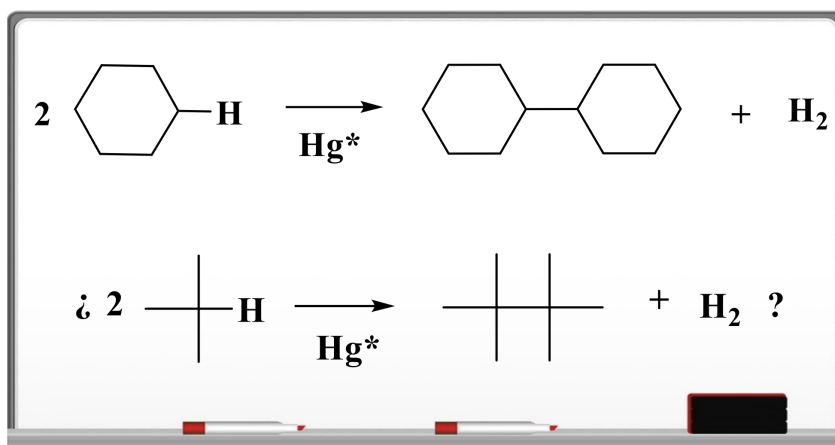


PIZARRÓN 14. Método mejorado para la obtención del isooctano.

Jóvenes, ¿cuántas clases de petróleo crudo conocen? Tres: olmeca, maya e itsmo; pero es muy común que nuestros estudiantes no sepan que hay tres tipos de petróleo crudo que es un recurso natural gigantesco. Hasta donde yo sé, ninguno de los petróleos crudos que hay en el mundo contiene 2,2,4-trimetilpentano que es el constituyente

principal de la gasolina sintética. Además, no está en ningún libro de texto de química orgánica, en el capítulo de alquenos, el nombre del que descubrió esta reacción, es una ingratitud, pero así es la vida.

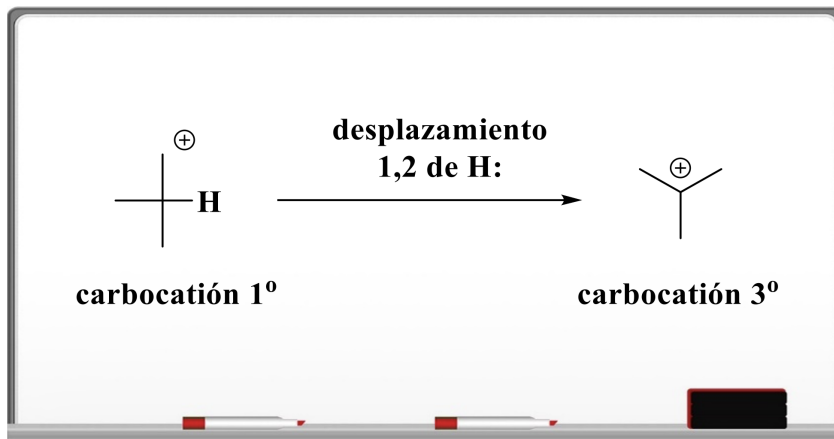
En cuanto a la desaparición de los combustibles provenientes de los alcanos, se ha reportado la siguiente la siguiente reacción (Pizarrón 15). Dos equivalentes de ciclohexano en fase vapor reaccionan en presencia de mercurio activado, de manera prácticamente cuantitativa, y se obtiene el dímero [1,1'-bi(ciclohexano)] más gas hidrógeno, y esta reacción se hizo con varios ejemplos. Pero ahora solo hay que encontrar un catalizador que no sea tan tóxico como el mercurio. Esta transformación va a través de un mecanismo vía radicales (Brown y Crabtree, 1989a y 1989b).



**PIZARRÓN 15.**  
Deshidrodimerización de alcanos fotocatalizada con mercurio y propuesta de obtención de un isómero del octano.

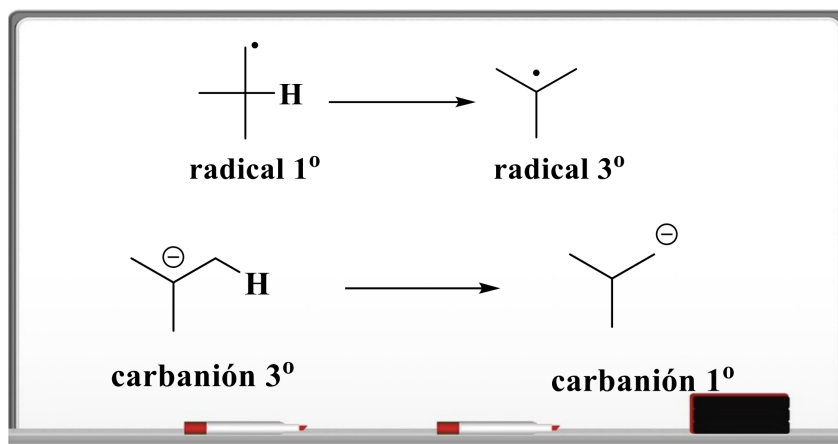
Entonces en principio si se hace con el isobutano daría un isómero del octano ramificado, el 2,2,3,3-tetrametilbutano, que debe de tener un índice de octano mucho mejor que el actual (Pizarrón 15).

Hay un misterio para mí y no he encontrado una respuesta químicamente lógica. Sabemos que si se tiene un carbocatión primario y hay la posibilidad de que ocurra un reordenamiento de Wagner-Meerwein esta ocurrirá si se forma un carbocatión más estable, en este ejemplo, un carbocatión terciario (Pizarrón 16) (Wagner, 1899; Wagner y Brickner, 1899; Meerwein, 1914; Hanson, 1991).



**PIZARRÓN 16.** Ejemplo de reordenamiento de un carbocatión.

*Pero ¿por qué no sucede esto con radicales y carbaniones? Se los dejo de tarea a los colegas que hacen química computacional. En realidad, y aunque no son muy comunes, ya se han reportado este tipo de reordenamientos (Pizarrón 17) (Coldhama, 1995).*

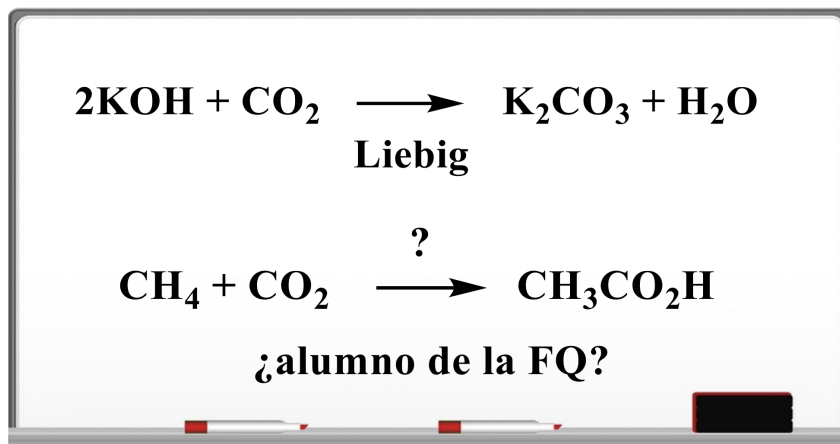


**PIZARRÓN 17.** Ejemplos de reordenamientos de un radical y de un carbanión.

### ***Captura de CO<sub>2</sub>***

La captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> es una forma de reducir las emisiones de bióxido de carbono que podría ser clave para ayudar a abordar el problema del calentamiento global. El profesor Justus von Liebig (1803-1873) inventó un método para determinar el contenido de carbono, hidrógeno y oxígeno, con su kaliapparat absorbía el CO<sub>2</sub> que viene de la combustión de un compuesto orgánico en una disolución de KOH para dar el carbonato de potasio (Liebig, 1831; Usselman, 2003), y esta sigue siendo la forma más eficiente de atrapar el bióxido de carbono (Pizarrón 18).

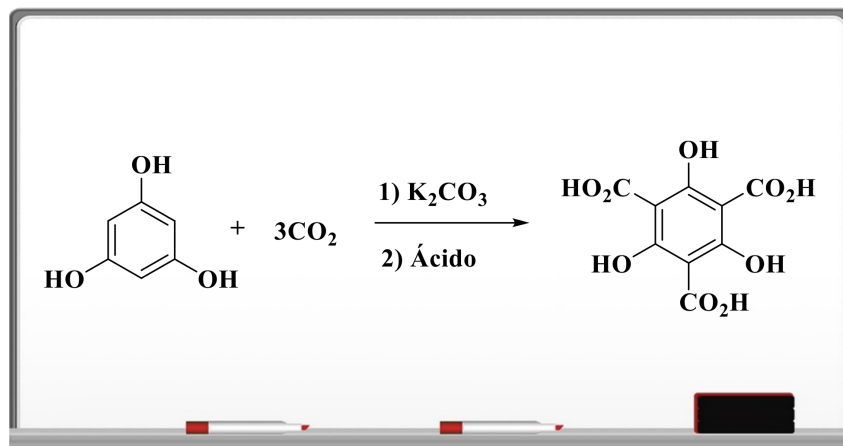
*La ilusión mía es que alguno de mis estudiantes descubra la siguiente reacción y que dé buenos rendimientos. Dos de los villanos de la atmósfera son el CH<sub>4</sub> y el CO<sub>2</sub>, y además sería una reacción que cumple con los 12 principios de la química verde. La idea es atrapar metano con bióxido de carbono para dar ácido acético, aunque después veríamos que hacemos con tanto vinagre. Este proceso ya fue reportado en el 2021 pero todavía faltan cosas que mejorar (Tu et al, 2021).*



**PIZARRÓN 18.** Método de Liebig y método propuesto para la captura de CO<sub>2</sub>.

Una forma de atrapar el  $\text{CO}_2$  es por medio de la reacción de Kolbe-Schmitt al hacerlo reaccionar con fenol para obtener el ácido salicílico (Kolbe, 1860; Schmitt, 1885; Lindsey y Jeskey, 1957).

*Qué pasaría si al floroglucinol, producto que viene como subproducto del proceso Kraft para obtener papel, le ponemos tres equivalentes de  $\text{CO}_2$  en catálisis básica, ¿se tendría el triácido trifenólico? (Pizarrón 19) Esto permitiría atrapar bióxido de carbono y es una reacción muy interesante, pero no sé si ya está reportada.*

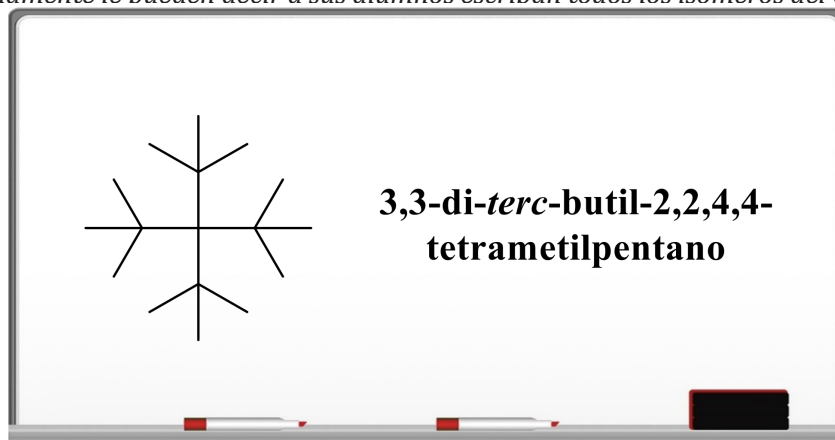


**PIZARRÓN 19.** Método propuesto para la captura de  $\text{CO}_2$ .

### ¿Compuestos imposibles de sintetizar?

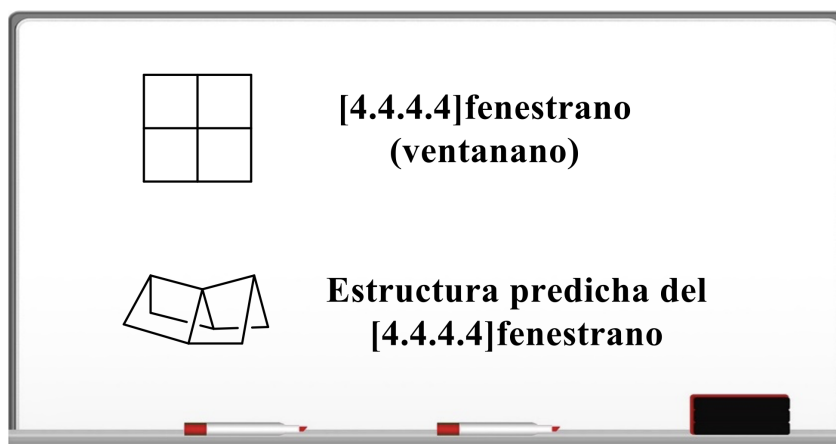
El artículo de Davies y Freyd trata sobre alcanos imposibles de sintetizar (Davies y Freyd, 1989). En este mismo artículo vienen cosas como la siguiente: si se tiene el  $\text{C}_{167}\text{H}_{336}$ , los isómeros estructurales de este alcano son una cantidad gigantesca ( $> 10^{80}$ ) que si se quisiera hacer un gramo de cada uno de ellos no alcanzan todos los átomos de carbono que hay en el universo.

*El siguiente es un ejemplo de un compuesto que nunca se ha podido sintetizar; porque excepto aquí en el Bosque de Sherwood, donde en algunos viernes se puede comprobar que dos cuerpos si pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo; me refiero al isómero del  $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ , el 3,3-di-terc-butil-2,2,4,4-tetrametilpentano (Pizarrón 20). Queda claro que existen graves problemas para formar las moléculas cuasi esféricas obtenidas por reemplazo sucesivo por terc-butilo de todos los hidrógenos en la molécula del metano. Si algún día tienen que dar una clase de química orgánica y no prepararon la clase, tranquilamente le pueden decir a sus alumnos escriban todos los isómeros del  $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$ .*



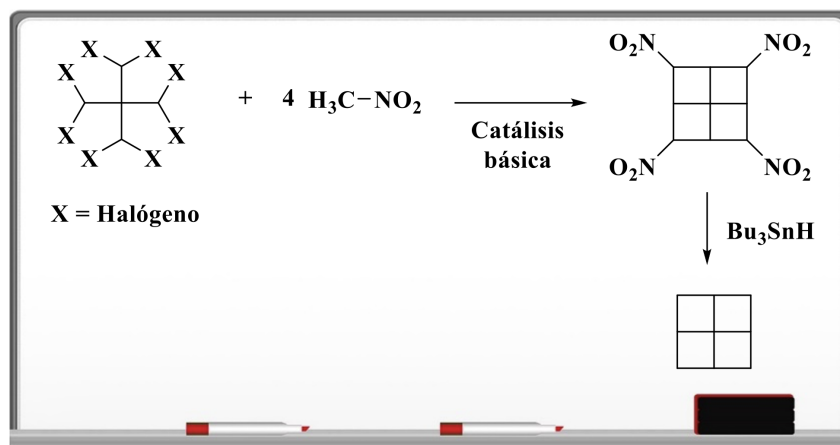
**PIZARRÓN 20.** ¿Ejemplo de un alcano imposible de sintetizar?

La hibridación ha jugado en papel fundamental en nuestras vidas enseñando química orgánica, pero hay cosas que todavía no se pueden explicar. Hay una estructura de un compuesto orgánico que se le llamó fenestrano, porque fenestra en latín es ventana, que en español sería ventanano. Se ha tratado de sintetizar, pero en realidad solo han podido obtener otros compuestos de la familia del fenestrano. Si la estructura fuera plana, el átomo de carbono central no puede tener una hibridación  $sp^3$  a pesar de que tiene cuatro enlaces sencillos, tendría que ser un átomo plano con ángulos de enlace de  $90^\circ$ , pero los químicos teóricos han predicho su estructura (Pizarrón 21) (Boudhar et al, 2013).



**PIZARRÓN 21.**  
Representación  
estructural plana y  
predicha del ventanano.

*Una idea que se me ocurrió, y alguna vez le comenté al Prof. Luis Ángel Maldonado Graniel (1942-), es la posibilidad para hacer un derivado nitrado del [4.4.4]fenestrano, y si el producto no explota, los grupos nitro se pudieran reducir al alcano correspondiente con el hidruro de tributilestaño (Pizarrón 22). Si se llegará a intentar hay que tener en cuenta los factores de riesgo y consejos de prudencia ya que los efectos tóxicos de los derivados butilados y fenilados de estaño son muy graves.*



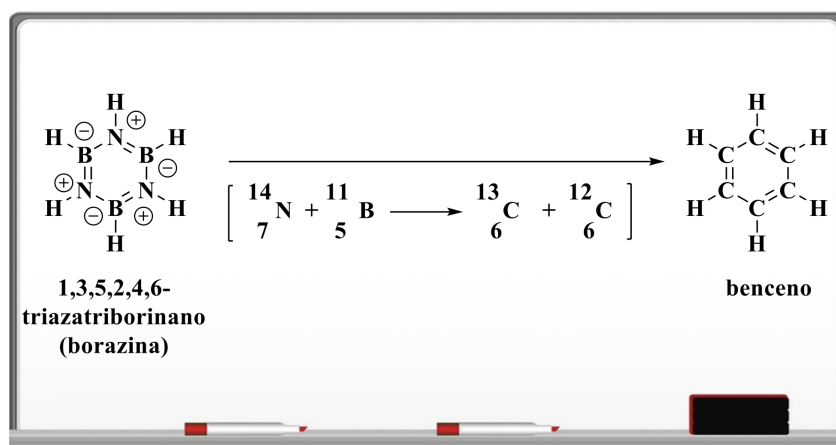
**PIZARRÓN 22.** Método  
propuesto para la  
obtención del ventanano.

Hace algunos años hubo una conferencia muy famosa, de un físico muy famoso que ganó el famoso Premio Nobel en 1965, Richard Phillips Feynman (1918-1988) (Feynman, 2016). Él describió, entre otras cosas y esto modificará completamente la enseñanza de

la síntesis orgánica, un proceso que permitiría manipular átomos y moléculas de forma individual, a través de instrumentos de gran precisión, pudiendo diseñar y construir sistemas en el ámbito de la nanoescala átomo a átomo, advirtiéndose que las propiedades de estos sistemas nanométricos serían distintas a las presentes en la macroescala, o escala real (Feynman, 1992).

*Obviamente iremos con todos nuestros libros de Química Orgánica en peregrinación a la Villa a pedir trabajo pues ya no se va a necesitar enseñar la química orgánica.*

Con base a la teoría de Feynman, podría ser que algún día los químicos sean capaces de obtener benceno de la siguiente manera (Pizarrón 23). Congelarán a la borazina y como ya se contará con la tecnología para pasar un neutrón y un protón de los átomos de nitrógeno a los átomos de boro, el resultado de eso sería que se obtendría benceno. Al revés de como se hizo el Universo, recordar que en el universo son los puros núcleos los que reaccionan para formar los átomos.



**PIZARRÓN 23.** Propuesta de obtención del benceno a partir de la borazina.

### Comentario final

En este manuscrito se resumen algunas de las anécdotas, historias e ideas que se le han ocurrido al Prof. José Manuel Méndez Stivalet durante el transcurso de su vida como docente. La forma en cómo comenta las anécdotas es parte de su personalidad; la historia siempre ha sido muy importante para él y la involucra siempre que puede; y las ideas que se le han ocurrido, algunas ya fueron hechas por sus alumnos o algunos colegas científicos, pero hay otras más por realizar.

Si quieren ver en acción al Prof. José Manuel Méndez Stivalet, él fue invitado a dar una charla en el Ciclo de Conferencias “La ciencia más allá del aula” en la Facultad de Química, UNAM en el 2018, de la cual quedó un registro en video (Méndez Stivalet, 2018).

### Agradecimientos

JMMS agradece a todos sus maestros que ha tenido a lo largo de su vida; a todos sus compañeros de la Facultad de Química, especialmente a los del Departamento de Química Orgánica; a todos sus exalumnos; y a todos sus compañeros de otros departamentos. HGO agradece a José Manuel Méndez Stivalet por toda la enseñanza y buenos ratos. JPC.

## Referencias

- Aguilar-Garduño, R. M., González-Vergara, E., y Pérez-Benítez, A. (2012). Precisiones al artículo: "Conceptos básicos y mecanismos de reacción en la Química Orgánica". *Educación Química*, 23(3), 331–337. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30117-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30117-9)
- Boudhar, A., Charpenay, M., Blond, G., y Suffert, J. (2013). Fenestranes in synthesis: Unique and highly inspiring scaffolds. *Angewandte Chemie International Edition*, 52(49), 12786–12798. <https://doi.org/10.1002/anie.201304555>
- Brown, S. H., y Crabtree, R. H. (1989a). Making mercury-photosensitized dehydrodimerization into an organic synthetic method: Vapor-pressure selectivity and the behavior of functionalized substrates. *Journal of the American Chemical Society*, 111(8), 2935–2946. <https://doi.org/10.1021/ja00190a031>
- Brown, S. H., y Crabtree, R. H. (1989b). Alkane functionalization on a preparative scale by mercury-photosensitized cross-dehydrodimerization. *Journal of the American Chemical Society*, 111(8), 2946–2953. <https://doi.org/10.1021/ja00190a032>
- Casabona, D., y Cativiela, C. (2006). Efficient synthesis of a new pipercolic acid analogue with a bicyclic structure. *Tetrahedron*, 62(42), 10000–10004. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2006.08.006>
- Caspi, E., Wicha, J., Arunachalam, T., Nelson, P., y Spiteller, G. J. (1984). Estrogen biosynthesis: Concerning the obligatory intermediacy of 2 $\beta$ -hydroxy-10 $\beta$ -formyl androst-4-ene-3,17-dione. *Journal of the American Chemical Society*, 106(23), 7282–7283. <https://doi.org/10.1021/ja00335a090>
- Centro Mario Molina. (2024, 18 de junio). Dr. Mario Molina, semblanza. <https://centromariomolina.org/mario-molina/biografia/>
- Chanteau, S. H., y Tour, J. M. (2003). Synthesis of anthropomorphic molecules: The NanoPutians. *Journal of Organic Chemistry*, 68(23), 8750–8766. <https://doi.org/10.1021/jo0349227>
- Coldham, I. (1995). 1.09 - One or more CH and/or CC bond(s) formed by rearrangement. En Katritzky, A. R., Meth-Cohn, O., & Rees, C. W. (Eds.), *Comprehensive Organic Functional Group Transformations* (pp. 377–423). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B008-0446558-00009-X>
- Davies, R. E., y Freyd, P. J. (1989). C<sub>167</sub>H<sub>336</sub> is the smallest alkane with more realizable isomers than the observed universe has "particles". *Journal of Chemical Education*, 66(4), 278–281. <https://doi.org/10.1021/ed066p278>
- Deroo, B. J., y Korach, K. S. (2006). Estrogen receptors and human disease. *Journal of Clinical Investigation*, 116(3), 561–570. <https://doi.org/10.1172/JCI27987>
- Favre, H. A., y Powell, W. H. (2014). *IUPAC Blue Book*. RSC Publishing.
- Feynman, R. P. (1992). Lecture at the annual American Physical Society meeting at Caltech on 1959: There's plenty of room at the bottom. *Journal of Microelectromechanical Systems*, 1(1), 60–66. <https://doi.org/10.1109/84.128057>

- Feynman, R. P. (2016). *¿Está usted de broma, Sr. Feynman?* Alianza Editorial.
- Grob, C. A., y Baumann, W. (1955). Die 1,4-eliminierung unter fragmentierung. *Helvetica Chimica Acta*, 38(3), 557-848. <https://doi.org/10.1002/hlca.19550380306>
- Grosse, A. V. (1937). Vladimir Ipatieff. *Journal of Chemical Education*, 14(12), 553. <https://doi.org/10.1021/ed014p553>
- Haber, F., y van Oordt, G. (1905). Über Bildung von Ammoniak aus den Elementen. *Zeitschrift für anorganische Chemie*, 44(1), 341-378. <https://doi.org/10.1002/zaac.19050440122>
- Hanson, J. R. (1991). 3.1 - Wagner-Meerwein rearrangements. En B. M. Trost & I. Fleming (Eds.), *Comprehensive Organic Synthesis* (pp. 705-719). Pergamon. <https://doi.org/10.1016/B978-008052349-1.00077-9>
- Ingold, C. K. (1934). Principles of an electronic theory of organic reactions. *Chemical Reviews*, 15(2), 225-274. <https://doi.org/10.1021/cr60051a003>
- Ipatieff, V. N., y Grosse, A. V. (1935). Reaction of paraffins with olefins. *Journal of the American Chemical Society*, 57(9), 1616-1621. <https://doi.org/10.1021/ja01312a034>
- Ipatieff, V. N., y Komarewsky, V. I. (1937). Isooctane production by simultaneous polymerization and hydrogenation. *Industrial & Engineering Chemistry*, 29(8), 958. <https://doi.org/10.1021/ie50332a028>
- Juaristi, E. (2007). *Introducción a la estereoquímica y al análisis conformacional*. El Colegio Nacional.
- Kermack, W. O., y Robinson, R. (1922). An explanation of the property of induced polarity of atoms and an interpretation of the theory of partial valencies on an electronic basis. *Journal of the Chemical Society, Transactions*, 121, 427-440. <https://doi.org/10.1039/CT9222100427>
- Kolbe, H. (1860). Ueber Synthese der Salicylsäure. *Liebigs Annalen der Chemie*, 113(1), 125-127. <https://doi.org/10.1002/jlac.18601130120>
- Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. *Journal of the American Chemical Society*, 38(4), 762-785. <https://doi.org/10.1021/ja02261a002>
- Li, J. J. (2002). *Name Reactions*. Springer.
- Liebig, J. (1831). Ueber einen neuen Apparat zur Analyse organischer Körper, und über die Zusammensetzung einiger organischen Substanzen. *Annalen der Physik und Chemie*, 97(1), 1-43. <https://doi.org/10.1002/andp.18310970102>
- Lindsey, A. S., y Jeskey, H. (1957). The Kolbe-Schmitt reaction. *Chemical Reviews*, 57(4), 583-620. <https://doi.org/10.1021/cr50016a001>
- López, I., Ordaz, A., y Kerbel, C. (2012). Conceptos básicos y mecanismos de reacción en la Química Orgánica. *Educación Química*, 23(2), 205-207. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30110-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30110-6)
- Meerwein, H. (1914). Über den Reaktionsmechanismus der Umwandlung von Borneol in Camphen; [Dritte Mitteilung über Pinakolinumlagerungen]. *Justus Liebigs Annalen der Chemie*, 405(2), 129-175. <https://doi.org/10.1002/jlac.19144050202>

- Méndez Stivalet, J. M. (1990). Los clorofluorocarbonos. *Educación Química*, 1(1), 42. <https://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/67035>
- Méndez Stivalet, J. M. (2024, 18 de junio). Érase una vez un pizarrón. *Webcast de La ciencia más allá del aula*. Mayo 3, 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=zXkU4cjXQvc&t=15s>
- Merrheim, J., Villegas, J., van Wassenhove, J., Khansa, R., Berrih-Aknin, S., Le Panse, R., y Dragin, N. (2020). Estrogen, estrogen-like molecules and autoimmune diseases. *Autoimmunity Reviews*, 19(3), 102468. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2020.102468>
- Midgley Jr., T., y Henne, A. L. (1930). Organic fluorides as refrigerants. *Industrial & Engineering Chemistry*, 22(5), 542-545. <https://doi.org/10.1021/ie50245a031>
- Molina, M. (1995). Polar ozone depletion. *Nobel Lecture*. <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/molina-lecture.pdf>
- Molina, M. J., y Rowland, F. S. (1974). Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: Chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature*, 249(5460), 810-812. <https://doi.org/10.1038/249810a0>
- Morse, S. F. B. (2014). *Samuel F. B. Morse: His letters and journals: 2* (E. L. Morse, Ed.). Cambridge University Press.
- NASA Facts. (2001). Ozono. *The Earth Science Enterprise Series*. <https://cloud1.arc.nasa.gov/solveII/outreach/spanishlink2.pdf>
- Pope, F. L. (1888). The American inventors of the telegraph. With special references to the services of Alfred Vail. Section 21. *The Century Magazine*, 35(6), 924-943. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015010965443&seq=938>
- Schmitt, R. (1885). Beitrag zur Kenntniss der Kolbe'schen Salicylsäure Synthese. *Journal für Praktische Chemie*, 31(1), 397-411. <https://doi.org/10.1002/prac.18850310130>
- Seeman, J. I. (2012). Gilbert Stork: In his own words and in the musings of his friends. *Angewandte Chemie International Edition*, 51(12), 3012-3023. <https://doi.org/10.1002/anie.201200033>
- Sen, K., y Hackett, J. C. (2012). Coupled electron transfer and proton hopping in the final step of CYP19-catalyzed androgen aromatization. *Biochemistry*, 51(14), 3039-3049. <https://doi.org/10.1021/bi300017p>
- Stork, G., Brizzolara, A., Landesman, H., Szmuszkowicz, J., y Terrell, R. (1963). The enamine alkylation and acylation of carbonyl compounds. *Journal of the American Chemical Society*, 85(2), 207-222. <https://doi.org/10.1021/ja00885a021>
- Stork, G., Terrell, R., y Szmuszkowicz, J. (1954). A new synthesis of 2-alkyl and 2-acyl ketones. *Journal of the American Chemical Society*, 76(7), 2029-2030. <https://doi.org/10.1021/ja01636a103>
- Swarts, F. (1892). Note sur nouveau dérivé fluoré du carbone. *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique*, 24(7), 309-320. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/110935#page/3/mode/1up>

- Timmermans, J. (1961). Frederic Swarts (1866-1940). *Journal of Chemical Education*, 38(8), 423. <https://doi.org/10.1021/ed038p423>
- Tu, C., Nie, X., y Chen, J. G. (2021). Insight into acetic acid synthesis from the reaction of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>. *ACS Catalysis*, 11(6), 3384-3401. <https://doi.org/10.1021/acscatal.0c05492>
- Usselman, M. C. (2003). Liebig's alkaloid analyses: The uncertain route from elemental content to molecular formulae. *Ambix*, 50(1), 71-89. <https://doi.org/10.1179/amb.2003.50.1.71>
- Wagner, G. J. (1899). Russ. Phys. Chem. Soc. 31, 690-693. (Nota: la referencia original está publicada en ruso y es muy difícil de encontrar).
- Wagner, G., y Brickner, W. (1899). Ueber die Beziehung der Pinenhaloïdhydrate zu den Haloïdanhydriden des Borneols. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 32(2), 2302-2325. <https://doi.org/10.1002/cber.189903202168>
- Wentland, S. H. (1994). A new approach to teaching organic chemical mechanisms. *Journal of Chemical Education*, 71(1), 3-8. <https://doi.org/10.1021/ed071p3>
- Yoshimoto, F. K., y Guengerich, F. P. (2014). Mechanism of the third oxidative step in the conversion of androgens to estrogens by cytochrome P450 19A1 steroid aromatase. *Journal of the American Chemical Society*, 136(42), 15016-15025. <https://doi.org/10.1021/ja508185d>