

# ¿POR QUÉ NO ES PROBABLE UNA VIDA BASADA EN EL SILICIO?

Pedro Merino, Departamento de Química Orgánica, Universidad de Zaragoza, pmerino@unizar.es

Cualquier forma de vida conocida hasta la fecha está basada en la química del carbono; de ahí, incluso, que a dicha rama de la Química se la denomine Química Orgánica, por su relación con los organismos vivos. Sin embargo, aunque no se conoce ningún tipo de forma de vida extraterrestre (al menos cuya existencia haya sido probada a través de métodos científicos más allá de cualquier duda razonable), cabe preguntarnos si sería posible, en el espacio exterior, encontrar formas de vida basadas en otros elementos y compuestos químicos diferentes de aquéllos en los que se basa la existente en nuestro planeta.

¿Las primeras respuestas a esta cuestión las encontramos en relatos fantásticos, algunos de los cuales han llegado a mediados del siglo pasado al cine y la televisión<sup>1</sup>. En todos ellos se han propuesto formas de vida diferentes, intentando sustituir los elementos más comunes de la nuestra por otros análogos, basándose en sus propiedades químicas. Planetas alejados podrían contener lagos de amoníaco líquido que hiciera las funciones del agua en la Tierra o mares de sulfuro de hidrógeno (mal llamado ácido sulfhídrico) donde naciera una vida utilizando el azufre en lugar del oxígeno.

De todas estas formas de vida alternativas, propuestas por las mentes más imaginativas, intentando —justo es admitirlo— argüir razones científicas, la que más adeptos ha encontrado siempre es aquella en la que el átomo de carbono se reemplaza por el de silicio.

Puesto que se podría escribir mucho sobre las formas de vida alternativas, en este artículo me referiré única-

mente a ésta última e intentaré exponer las razones por las que resultaría altamente improbable una vida basada en el silicio.

Antes de que se me acuse de humano egocéntrico incapaz de admitir algo diferente de lo ya conocido y establecido y, por ende, de científico de mente estrecha, debo puntualizar una idea básica, bien admitida y demostrada, sobre la que basaré mis argumentaciones. Ésta no es otra sino que en todo el Universo, por grande que éste sea, rigen las mismas leyes de la Física y, por extensión, de la Química. Esto es, que aunque nuestro todavía desconocido extraterrestre los llame por otro nombre, los

**Cabe preguntarnos si sería posible, en el espacio exterior, encontrar formas de vida basadas en otros elementos y compuestos químicos diferentes de aquéllos en los que se basa la existente en nuestro planeta.**

elementos químicos que puedan conformar la materia conocida serán los mismos: estarán formados por las mismas partículas subatómicas y se regirán por los mismos principios que conocemos en la Tierra.

No olvidemos que los seres vivos contienen en su mayor parte agua, es decir, átomos de hidrógeno y de oxígeno. Sin embargo, para que la vida exista en la Tierra es necesaria la presencia de compuestos de carbono. El carbono puede combinarse con el hidrógeno para formar compuestos tan sencillos como el metano (CH<sub>4</sub>) y otros con un gran número de átomos como el *nonacontatrictano* (C<sub>390</sub>H<sub>782</sub>). Compuestos con estructuras más complejas ya sea en número de átomos, en estructura o en ambos son capaces de almacenar energía (como las moléculas de ADP y ATP) o información (como el ADN, a la sazón protagonista del denominado “dogma central” de la Biología). Dichos derivados de carbono, a la par que estables, son suficientemente reactivos como para poder ser modificados por los seres

Una recreación del "Hombre de Silicio" para la portada de «Redención no contesta» en la obra de ciencia ficción "La Saga de los Aznar" de G.H.White, donde se describe una raza de estas criaturas.  
[www.silente.net](http://www.silente.net)



vivos en pos de su supervivencia. Todas estas propiedades son únicas para los compuestos derivados del carbono. Ningún otro elemento aglutina todas ellas por sí mismo<sup>2</sup>.

El compuesto más parecido, en principio, al carbono es el situado inmediatamente debajo de él en la tabla periódica, lugar que corresponde al silicio. ¿Qué ocurriría entonces si intercambiamos el silicio por el carbono y dejamos todo lo demás como está? El silicio también es capaz de formar largas cadenas consigo

mismo o con otros elementos como el oxígeno (¿quién no ha oído hablar de las siliconas?). También, al igual que el carbono, el silicio es capaz de combinarse tanto con hidrógeno como con oxígeno, por lo que podría formar compuestos alternativos a los hidrocarburos y al dióxido de carbono, respectivamente. Entonces, ¿cuáles son las razones para el título de este artículo?

Si queremos entender por qué las razones expuestas anteriormente no son suficientes para defender una

posible vida basada en el silicio, debemos hacer un análisis mucho más detallado de las comparaciones hechas anteriormente. Si hemos de preguntarnos si la vida basada en silicio existe, también deberíamos preguntarnos por qué no existe aún cuando el silicio es el segundo elemento químico más abundante en la Tierra (y mucho más abundante que el carbono).

Es cierto que el silicio, al igual que el carbono, es capaz de formar enlaces consigo mismo: incluso tiene la misma valencia (cuatro) por lo que el tipo de estructuras que puede formar son las mismas que las del carbono. Eso es porque ocupa la posición inferior al carbono en la tabla periódica y eso quiere decir que comparte muchas de sus propiedades químicas. Por ejemplo, al igual que el carbono, el silicio puede formar cuatro enlaces con sendos átomos de hidrógeno, formando así el silano ( $\text{SiH}_4$ ). Otras propiedades químicas, en cambio, precisamente por estar en la fila inmediatamente inferior de la tabla periódica, son muy diferentes. Una de ellas es el tamaño. El átomo de silicio tiene ocho electrones más que el de carbono y su radio atómico mide 0,118 nanómetros (nm) en comparación con el del átomo de carbono que es de 0,077 nm. Esa diferencia de radio atómico se traduce en una mayor distancia de enlace químico entre átomos de silicio (0,250 nm) que entre átomos de carbono (0,154 nm) y, por ello, el enlace silicio-silicio es sólo la mitad de fuerte (energía de enlace<sup>3</sup>: 327 kJ/mol) que el enlace carbono-carbono (energía de enlace: 607 kJ/mol), así que las cadenas complejas de silicio no tendrían la estabilidad suficiente para formar estructuras complejas compatibles con la vida. Por otra parte, la gran afinidad

del silicio por el oxígeno va en contra de una vida basada en el primero<sup>4</sup>. El dióxido de silicio no es soluble en agua, mientras que el dióxido de carbono sí que lo es y la energía de enlace silicio-oxígeno es mucho mayor que la del enlace carbono-oxígeno<sup>5</sup>.

Por sí mismas, todas estas razones son ya suficientes para justificar por qué el carbono se encuentra presente en todas las formas de vida de la Tierra y el silicio sólo forma rocas (algunas de ellas de gran belleza, desde luego, pero siempre inanimadas).

Pero hay más razones por las que el silicio no es, en absoluto, comparable al carbono. Los enlaces que el carbono puede formar consigo mismo pueden ser sencillos o múltiples (dobles y triples). En términos químicos eso es fundamental para la reactividad de los compuestos que, siendo muy estables, pueden reaccionar químicamente con otras moléculas para transformarse en compuestos diferentes siempre y cuando se den las condiciones adecuadas. El silicio, por el contrario, sólo forma enlaces sencillos consigo mismo y ni siquiera son suficientemente estables para mantener la integridad de moléculas grandes.

El carbono también puede formar estructuras cíclicas, bien sólo con átomos de carbono (como el benceno) o en combinación con otros elementos (como en los carbohidratos). El silicio no forma compuestos cíclicos. Es demasiado grande para ello y las estructuras cíclicas serían tremendamente inestables.

Es en la combinación del elemento clave (carbono o silicio) con los átomos que forman la molécula más importante de la Tierra (el agua) donde encontramos las mayores diferencias. Los compuestos formados por carbono e hidrógeno (hidro-

carburos) son estables en presencia de oxígeno, pero bajo determinadas condiciones pueden combinarse con él para formar otros compuestos, incluyendo dióxido de carbono y agua en una reacción que es la base de la producción energética de nuestro planeta. Por el contrario, los compuestos formados por silicio e hidrógeno (*silanos*) se inflaman espontáneamente en presencia de oxígeno, por lo que su reactividad es difícilmente controlable y dichos compuestos serían de dudable existencia en un mundo con abundante oxígeno. Podemos intercalar átomos de oxígeno en las cadenas de silicio y tendríamos siliconas. Éstas son mucho más estables, es cierto, por lo que podrían formar estructuras más complejas que serían también muy resistentes<sup>6</sup>. Sin embargo, dichas estructuras serían, precisamente por su alta estabilidad, difícilmente transformables en otras sustancias. Por último, los derivados de silicio más estable son aquéllos que, además de combinarse con oxígeno, lo hacen con cationes metálicos, formando silicatos, compuestos demasiado estables para ser modificados por un ser vivo.

Desde luego podemos pensar que todos estos problemas quizá fueran solucionables en un entorno determinado y adecuado, pero ¿cuál debería ser ese entorno?. Desde luego tendría que tener una abundante fuente de

**Lo que si resulta bastante impensable es que la vida extraterrestre, si existe, sea en su base molecular muy diferente a la de la Tierra.**

silicio (de lo contrario, una vida basada en silicio tendría bastantes problemas). Pero también necesitaría una cierta diversidad de otros elementos básicos como hidrógeno, oxígeno, azufre y fósforo. Y, entonces, si tenemos esos elementos y agua, ¿qué evitaría que se formara la vida basada en el carbono?

**El silicio sólo forma enlaces sencillos consigo mismo y ni siquiera son lo suficientemente estables como para mantener la integridad de moléculas grandes.**

En definitiva, la vida en la Tierra se debe a una serie de pequeñas coincidencias (si es posible llamarlas así) que establecen unas condiciones idóneas para que se produzca. El simple intercambio de un átomo por otro es algo demasiado sencillo como para que se pueda pensar en una alternativa y que todo funcionara de la misma forma. Por citar un solo inconveniente, habría también que pensar en otro medio disolvente, análogo al agua de la Tierra, que fuera el complemento ideal de los compuestos de silicio. Y todo ello, a su vez, en un mundo que proporcionara unas condiciones muy particulares (no necesariamente iguales a las de la Tierra). Encontrar esas condiciones es muy difícil pero dada la magnitud del Universo quizá no imposible.

Lo que sí resulta bastante impensable es que la vida extraterrestre, si existe, sea en su base molecular (y sólo en ella, ya que no tratamos aquí acerca de sus posibilidades intelectuales) muy diferente a la de la Tierra. En tal caso, debería ser completamente distinta a la vida que conocemos. Mediante una visión soñadora de la Química podría parecer posible, pero todas las evidencias apuntan en la dirección opuesta, por lo que su existencia cae definitivamente en el terreno de la especulación. Y ello porque, como he comentado

al principio de este artículo, las leyes de la Naturaleza que rigen en la Tierra son las mismas para el resto del Universo.

#### NOTAS

1. Uno de los más conocidos es un episodio de la serie *Star Trek* en el que tienen que enfrentarse a una especie de vida basada en el silicio denominada Horta, nativa del planeta Janus VI y descubierta por la Federación en 2267 gracias al oficial científico Spock de la nave *Enterprise*.

2. Efectivamente, la posibilidad de combinarse para formar un gran número de compuestos es única en el carbono. En la tabla periódica hay más de 110 elementos conocidos. Si exceptuamos el carbono, se conocen más de 50.000 posibles compuestos químicos, combinación del resto de los elementos, conocidos como compuestos inorgánicos. Sin embargo, cuando incluimos el carbono, el número de compuestos asciende a más de seis millones, y eso que en ese número no se incluyen los compuestos de gran complejidad directamente relaciona-

dos con los seres vivos, esto es, proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos. Sólo ellos ya son también varios millones, lo que hace que la proporción entre compuestos inorgánicos y orgánicos sea ciertamente pequeña.

3. Datos para moléculas diatómicas en fase gaseosa a 273 K. La distancia de enlace C-C en el carbono elemental (grafito) es de 0,143 nm. En el silicio elemental es de 0,235 nm.

4. Una prueba adicional la encontramos en Júpiter. Con una atmósfera rica en hidrógeno no se ha observado la presencia de silano en el planeta, donde a pesar de la abundancia de hidrógeno todo el silicio se encuentra en forma de óxido de silicio (comúnmente denominado sílice o arena). Otros estudios han revelado la presencia de silicatos en meteoritos y cometas y, sin embargo, no se ha encontrado ningún rastro de silanos o siliconas, por lo que la presencia de compuestos de silicios que contengan hidrógeno es altamente improbable.

5. Para los que tengan conocimientos de Química hay que añadir, además, que el silicio cuando se combina con el oxígeno para dar lugar al dióxido de silicio (el componente mayoritario de la arena) forma una

estructura tridimensional de gran estabilidad muy parecida a la del diamante. Existe otra gran diferencia entre el carbono y el silicio en su combinación con el oxígeno. Mientras que el silicio lo hace a través de enlaces sencillos, el carbono forma enlaces múltiples con el oxígeno que, lejos de aumentar su estabilidad, favorece su reactividad química, fundamental, entre otras cosas, para la fotosíntesis.

6. El extraterrestre de la película *Alien: el octavo pasajero*, y sus sucesivas secuelas, tenía como fluido sanguíneo un ácido corrosivo que el ser vivo podía soportar precisamente por tener tejidos de silicona. Esta idea fue copiada de la serie *Star Trek*, ya que el organismo Horta secretaba un ácido muy corrosivo para moverse a través de la roca (ver nota núm. 1). En cualquier caso, resulta difícil pensar cuál sería su fuente de alimentación que contuviera abundante silicio y cómo su metabolismo lo transformaría en siliconas en el espacio exterior donde no hay oxígeno... por mencionar sólo un par de incongruencias científicas en relación con esa hipotética forma de vida.

