

El azufre y su importancia en la vida humana

tener un efecto protector contra el daño causado por el alcohol.

Georgina Hernández Montes
RAI-UNAM

La Dra. Georgina Hernández Montes es Química Farmacobióloga egresada de la Facultad de Química de la UNAM. Actualmente es parte de la Red de Apoyo a la Investigación (RAI) de la UNAM y se ha especializado en el área de bioinformática. Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

Como ya se ha mencionado anteriormente en otros artículos de esta misma columna, los diferentes elementos químicos que hemos podido

32.064, un número atómico de 16, y está representado por el símbolo "S" (Figura 1). Este compuesto como muchos otros, se sintetizó durante la formación de las estrellas, como se mencionó anteriormente en un artículo de esta misma columna (<http://www.acmor.org.mx/?q=content/el-origen-de-los-%C3%A1tomos>). El azufre se encuentra en forma nativa en regiones volcánicas, pero en sus formas reducidas se encuentra formando sulfuros y en sus formas oxidadas forma sulfatos. La estructura atómica del azufre le permite ganar o perder electrones, lo que genera que tenga una variedad de estados de oxidación: -2, +2, +4, +6. A los compuestos que contiene azufre, se les denomina como *tioles*.



Figura 1. El azufre en la tabla periódica. Tomada de <https://sp.depositphotos.com/99604538/stock-photo-sulfur-element-of-mendeleev-periodic.html>

organizar en la tabla periódica tienen un papel importante en el desarrollo de la vida en el planeta y, más específicamente, han desempeñado funciones importantes en la salud humana. En este artículo revisaremos uno de los elementos que, aunque no son de los más abundantes en los seres vivos, si son de los más interesantes, el azufre.

Se ha documentado que el azufre es conocido desde la antigüedad, ya que se sabe que en Egipto era utilizado para purificar los templos. En Grecia, en el siglo XIX a.C. Homero ya recomendaba evitar la peste mediante la quema de azufre. Los hebreos hacen referencia al azufre en la biblia y a partir de entonces se le asocia con satanás, esto debido a su conexión con los volcanes y las aguas termales, ya que todo lo que venga de las entrañas de la Tierra, era asociado con el infierno. A partir de estas fuentes, emergen gases como de ácido sulfúrico y dióxido de azufre que reaccionan entre sí para formar agua y azufre. Sin embargo, fue hasta 1777 que Antoine Lavoisier a través de sus experimentos con fósforo y azufre lo identificó como un elemento.

Naturaleza química y aplicaciones

El azufre es un elemento químico no metálico que tiene un color amarillo, una textura quebradiza, no tiene olor, es insípido e insoluble en agua. Desde el punto de vista químico tiene un peso atómico de

El azufre y sus derivados tienen una gran cantidad de aplicaciones, se utiliza para la producción de ácido sulfúrico para las baterías, en la fabricación de pólvora, en la vulcanización del caucho, en los procesos para blanquear papel, en la elaboración de fósforos y en la producción de pólvora. El sulfato de magnesio se utiliza como laxante, exfoliante o suplemento para plantas. Hay compuesto que también se utilizan como fungicidas o para la elaboración de fertilizantes.

El azufre y los sistemas biológicos

El azufre es el décimo elemento más abundante de la Tierra, por lo que es difícil encontrar ecosistemas donde este sea un nutriente limitante. Se transforma y se incorpora a los sistemas biológicos a través de una serie de reacciones bioquímicas que se denomina el ciclo del azufre y en el que participan plantas, bacterias y animales (Figura 2).

Durante el ciclo de azufre suceden diferentes eventos:

- El azufre puede llegar a la atmósfera como sulfuro de hidrógeno (H_2S) o dióxido de azufre (SO_2), ambos gases provenientes de volcanes activos y por la descomposición de la materia orgánica.
- El sulfuro de hidrógeno (H_2S), el sulfuro (S^{2-}) y el azufre elemental (S) se oxidan a sulfato (SO_4^{2-}) por medio de bacterias.

- El sulfato se incorpora a las plantas a través de las raíces para realizar sus funciones biológicas principalmente de crecimiento y de biosíntesis a partir de diferentes compuestos. El proceso de reducción del sulfato también se da en hongos y bacterias.
- Los animales incorporan el sulfato reducido a través del consumo de plantas.
- Cuando en la atmósfera se combina el azufre con el agua, se forma ácido sulfúrico (H_2SO_4) que al momento de precipitar se convierte en *lluvia ácida*.

El azufre en la salud humana

En los humanos el azufre es el sexto macromineral más abundante en la leche materna y el tercer mineral más abundante en función del porcentaje del peso corporal total. La principal fuente de este elemento son los aminoácidos que contienen azufre: metionina, cisteína, cistina, homocisteína, homocistina y taurina. También existen otros compuestos como el metilsulfonilmetano, un componente volátil en el ciclo del azufre. A continuación, revisaremos algunos de estos compuestos para conocer su función y sus usos en la salud humana.

Metionina

La metionina es un aminoácido esencial, es decir que no puede ser sintetizado por los humanos por lo que debemos adquirirlo en el consumo de carne de animales, pescado, mariscos, huevos y lácteos. Este aminoácido es necesario para la síntesis de otros aminoácidos y de proteínas. Tiene una función muy importante como donante de metilo, que es un grupo funcional que está presente en su estructura (Figura 4a). Esta capacidad de donar su grupo funcional le permite reaccionar para formar otras moléculas como la colina, que ayuda a prevenir el hígado graso y la cirrosis. Otros estudios en humanos indican que la metionina puede disminuir los niveles de acetaldehído que se producen después de la ingesta de alcohol, por lo que podría

Cisteína

La cisteína es un derivado de la metionina (figura 4b) y desempeña funciones importantes para la síntesis de proteínas. Es un agente antioxidante y es precursor para la síntesis de glutatión y taurina (figura 4c y 4d). Desde el punto de vista clínico, la cisteína se puede administrar por vía oral para atrapar elementos traza tales como cobre, cobalto y selenio en el intestino para disminuir su absorción.

En particular, la cisteína tiene un papel importante para la estructura de las proteínas ya que gracias al grupo tiol que tiene este aminoácido, puede formar uniones llamadas puentes disulfuro. Los puentes disulfuro son un enlace covalente fuerte entre dos cisteínas y a estos dímeros de cisteínas que encontramos en las proteínas, se les llama *cistinas*. La queratina, es una proteína que tiene un alto contenido de cisteínas (y cistinas) y que tiene una estructura fibrosa. Esta proteína es el componente principal del pelo, uñas, plumas, cuernos, picos y pezuñas en los animales. En el cabello, es muy fácil observar el papel que tienen los puentes disulfuro de las cisteínas, ya que determinan que el cabello se vea lacio u ondulado. De hecho, los tratamientos químicos utilizados en la industria de los productos de belleza, son empleados para modificar el patrón de estos enlaces y así lograr que el cabello se ondule o se alacie. Si los enlaces disulfuro se dan entre cadenas paralelas de queratina, éstas se mantienen alineadas y tendremos un cabello lacio; si los enlaces disulfuro se dan de forma diagonal, las fibras de queratina forman una especie de espiral y el cabello será rizado (figura 3). De manera natural, la forma en que se enlazan los átomos de azufre en la queratina está determinada por la información contenida en nuestros genes. Sin embargo, podemos alaciar o alisar el cabello utilizando calor y un cepillo para cambiar la estructura de las fibras. De manera opuesta, los

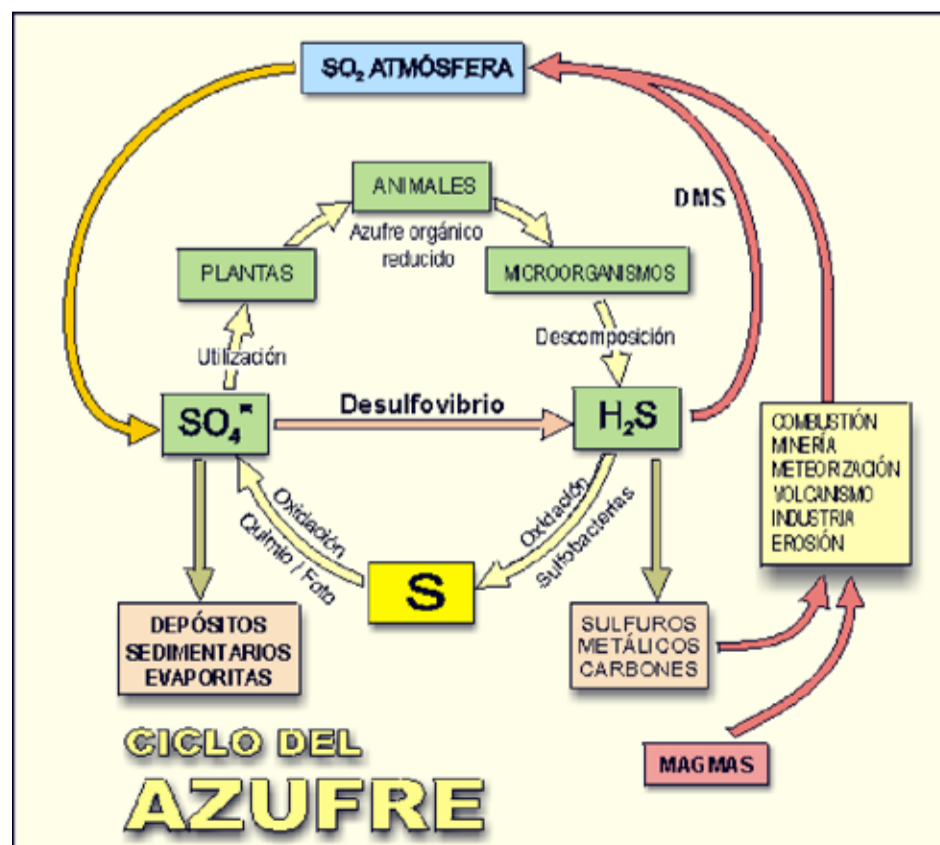


Figura 2. Ciclo del azufre. Imagen tomada de <https://www.lenntech.es/ciclo-azufre.htm>.

tratamientos "permanentes" para rizar o enchinar el pelo usan una loción rizadora que contiene hidróxido de amonio (que rompe la cutícula para que la solución penetre fácilmente) y tioglicolato de amonio (rompe los enlaces disulfuro separando las cadenas de queratina). El olor característico de las permanentes es una combinación del olor del amoniaco y el olor a huevo podrido de los compuestos de azufre. Finalmente, una vez tratado el cabello con estos agentes químicos, es posible rizarlo de manera mecánica usando rizadores, los cuales orientaran las fibras del cabello, de tal manera que formen nuevos puentes disulfuro de manera diagonal, dado como resultado un cabello rizado.



Figura 3. Estructura del cabello y su relación con los enlaces disulfuro. Imagen tomada de http://b-log-ia20.blogspot.com/2015_12_01_archive.html

De manera más desafortunada, tenemos algunas enfermedades relacionadas con la formación de las cistinas. La *tricotiodistrofia* es una enfermedad genética muy rara, que la padecen unas 200 personas en el mundo. Los que padecen la enfermedad tienen entre otros síntomas, un cabello corto y frágil, piel seca y escamosa (ictiosis), uñas quebradizas y signos de envejecimiento prematuro en la piel. En los casos más extremos, se observa retraso en el crecimiento, déficit intelectual y fotosensibilidad en la piel.

Glutación

El glutati6n (GSH) es un tripéptido que consiste en γ -glutamina-cisteína-glicina, y se conoce como el tiol end6geno no proteico más abundante. Entre sus funciones se incluyen la desintoxicaci6n de radicales libres y per6xidos, la regulaci6n del crecimiento celular, la regulaci6n de la funci6n de las prote3nas, y el mantenimiento de la funci6n inmune. Tambi6n es una parte fundamental de las reacciones para la desintoxicaci6n de xenobi6ticos es decir compuestos que son poco frecuentes en humanos. Se ha observado que una disminuci6n en el GSH acelera el proceso de envejecimiento, por lo que mantener concentraciones 6ptimas de GSH en procesos de envejecimiento o de aumento de estr6s oxidativo es beneficioso.

Taurina

La taurina es un amino6cido derivado del

metabolismo de la metionina y la ciste3na (Figura 4d). Tiene un papel como neurotransmisor participa en la formaci6n de la bilis y est6 presente en altas concentraciones en la mayor3a de los tejidos, particularmente en c6lulas proinflamatorias como los fagocitos polimorfonucleares y en la retina.

Se han reportado patolog3as retinianas en animales y seres humanos con deficiencia de taurina. Con la excepci6n de la leche de vaca, la taurina se distribuye ampliamente en alimentos de muchas fuentes animales, pero no de plantas.

Cl3nicamente, la taurina administrada por v3a oral, se ha utilizado con diversos grados de 6xito en el tratamiento de

la serotonina.

Cl3nicamente la suplementaci6n de SAM puede actuar como un antidepresivo eficaz al elevar la actividad de la serotonina y la dopamina en el cerebro. La SAM tambi6n tiene un papel fundamental en el mantenimiento de la fluidez de la membrana. Algunos estudios han mostrado que la administraci6n de SAM ejerce efectos analg6sicos. En voluntarios humanos sanos se demostr6 que, despu6s de la ingest3n de etanol, la SAM redujo significativamente la concentraci6n plasm6tica de etanol y acetaldeh3do, raz6n por la cual tiene un efecto protector.

presencia importante en nuestra vida diaria, tanto desde el punto de vista de los ciclos biogeoqu3micos que mantienen la regulaci6n de los elementos en el planeta, como desde el punto de vista fisiol6gico, que tienen que ver con nuestras funciones biol6gicas hasta la aplicaci6n terap6utica que nos puede aportar beneficios en cuestiones de salud. Este art3culo tiene la intenci6n de dar a conocer la importancia de los elementos m6s que instruir en una cuesti6n de aplicaci6n m6dica. Por lo que se recomienda ampliamente que en cuestiones de salud siempre se consulte a un m6dico.

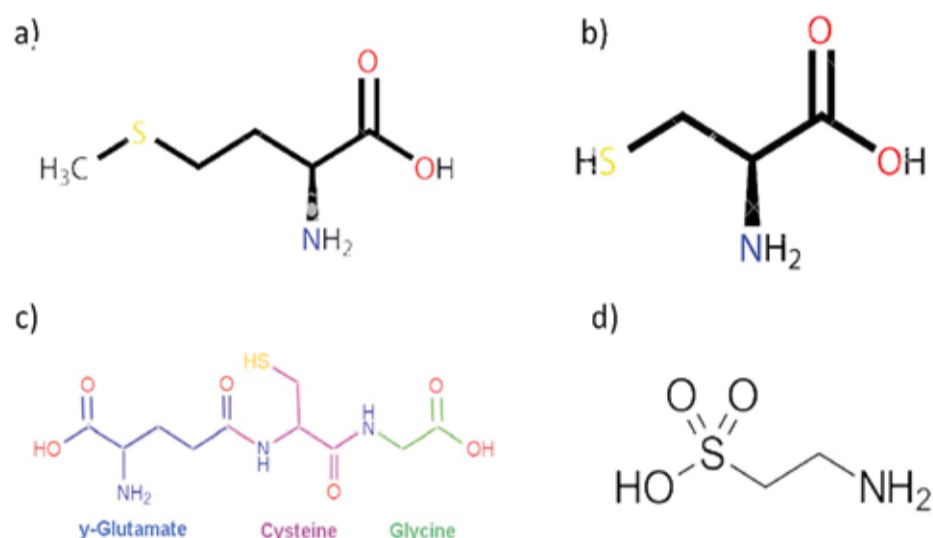


Figura 4. Estructura de los diferentes amino6cidos con azufre. a) metionina, b) ciste3na, c) glutati6n, d) taurina.

Polisac6ridos

Hay dos polisac6ridos que tienen en su estructura azufre y que tienen aplicaciones importantes en la salud humana. Uno de ellos es el sulfato de glucosamina (GS) una combinaci6n de glutamina, glucosa y sulfato. Se usa principalmente para tratar la osteoartritis, un padecimiento que daña el cart3lago que recubre los extremos de los huesos en una articulaci6n. Aunque el mecanismo de c6mo funciona no se ha entendido por completo, se sabe que el sulfato de glucosamina puede aumentar la cantidad de cart3lago y l3quido que rodea la articulaci6n y que el sulfato podr3a estar promoviendo la producci6n de cart3lago. El otro polisac6rido es el sulfato de condroitina, se compone de unidades de repetic3n lineales de D-galactosamina y 6cido D-glucur6nico y se encuentra en el cart3lago humano, hueso, piel, c6rnea y la pared arterial. Se cree que el sulfato de condroitina tambi6n promueve la retenci6n de agua y la elasticidad en el cart3lago e inhibe las enzimas que descomponen el cart3lago.

Finalmente, una de las aplicaciones m6s populares del azufre es su aplicaci6n en una variedad de trastornos dermatol6gicos. Se usa como ingrediente en ung6entos para el acn6, en champ3s antic3spas, as3 como ant3doto para la exposici6n aguda a material radioactivo. El azufre ayuda en la curaci6n de las heridas a trav6s de la queratina y tiene una historia de uso popular como un remedio para las erupciones en la piel. Los baños que contienen azufre tienen una larga historia de uso para el tratamiento de la psoriasis, dolor reum6tico, e infecciones

Como hemos visto, el azufre tiene una

El 2019 ha sido propuesto por la Organizaci6n de las Naciones Unidas como el Año Internacional de la Tabla Peri6dica de los Elementos por lo que la Academia de Ciencias de Morelos ha decidido dedicarle una serie de art3culos preparados por especialistas de diferentes disciplinas. Sirva este art3culo para despertar su curiosidad y que nos permitan compartir con ustedes nuestro amor por los elementos y su m6xima representaci6n, la Tabla Peri6dica.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento cient3fico para el desarrollo social y econ6mico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupaci6n por el vac3o que genera la extinci6n de la Secretar3a de Innovaci6n, Ciencia y Tecnolog3a dentro del ecosistema de innovaci6n estatal que se debilita sin la participaci6n del Gobierno del Estado.

Referencias

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19931493>
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11896744>
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2994368/>
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19390211.2016.1267059?journalCode=ijds20>

Ligas de inter6s

<https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/744.html#Action>
<https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/807.html>
<https://es.wikipedia.org/wiki/Azufre>