

AC 05 68

Hola, buenas noches. Una noche más les damos la bienvenida al tiempo del curso de acceso del CAT. Esta noche en nuestro programa Química con la profesora María José Morcillo hablaremos de las características de la química orgánica.

Esta noche en Introducción a la Química nos acompaña la profesora María José Morcillo. Buenas noches. Hola, buenas noches.

En este programa vamos a dar unas breves nociones del comportamiento químico de los compuestos orgánicos, así como de las características generales de la llamada química orgánica, ¿es así? Sí, así es. Como ya sabemos, las propiedades y transformaciones fisico-químicas de los compuestos orgánicos están regidas, como es lógico, por las mismas leyes generales de la química que gobiernan el comportamiento de los compuestos inorgánicos. No obstante, la materia orgánica presenta algunas características peculiares, lo que, unido al elevado número de compuestos orgánicos conocidos, hace que sea bastante conveniente realizar su estudio por separado, siendo este el objeto de la química orgánica, que constituye en la actualidad, yo diría que la parte más extensa de la química.

Por otra parte, desde un punto de vista práctico, la importancia de los productos orgánicos es esencial en casi todas las facetas de la vida actual. Basta mencionar algunos de los campos de la química orgánica, como por ejemplo los plásticos, los colorantes, productos farmacéuticos, explosivos, industrias de papel, tejidos, alimentos, etc. Para darse cuenta hasta qué punto los compuestos orgánicos forman parte de la vida misma del hombre actual.

Yo diría que sería muy difícil comprender la sociedad de nuestros días sin la presencia de la química orgánica. ¿Cómo se ha producido la división entre química orgánica y química inorgánica? Los químicos del siglo XVIII establecieron una distinción neta entre los compuestos que forman las rocas y los suelos, que llamaron compuestos inorgánicos, y los que constituyen la mayor parte de los seres vivos, animales o vegetales, y a los que el gran químico sueco Berzelius designó por primera vez en 1807 con el nombre de compuestos orgánicos. Estos compuestos orgánicos sólo se podían obtener entonces a partir de seres vivos, existiendo la creencia general de que para su elaboración era necesario el concurso de una fuerza vital asociada con el proceso de la vida, por lo que sería imposible sintetizar compuestos orgánicos en los laboratorios.

¿Y cómo se pueden diferenciar o distinguir los compuestos orgánicos de los inorgánicos? Muchos productos orgánicos eran bien conocidos y muy empleados en la antigüedad. Desde los comienzos de la historia se sabe que los hombres utilizaban azúcar, hacían fermentar los zumos de frutas para obtener bebidas alcohólicas, fabricaban vinagre a partir del vino y teñían sus vestidos con colorantes extraídos de ciertas plantas y de algunos animales, pero sólo a finales del siglo XVIII se consiguen aislar algunos compuestos orgánicos con un cierto grado de pureza, como por ejemplo el ácido cítrico del limón, el ácido málico de las manzanas, el ácido

láctico de la leche, la glicerina de las grasas, etc. Más tarde el famoso químico francés Lavoisier estudia la composición de estos productos con sus métodos analíticos, llegando a la conclusión de que los compuestos orgánicos están formados por muy pocos elementos, pero en relaciones ponderales muy variadas y complejas, existiendo siempre presente el elemento carbono.

Supongo que la idea de la necesidad de una fuerza vital para obtener compuestos orgánicos estará ya completamente abandonada, puesto que me parece que la mayor parte de las sustancias orgánicas se obtienen sintéticamente en los laboratorios. Así es en efecto en la actualidad, pero en el siglo XVIII y casi comienzos del XIX se consideraba la vida como un fenómeno especial, que no tenía por qué obedecer a las leyes físico-químicas que gobiernan a los objetos inanimados. Esta creencia de profundas raíces filosóficas forma parte de la doctrina llamada vitalismo.

Según ella, era necesario el concurso de la fuerza vital para producir los compuestos orgánicos. El dogma de la fuerza vital comenzó a declinar a medida que la aportación creciente de datos analíticos evidenció que las leyes químicas usuales también eran válidas para las sustancias orgánicas. El mismo Berzelius, creyente en la fuerza vital, reconoció hacia mediados de 1814, como resultado de sus propios análisis, que los compuestos orgánicos obedecían a la ley de las proporciones definidas.

Pero el mayor golpe dado a la teoría de la fuerza vital se produjo en el año 1828, cuando el químico alemán Waller descubrió que en la evaporación de una disolución acuosa de la sal inorgánica cianatoamónico se obtenía una urea idéntica a la natural, contenida en la orina del hombre y de los animales, y considerada por lo tanto como un compuesto típicamente orgánico. Finalmente, las posiciones vitalistas fueron totalmente barridas por los trabajos primero de Colvé, discípulo de Golle, que en 1845 sintetizó ácido acético, y sobre todo por los del gran químico francés Pierre Bertelot, que sintetizó una serie de compuestos orgánicos como el metano, acetileno, benceno, alcohol etílico, etc., recogiendo sus experiencias en el famoso libro Química orgánica basada en la síntesis, que se publicó en 1860. A partir de estas fechas, 1850-1860, se abandonó por completo el principio de la fuerza vital y se aceptó generalmente que los compuestos orgánicos producidos por animales y vegetales podían también sintetizarse en el laboratorio.

De esta forma veo que desaparece la diferencia entre compuestos orgánicos e inorgánicos. Sin embargo, todavía existen dentro de la química dos campos o partes bien diferenciadas, la química orgánica y la química inorgánica. ¿Por qué es esto así? Bien, como ya he indicado, pero un poco de pasada, al principio de esta charla, esto se debe únicamente a razones de conveniencia y de tipo más bien pedagógico, que hacen aconsejable estudiar por separado estos dos grandes bloques de compuestos inorgánicos y los orgánicos.

Aunque entre ellos no existe una diferencia fundamental, sí que hay más analogías entre el comportamiento físico químico de los compuestos que pertenecen a uno y otro grupo,

confirmada por la experiencia de muchos años. Así, a finales del siglo XIX, los químicos habían adquirido ya un gran dominio experimental de las reacciones orgánicas, hasta tal punto que fueron capaces de sintetizar en el laboratorio numerosos compuestos que no podían obtenerse de los seres vivos, pero que por su constitución y propiedades eran análogos a los compuestos propiamente orgánicos, y venían así a ampliar el campo de la química orgánica. En estos nuevos compuestos orgánicos obtenidos en el laboratorio estaba también siempre presente el elemento carbono.

Así pues, la característica común más obvia de todas las sustancias orgánicas, tanto las aisladas de seres vivos como las sintetizadas en el laboratorio, es el ser combinaciones del elemento carbono. La química orgánica se transformó así, en la práctica, en la química de los compuestos de carbono, que es el sentido más amplio que se conserva en la actualidad. Sin embargo, esta definición no es del todo precisa, puesto que ciertos compuestos sencillos del carbono, como son los óxidos, el CO y el CO₂, los carburos, cianuros, y en particular los carbonatos, muy abundantes en la corteza terrestre, se estudian por sus propiedades como compuestos inorgánicos, y algunos otros, como los cianatos e isocianatos, se encuadran indistintamente como compuestos orgánicos o inorgánicos.

Teniendo en cuenta estas excepciones, los compuestos orgánicos pueden definirse como las combinaciones del carbono. En la actualidad pasan de los 4 millones los compuestos orgánicos conocidos, y su ritmo de crecimiento es casi de unos 200.000 o más compuestos nuevos por año. Uno se queda asombrado de esta enormidad de compuestos de carbono, y no tiene más remedio que preguntar por qué es precisamente el carbono, y no cualquier otro de los 100 elementos de la tabla periódica.

Mira, esto se puede explicar fijándonos en el aspecto energético, que es el que rige casi todos los fenómenos naturales. En la naturaleza se producen siempre los procesos energéticamente más favorables. El elemento carbono, situado en el grupo cuarto del sistema periódico, tiene cuatro electrones externos o de valencia, con los que puede formar cuatro enlaces covalentes, dando lugar a estructuras que pueden ser lineales, planas o espaciales, con una gran complejidad.

Esto también lo pueden hacer otros elementos de su grupo, como el silicio, así como elementos de los grupos contiguos, el tercero o el quinto, como por ejemplo el boro o el nitrógeno. Pero la característica más peculiar del átomo de carbono, que le distingue de los demás elementos y que da cuenta de su papel único y responsable de la química orgánica, es su capacidad de formar enlaces bastante fuertes consigo mismo, esto es, enlaces carbono-carbono, cuya energía es parecida a la de los enlaces del carbono con otros átomos, como por ejemplo carbono-oxígeno. En cambio, los enlaces de silicio consigo mismo, es decir, silicio-silicio, son bastante débiles.

Su energía de enlace es aproximadamente la mitad que la de los enlaces carbono-carbono. Por lo tanto, no es posible que se formen cadenas estables de átomos de silicio. Una cosa parecida

ocurre con los enlaces nitrógeno-nitrógeno y boro-boro.

No obstante, al ser el enlace silicio-oxígeno muy fuerte, cabe la posibilidad de que se formen cadenas estables del tipo silicio-oxígeno-silicio-oxígeno, que son la espina dorsal de una gran variedad de silicatos constituyentes de la corteza terrestre, así como de las llamadas siliconas, compuestos sintéticos modernos muy variados y que tienen muchas aplicaciones prácticas, como por ejemplo, aceites multigrado para los motores de coches, tejidos y papeles impermeables, incombustibles, etc. La química del silicio es, por lo tanto, pues también muy extensa, pero muchísimo menos que la química del carbono o química orgánica, debido a la limitación del oxígeno de formar sólo dos enlaces, así como a la debilidad de los enlaces simples, dobles o triples entre átomos de silicio. Esta capacidad de los átomos de carbono de poder formar cuatro enlaces consigo mismo o con otros átomos intercalados dará una gran complejidad a los compuestos orgánicos, ¿verdad? Efectivamente, así es, y esto ha sido una de las mayores dificultades con las que han tropezado los químicos orgánicos.

Hacia la mitad del siglo XIX estaban suficientemente desarrollados tanto los métodos químicos analíticos para la determinación de los elementos y radicales presentes en un compuesto orgánico, análisis elemental y de grupos funcionales, como los métodos de síntesis para preparar un compuesto a partir de otros más sencillos. Pero había un aspecto de la química orgánica que resistía los esfuerzos de los químicos más brillantes. Era la estructura de los compuestos orgánicos, esto es, cómo estaban unidos sus átomos entre sí y cómo se disponían estos en el espacio.

Por ejemplo, se sabía que tanto el alcohol etílico o etanol como el dimetil éter tenían la misma fórmula empírica en C_2H_6O , oxígeno, pero son compuestos con propiedades muy distintas. Así, el alcohol etílico es un líquido a temperatura ordinaria que hierve a 78 grados centígrados, que en pequeñas dosis no es venenoso, como se sabe, forma parte de las bebidas llamadas alcohólicas. En cambio, el éter dimetílico es un gas a temperatura ordinaria que hierve a menos 24 grados centígrados y que por inhalación produce efectos anestésicos.

Las propiedades químicas de ambos son completamente diferentes. Teniendo en cuenta que estos dos compuestos contienen las mismas clases de átomos y el mismo número de cada uno de ellos, ¿cómo es posible que tengan propiedades tan distintas? La diferencia entre estos dos compuestos, así como entre otros muchos grupos de compuestos con la misma fórmula empírica molecular, estriba en la forma en la que están unidos entre sí los átomos, esto es, en la estructura de las moléculas. Estos compuestos distintos, pero con la misma fórmula molecular, se llaman isómeros y el fenómeno en general recibe nombre de isomería.

Por lo tanto, para poder identificar un compuesto orgánico, es necesario indicar los enlaces que existen entre todos los átomos que lo constituyen, utilizando para ello las llamadas fórmulas estructurales, que pueden ser principalmente de tres tipos. Las primeras fórmulas condensadas, que son las más sencillas y las que se utilizan siempre que con ellas quede bien clara la forma de enlazarse los átomos. Por ejemplo, para el alcohol etílico etanol, su fórmula

estructural condensada es el $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, mientras que para el éter dimetílico es CH_3OCH_3 .

Estas fórmulas nos indican claramente la diferencia entre ambos compuestos. El segundo tipo de fórmulas estructurales son las expandidas, que son fórmulas planas, pueden escribirse sin más en el papel o pizarra, pero en las que se representan todos los enlaces. Estas fórmulas son necesarias para poder distinguir los llamados isómeros geométricos, como por ejemplo los de tipo cis o trans.

Así, por ejemplo, el cis-indicloroetileno, que es CHCl , doble enlace CHCl , tiene los átomos de cloro hacia el mismo lado del doble enlace y funde a menos 80 grados centígrados y hierve a 60 grados centígrados, mientras que el trans- indicloroetileno, los átomos de cloro están a uno y otro lado del doble enlace, funde a menos 50 grados y hierve a 47 grados centígrados, teniendo además muchas otras propiedades ligeramente distintas. Por último, el tercer tipo de fórmulas estructurales son las llamadas tridimensionales, en las que, mediante unos convenios adecuados, aunque se representen en un plano, se da cuenta de las direcciones de los enlaces en el espacio. Este tipo de fórmulas es imprescindible para poder distinguir los llamados isómeros ópticos o quirales.

Un ejemplo típico de esto es el del ácido láctico o 2-hidroxipropanoico, que existe en dos formas, que tienen iguales todos sus enlaces, pero uno de los isómeros es la imagen especular del otro, no siendo superponibles entre sí. Ambos compuestos tienen idénticas casi todas sus propiedades físico-químicas, puntos de fusión y ebullición, solubilidad, etcétera. Únicamente tienen distinto comportamiento en algunas reacciones enzimáticas y, en particular, en el sentido del giro que producen al plano de polarización de un rayo de luz polarizada que los atraviese.

Un isómero produce un giro hacia la derecha, destrógiro, y el otro hacia la izquierda, levogiro, si bien el ángulo de giro es el del mismo valor absoluto en ambos casos. De ahí deriva el nombre de isómeros ópticos. Un ejemplo ordinario, análogo al de los isómeros ópticos, es el caso de las dos manos de una persona.

Una es la imagen especular de la otra, pero no son superponibles. Al hacer coincidir las palmas para que coincidan los dedos, los dorsos quedan en sentidos opuestos. Al poner frente a un espejo la mano derecha, pues vemos reflejada en el espejo la mano izquierda.

De aquí deriva el nombre de compuestos quirales o quiralidad para este tipo de isomería. Por todo lo que acabas de decir, me doy cuenta de que conocer la estructura molecular de un compuesto orgánico es una cuestión fundamental, ¿verdad? Sí, así es. En química orgánica es fundamental el conocimiento de la estructura molecular de los compuestos.

En química inorgánica, excepto en el caso de los complejos, cuando se conoce la fórmula empírica de una sustancia, puede escribirse casi siempre su fórmula estructural. Por ejemplo, sólo hay un compuesto con la fórmula Na_2SO_4 , que es el sulfato sódico. En cambio, se conocen 14 compuestos distintos que tienen la misma fórmula, C_5H_{12} , oxígeno.

Ahora bien, de estos 14 isómeros, 8 son alcoholes y los 6 restantes son éteres. Estos dos grupos de compuestos presentan entre sí propiedades muy distintas, pero que son análogas entre los miembros de cada grupo, debido a que contienen el mismo grupo funcional. Se entiende por grupo funcional un conjunto de átomos o grupo atómico inserto en la cadena hidrocarbonada de un compuesto orgánico y que, por sus características de reactividad, define el comportamiento químico de la molécula.

El concepto del grupo funcional es imprescindible para la clasificación de los compuestos orgánicos. Así, los alcoholes tienen el grupo funcional OH hidrosilo unido directamente a un carbono. En cambio, los éteres tienen el grupo funcional oxígeno unido a dos átomos de carbono.

¿Cómo se puede llegar a conocer esta estructura o el grupo funcional en un compuesto orgánico? La presencia de un grupo funcional en un compuesto orgánico puede determinarse con relativa sencillez por métodos químicos basados en ciertos tipos de reacciones típicas o bien por métodos físicos, principalmente espectroscópicos. Así, en el caso que nos ocupa, se puede distinguir fácilmente un alcohol de un éter. Asimismo, no es difícil distinguir entre un alcohol primario, secundario o terciario, nombre que se le da a los alcoholes según el tipo de átomo de carbono al que va unido el grupo funcional OH, esto es, según que este carbono vaya unido a su vez a uno, dos o tres átomos de carbono respectivamente.

Lo que sí resulta difícil es distinguir entre los distintos isómeros de un mismo tipo, en nuestro ejemplo, entre los cuatro alcoholes primarios posibles o bien entre los tres alcoholes secundarios. Para ello, es necesario realizar una serie de reacciones químicas más o menos ingeniosas o bien recurrir a métodos espectroscópicos como son los espectros infrarrojos, los de resonancia magnética nuclear, los espectros de masas, etc. En la actualidad, los métodos espectroscópicos utilizados de forma convergente y unidos a los datos químicos nos permiten determinar la estructura molécula, yo diría que de la mayoría de los compuestos orgánicos.

En el caso de macromoléculas muy complejas como son las proteínas o los ácidos nucleicos, es necesario además recurrir a la difracción de rayos X, mediante la cual y con un tratamiento matemático complicado de los datos que se realiza ya con un ordenador, es posible obtener una especie de fotografía tridimensional de los átomos que forman un cristal del compuesto estudiado y deducir así su estructura molecular. Bien María José, tenemos muy poco tiempo, pero aunque sea brevemente, ¿cuál es la importancia de la química orgánica? Bueno, la química es una parte, la química orgánica es una parte de la química muy importante por ser casi como he dicho al principio, yo creo que no casi, sino de hecho la más extensa y además desde un punto de vista práctico la mayoría de los productos orgánicos son esenciales en muchas facetas de la vida actual, por todo ello aunque sus estudios un poco pues complejo o más bien podríamos decir arisco en un principio, considero que el alumno debe entenderla y estudiarla en profundidad, aunque como casi siempre pues está incluida al final del temario en estos cursos de introducción a la química pues se apetece ya poco estudiarla y se estudia bastante por encima, pero vamos yo creo que es una parte muy importante y fundamental

para luego empezar cualquier carrera de ciencias. Pues muchas gracias y hasta el próximo programa.

Adiós, buenas noches. Les pedimos el curso de acceso y la programación de la UNED. Hasta mañana, muchas gracias y muy buenas noches.