

# SEBBM DIVULGACIÓN

## ACÉRCATE A NUESTROS CIENTÍFICOS

### Sulfuro de hidrógeno: una molécula esencial para la vida

DOI: [http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv\\_ANC.2020.05.1](http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv_ANC.2020.05.1)



#### Cecilia Gotor

Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis

#### Biografía

*Cecilia Gotor es doctora en Ciencias Químicas por la Universidad de Sevilla y realizó estancias posdoctorales en los Estados Unidos, en la University of Nebraska-Lincoln y en Rutgers State University. Actualmente es Investigadora Científica del CSIC en el Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis. Tiene una larga y sólida experiencia en el metabolismo de azufre en plantas y lidera un grupo de investigación centrado en la señalización intracelular por moléculas relacionadas con el metabolismo de cisteína. Su grupo ha sido pionero en demostrar que moléculas consideradas tóxicas actúan como moléculas de señalización. Su investigación demostró que el sulfuro citosólico regula la autofagia y el movimiento estomático, y que el cianuro mitocondrial es esencial para el desarrollo del pelo radicular y la respuesta inmune. Su grupo de investigación ha identificado las modificaciones postraduccionales de persulfuración y S-cianilación como los mecanismos por los cuales el sulfuro y cianuro realizan sus funciones señalizadoras.*

#### Resumen

***El sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) es tóxico para la vida, aunque, la investigación desarrollada cambió este concepto y ahora se le considera una molécula de señalización que regula numerosos procesos. El H<sub>2</sub>S ejerce funciones muy importantes en los sistemas corporales de mamíferos, y mejora la tolerancia a condiciones adversas y regula procesos vitales en plantas.***

#### Summary

***Hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) is toxic for life, although, the developed research changed this concept and nowadays it is considered as a signaling molecule that regulates numerous processes. H<sub>2</sub>S plays very important functions in body systems in mammals, and it improves the tolerance to adverse conditions and regulates vital processes in plants.***

<http://www.sebbm.es/>

HEMEROTECA: [http://www.sebbm.es/ES/divulgacion-ciencia-para-todos\\_10/acercate-a-nuestros-cientificos\\_107](http://www.sebbm.es/ES/divulgacion-ciencia-para-todos_10/acercate-a-nuestros-cientificos_107)

El sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) es un gas incoloro con un característico olor desagradable, que en la naturaleza está presente en los gases volcánicos, aguas termales, sales de roca, y en el gas natural, así como en las emisiones producidas como resultado de la actividad industrial. En los sistemas biológicos, el H<sub>2</sub>S puede considerarse una molécula primigenia, ya que se origina durante el metabolismo anaeróbico bacteriano. En ausencia de oxígeno, microorganismos reductores de azufre usan diferentes formas de azufre oxidado como aceptores de electrones durante la degradación de materia orgánica simple, produciendo H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>. El H<sub>2</sub>S es utilizado adicionalmente por las bacterias azufradas como donador de electrones en la fotosíntesis anoxigénica para producir compuestos de azufre oxidado.

El sulfuro de hidrógeno se ha considerado durante mucho tiempo una molécula tóxica peligrosa para el medioambiente y la vida. La presencia de sulfuro en la mitocondria produce la inhibición de la citocromo c oxidasa de la cadena respiratoria, impidiendo así la respiración celular, al igual que la inhibición producida por el monóxido de carbono (CO) y óxido nítrico (NO). Sin embargo, por debajo de un umbral específico de concentración, CO y NO (y también H<sub>2</sub>S) actúan en diversos eventos celulares y, actualmente se consideran moléculas de señalización que funcionan como gasotransmisores fisiológicos. Todas estas moléculas, por tanto, incluido el H<sub>2</sub>S, muestran esta dualidad toxicidad/señalización, dependiendo del umbral de concentración (Figura 1).

Aunque se sabía que el H<sub>2</sub>S estaba presente en los tejidos de los mamíferos, fue a finales del siglo XX cuando se estableció por primera vez su producción intracelular y su función de señalización como neuromodulador (Abe y Kimura, 1996). El H<sub>2</sub>S es producido endógenamente por las células a través de diferentes enzimas involucradas en el metabolismo de cisteína, tanto en mamíferos como en plantas. En plantas, también se produce en la ruta de asimilación de sulfato fotosintético en el cloroplasto.

Se ha llevado a cabo una intensa investigación en  $H_2S$  inicialmente en animales, y el número de las funciones biológicas desempeñadas por el sulfuro se ha expandido rápidamente en los últimos años. En las células de mamíferos, el  $H_2S$  no sólo se produce, sino también se metaboliza de una manera precisa y regulada, y presenta funciones muy importantes en los diferentes sistemas corporales como el sistema vascular, donde el sulfuro actúa como vasodilatador. El  $H_2S$  también ejerce efectos importantes y diversos en el sistema nervioso, cardiovascular, endocrino, gastrointestinal, inmune, respiratorio, reproductivo y otros. Además, el  $H_2S$  tiene relevancia clínica porque las alteraciones de su metabolismo a menudo se asocian con diferentes patologías como la diabetes, el cáncer y las enfermedades neurodegenerativas (Paul y Snyder, 2015).

De manera similar a los sistemas animales, el cambio en la concepción de  $H_2S$  de una molécula tóxica a un regulador esencial también se ha producido en los sistemas vegetales. Un aumento exponencial en el número de estudios en plantas en las últimas décadas ha llevado a que se considere que el  $H_2S$  tiene la misma relevancia que otras moléculas de señalización, como NO y el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) (Calderwood y Kopriva, 2014). Se ha demostrado que el  $H_2S$  es esencial en la regulación de una amplia gama de procesos vitales para la planta (Figura 1). Mejora la tolerancia y la protección de las plantas a numerosas condiciones ambientales adversas, principalmente estreses abióticos. De esta forma, permite la adaptación y viabilidad de la planta, y sus efectos beneficiosos afectan a aspectos importantes del desarrollo. Algunos ejemplos de los estreses ambientales aliviados por el sulfuro son la presencia de metales pesados como cobre, aluminio, boro, cadmio, así como otras condiciones adversas que incluyen sequía, hipoxia, salinidad y altas temperaturas. En muchos casos, el  $H_2S$  alivia el daño oxidativo a través de la estimulación de las defensas antioxidantes.

El sulfuro de hidrógeno también regula procesos que son críticos para la supervivencia de la planta, incluidos diferentes aspectos del programa de desarrollo, como la germinación de semillas, el desarrollo de las raíces, la senescencia foliar y la floración, la postcosecha y maduración de los frutos. Otros procesos esenciales regulados por  $H_2S$  incluyen la fotosíntesis, la muerte celular programada, la progresión de la autofagia y el movimiento estomático (Gotor et al, 2019). De particular interés es la regulación del movimiento estomático, lo que tiene importantes implicaciones en la adaptación a la sequía. Numerosos estudios han demostrado que el  $H_2S$  es un componente de la red de señalización del ácido abscísico en las células de guarda (Scuffi et al, 2014).

Por tanto, el  $H_2S$  es un regulador esencial para el desarrollo de la vida tanto en mamíferos como en plantas. Existen ya numerosas iniciativas biomédicas encaminadas al desarrollo de moléculas generadoras intracelularmente de sulfuro con fines terapéuticos en humanos. Las aplicaciones biotecnológicas aún se encuentran en sus etapas iniciales en plantas, pero la importancia de la fertilización de azufre como herramienta esencial en la defensa a condiciones adversas está siendo un aspecto esencial en la investigación vegetal.

#### Referencias:

1. Abe K, Kimura H (1996) The possible role of hydrogen sulfide as an endogenous neuromodulator. *Journal of Neuroscience* 16: 1066–1071.
2. Calderwood A, Kopriva S (2014) Hydrogen sulfide in plants: from dissipation of excess sulfur to signaling molecule. *Nitric Oxide* 41:72.
3. Gotor C, García I, Aroca A, Laureano-Marín AM, Arenas-Alfonseca L, Jurado-Flores A, Moreno I, Romero LC (2019) Signaling by hydrogen sulfide and cyanide through post-translational modification. *Journal of Experimental Botany* 70: 4251–4265.
4. Paul BD, Snyder SH (2015) Modes of physiologic  $H_2S$  signaling in the brain and peripheral tissues. *Antioxidants & Redox Signaling* 22: 411–423.
5. Scuffi D, Álvarez C, Laspina N, Gotor C, Lamattina L, García-Mata C (2014) Hydrogen sulfide generated by L-cysteine desulfhydrase acts upstream of nitric oxide to modulate abscisic acid-dependent stomatal closure. *Plant Physiology* 166: 2065–2076.

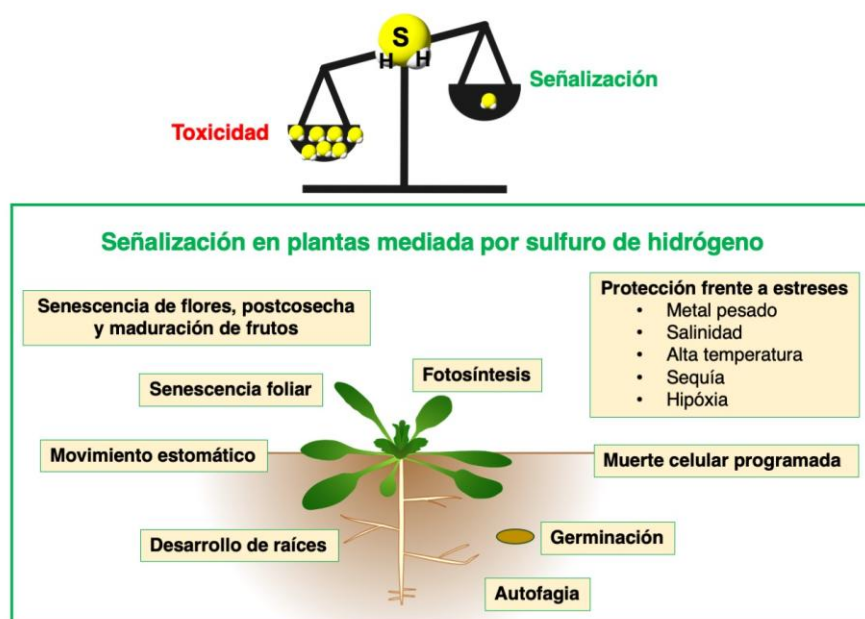


Figure 1. Dualidad toxicidad/señalización del  $H_2S$  y procesos regulados en plantas