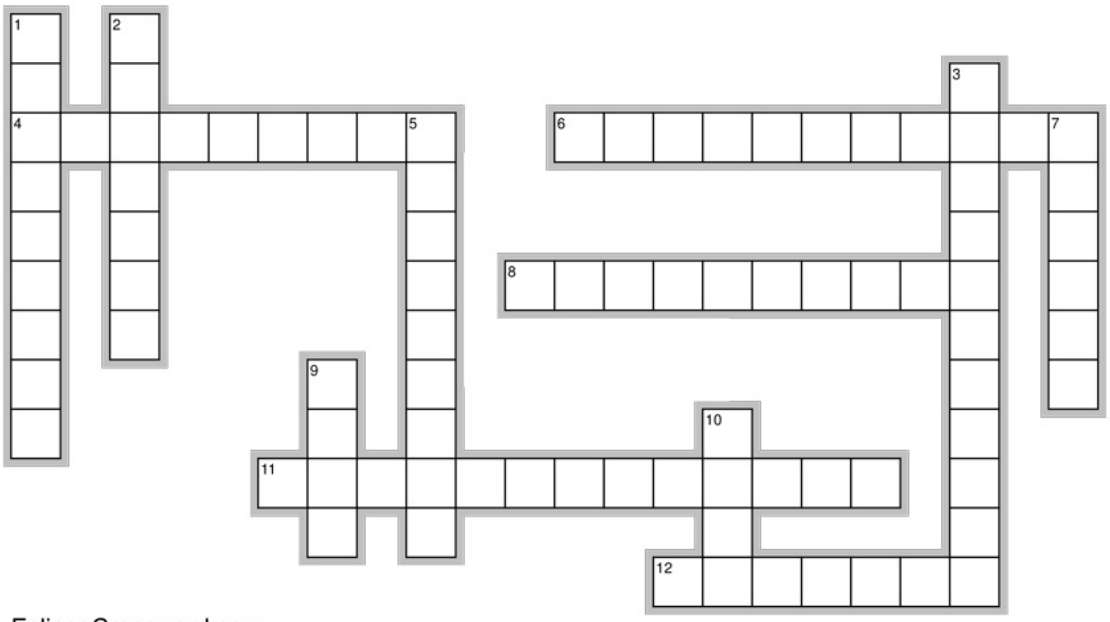
La vida en clave de silicio

05/07/2020

LA VIDA EN CLAVE DE SILICIO

A. REQUENA @ VALLE DE LA CIENCIA, 2020



EclipseCrossword.com

HORIZONTALES

4. Se han de mover en el medio en el que se encuentran para posibilitar los mecanismos que perfilan la vida.
6. Cuando se habla de vida basada en el Silicio, se supone que es el reemplazo de Carbono por Silicio, otra cosa es que exista una química tal para la vida.
8. El desenvolvimiento de la vida requiere los factores siguientes para garantizarla: diversidad química, estabilidad y reactividad y la presencia de éste.
11. La de un organismo vivo está en función de la formación de moléculas poliatómicas capaces de posibilitar las distintas funciones.
12. En la vida convencional desarrollada en la Tierra, el átomo andamiaje es éste, aunque hay otras alternativas: azufre, boro y silicio, por ejemplo.

VERTICALES

1. La diversidad de moléculas permite acometer diferentes funciones para poder conformar las proteínas los ácidos nucleicos o éstas, entre otros.
2. Tradicionalmente, se ha pensado en una alternativa al carbono, concretada en este elemento quóimico.
3. Petkowski se lamenta de que ha habido muchas declaraciones a nivel de divulgación, pero nunca se ha llevado a cabo un estudio de este tipo.
5. En una vida en el, no caben los azúcares dado que se deshidratarían y se degradarían con formas amorfas en muy poco tiempo.
7. Este átomo, genera polímeros, pero de cadena lineal, lo que restringe la diversidad de sus derivados.
9. En esto, esta molécula es ideal, dado que asiste la autoorganización de las membranas y polímeros de la vida y juega un papel activo en los procesos metabólicos.
10. Potencialmente, en ámbitos distintos a los terrestres, cabría pensar en una química diferente a la que la soporta en la Tierra.

Potencialmente, en ámbitos distintos a los terrestres, cabría pensar en una química diferente a la que soporta la vida en la Tierra. Tradicionalmente, se ha pensado en una alternativa al carbono, concretada en el Silicio. Las analogías entre ambos elementos justifican la elección. Desde 1891 en que el astrofísico alemán Sheiner propuso tal alternativa, hay constancia de propuestas basadas en la presencia abundante de silicatos, en comparación con los compuestos de carbono y la proporción en que lo encontramos en la Naturaleza, dado que tras el oxígeno el silicio es el elemento más abundante. Tampoco pasa desapercibido el hecho de que el silicio, siendo tan abundante, en la Tierra solamente está presente en la vida en forma de sílice, ácido silícico y sílice. Cuando se habla de vida basada en el Silicio, se supone que es el reemplazo de Carbono por Silicio, otra cosa es que exista una química alternativa para la vida.

En un artículo reciente, Petkowski se lamenta de que ha habido muchas declaraciones a nivel de divulgación, pero nunca se ha llevado a cabo un estudio sistemático. Mala divulgación, por tanto, sin fundamento. Para enmarcar un tema de esta naturaleza, hay que partir de analizar con detalle los requerimientos para que se dé la química de la vida, analizando después lo que ofrece la química del silicio como elemento que incide en el proceso de la vida.

El desenvolvimiento de la vida requiere los factores siguientes para garantizarla: diversidad química, estabilidad y reactividad y la presencia de un disolvente. La diversidad permite acometer diferentes funciones: ácidos, aminoácidos, bases nitrogenadas, lípidos, azúcares, entre otros, para poder conformar las proteínas los ácidos nucleicos o las membranas, entre otros. Es decir, la funcionalidad de un organismo vivo está en función de la formación de moléculas poliatómicas capaces de posibilitar las distintas funciones. Los heteroátomos juegan un papel decisivo porque articulan cadenas y clusters que intervienen en la construcción de esqueletos que dan la forma apropiada a las moléculas y le otorgan la actividad requerida. Los átomos que forman la estructura, el andamiaje molecular, son diferentes de los heteroátomos, dado que los primeros tienen que formar entornos estables y poco reactivos, mientras que los segundos son los funcionales que aportan reactividad química y diferencian las moléculas. En el grupo hemo, por ejemplo, el carbono es el elemento andamiaje y los átomos de oxígeno y nitrógeno son los heteroátomos, que otorgan la reactividad y la formación de enlaces de carácter direccional para la coordinación y las capacidades catalíticas que aporta el Fe^{+2}. En la vida convencional desarrollada en la Tierra, el átomo andamiaje es el carbono, aunque hay otras alternativas: azufre, boro y silicio, por ejemplo, ya que pueden formar cadenas con características estructurales. El átomo de azufre, genera polímeros, pero de cadena lineal, lo que restringe la diversidad de sus derivados. El boro también forma cadenas en forma de cluster pequeños. Este realza las opciones del Silicio como alternativa para las moléculas de la vida.

La estabilidad y reactividad química son características fundamentales. Una ponderada existencia requiere un equilibrio entre ambas, que permitan soportar las funciones para las que están diseñados. En una vida en sulfúrico, no caben los azúcares dado que se deshidratarían y se degradarían con formas amorfas en muy poco tiempo. Los disolventes que no ceden protones son menos reactivos que otros compuestos como amoniaco o sulfúrico, por ejemplo. La reactividad tiene mucho que ver con la temperatura y disminuye cuando desciende, con lo que está garantizada la estabilidad en metano o nitrógeno líquido. Esto descarta a los compuestos muy estables en disolventes apróticos, por tanto, poco reactivos, que no serían buenos candidatos en una hipotética vida alternativa en entornos de baja temperatura.

Las moléculas se han de mover en el medio en el que se encuentran para posibilitar los mecanismos que perfilan la vida. Los medios vivos son densos y las moléculas grandes se mueven con mucha dificultad. En esto, el agua es ideal, dado que asiste la autoorganización de las membranas y polímeros de la vida y juega un papel activo en los procesos metabólicos. Se han propuesto otros disolventes alternativos para este cometido, desde el dióxido de carbono, hasta el ácido sulfúrico, pasando por amoniaco, propano, sulfídrico, nitrógeno, argón, etc. Tienen en común unos su carácter prótico, pudiendo dar y captar protones de los compuestos disueltos en ellos, y otros como apróticos, como hidrocarburos o nitrógeno. La agresividad de los compuestos próticos establece un límite a la estabilidad de los compuestos que se disuelven en ellos, mientras que los apróticos son menos reactivos y permiten una mayor estabilidad. Al aumentar la solubilidad con la temperatura y esto reduce las posibilidades del nitrógeno o del metano, que solo son líquidos a baja temperatura.

Tanto silicio como carbono, átomos tetravalentes, forman compuestos covalentes. El radio covalente del silicio es mayor, por lo que los compuestos que forman, tienen tamaño y forma diferentes, distintos anillos, conformaciones y reactividad. Al tener distintos orbitales y

formas, por tanto, las propiedades tampoco son las mismas, incluida la quiralidad. La elevada carga electropositiva genera posiciones con deficiencia de electrones y diferentes polarizaciones de los enlaces en los que interviene el Silicio, en comparación con los de carbono. Los enlaces C-C son más fuertes que los C-O, mientras que los Si-O son mucho más fuertes que los Si-Si. Esto justifica la formación de polímeros de Carbono, mientras que las polimerizaciones de Si son más reactivas y preferentemente forman cadenas Si-O. Esto justifica que la química del silicio, en ambientes ricos en oxígeno, finalizan en la formación de sílice. Por otro lado, el silicio forma enlaces covalentes con muchos metales y no metales.

Uno de los motivos de la escasa diversidad de la química del Silicio es la inestabilidad de la química del silicio en agua. Requiere más energía que la equivalente de carbono. Ello le descarta como elemento estructural e incluso como heteroátomo en agua, salvo en aquellos casos en que las barreras termodinámicas con sustancialmente menores. Los enlaces Si-Si se hidrolizan casi instantáneamente en agua. Todas las moléculas biológicas que incluyen al Silicio, son derivados de ácido silícico y sus derivados deshidratados. En la vida terrestre, el átomo de silicio siempre está unido al de oxígeno con un enlace sencillo. Se ha conjeturado un escenario de química híbrida C-Si, articulada a través de los grupos funcionales –Si-O-C-, sinolatos o enlaces sencillos Si-C, frecuentes en paredes celulares de plantas o extracelular en vertebrados, pero lábiles hidrolíticamente, con un papel similar al del nitrógeno en las proteínas o el fósforo y el oxígeno en los ácidos nucleicos. Energéticamente, es desfavorable el proceso y evolutivamente, queda fuera el coste energético para movilizar grandes cantidades de Si. La estabilidad de los enlaces Si-C y Si-O permite concebir funciones biológicamente útiles para un papel especializado del Si, como heteroátomo raro.

Entre los disolventes próticos similares al agua, figura el amoniaco. Ambos se autoionizan formando ácido y base conjugados, actuando el primero como electrofílico y como nucleófilo, respectivamenete. Pero, hay dos razones para considerar al amoniaco como disolvente puro improbable, porque el vapor . sufre fotólisis muy fácilmente, dando lugar a nitrógeno molecular, lo que imposibilita la imagen de mares u océanos de amoniaco, de no ser por estar protegido de la radiación UV. Además, el oxígeno es más abundante que el nitrógeno, a nivel cósmico, con lo que, de darse la presencia de amoniaco condensado, habría también agua condensada y, dado que son miscibles, los mares u océanos serían de la mezcla. En todo caso, el amoniaco es básico y genera una química agresiva y cuando actúa de disolvente, como fuertemente protonador, debe ocurrir la amonolisis, que limita una química compleja del silicio en amoniaco. En todo caso, Petkowsk asegura que la química del Silicio no se ha estudiado en amoniaco líquido. Si pensamos en otros disolventes próticos como SH_2 y CNH no tienen abundancia cósmica suficiente para esperar que se hallen presentes de forma abundante en planetas.

Razonablemente, la química del silicio es más estable en ácido sulfúrico que en agua. El ácido sulfúrico es un disolvente muy agresivo e imposible como disolvente en los procesos de la vida. De hecho, los procesos asociados a la vida se ven destruidos rápidamente en ácido sulfúrico. Pero, una parte significativa de la química del silicio es estable en él. La inestabilidad de los compuestos de silicio en agua se debe al ataque nucleofílico de los iones OH^- a los átomos electropositivos de Silicio, resultado compuestos pentacoordinados estables. En cambio, en ácido sulfúrico concentrado domina el ataque electrofílico y los átomos de Silicio, con deficiencia en electrones, no son dianas eficientes para este tipo de ataque. Esto origina una diferencia de reactividad que hace que los compuestos sean estables en sulfúrico, aun no siéndolo en agua. Esto no quiere decir que no haya excepciones, como la de los enlaces Si-fenilo, que los rompe el sulfúrico y son estables en agua. Los silanos (enlaces Si-Si), son estables en sulfúrico concentrado y la disposición de los orbitales s permite la conducción electrónica, análoga a los alquenos, que son atacados fácilmente por el sulfúrico concentrado, mientras que los silanos son estables. Uniones carbono silicio alternados son más estables que las siliconas y podría especularse con su intervención en una química basada en silicio. Buena parte de esto son especulaciones, no propuestas razonadas.

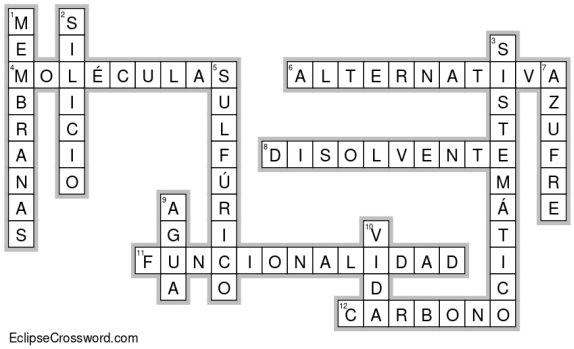
Ciertamente, el ácido sulfúrico se ha propuesto como disolvente presente en la superficie de planeta, como en las nubes de Venus, situadas a unos 50 km de altitud y con temperaturas por debajo de 100° y presiones inferiores s 2 bares, pero no se ha propuesto una química. Los disolventes apróticos generan ámbitos más estables que los próticos y en entornos planetarios, los apróticos como etano, metano o nitrógeno, que solamente están en fase líquida a bajas temperaturas, se les denomina criodisolventes (líquidos a temperaturas inferiores a -100 °C). El N_2 compite a escala cósmica con el agua. Puede ser el elemento líquido abundante en los casos de planetas o satélites que orbitan en estrellas enanas M, que reciben menos energía que los planetas que albergan agua, dada la separación planeta - estrella y que podían disfrutar de unas condiciones de estabilidad y, de esta forma, tener permanencia en el tiempo. En nuestro sistema solar, es el caso de Tritón, la luna más

grande de Neptuno, Los inconvenientes de los criodisolventes son la baja velocidad de su química a bajas temperaturas, ya que desciende en una proporción superior a 2 por cada disminución de 10°C y la baja capacidad de disolución a esas temperaturas. Obviamente, los enlaces débiles tienen ventaja a baja temperatura frente a la química clásica del carbono.

Tras un análisis minucioso y comparativo de las químicas de Carbono y Silicio, Petkowski, concluye que son falsos gemelos. Sus similitudes son insuficientes como para justificar que sean alternativas para la vida. La estabilidad y la inestabilidad de ambos elementos están encontradas. Una vida basada en la intervención estructural del Si es imposible. La química del silicio es inestable en agua como disolvente. Ni en agua ni en amoniaco, puede ofrecer alternativa el silicio, aunque pueda intervenir como heteroátomo raro. Pero tampoco puede darse ni en un medio de criodisolventes o en ácido sulfúrico. Parece concluyente, como conclusión, independientemente de que las producciones fílmicas en el terreno de la denominada Ciencia-Ficción hayan llevado a nuestro ánimo una vida alternativa a la conocida. Idea atractiva como ejercicio divertido, pero sin base científica como hemos visto. Como tantas cosas, la especulación y la fantasía cobran terreno a la Ciencia, aunque no tengan ninguna base razonable. La Sociedad no exige rigor, prefiere disfrutar las ideas que formula su conjetura, aunque no tenga ningún fundamento.

LA VIDA EN CLAVE DE SILICIO

A. REQUENA @ VALLE DE LA CIENCIA, 2020



EclipseCrossword.com