



Glomalina, la superheroína oculta que salva a los suelos cafetaleros

Ana Leidy Copalcua-Rosales¹
Elizabeth Hernández-Acosta²
Juan Ángel Tinoco-Rueda³
Héctor Santos Luna Zendejas¹
Elizabeth García-Gallegos^{1*}

¹Maestría en Ciencias en Sistemas del Ambiente, CIGyA-UATx. Aut. Texmelucan-Tlaxcala km 10.5, San Felipe Ixtacuixtla, Tlaxcala. México.

²Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Suelos. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, C.P. 56230. Texcoco, Estado de México. México.


³Centro Académico Regional Sede Huatusco, Universidad Autónoma Chapingo. Km 6, Carretera Huatusco-Xalapa, Huatusco, Veracruz, México.

*Autor para correspondencia: egarciag@uatx.mx-

En los suelos cafetaleros se alberga un mundo invisible de millones de microorganismos, entre los que destacan los hongos micorrízicos arbusculares, quienes acumulan en sus hifas y esporas una glicoproteína muy poderosa llamada glomalina. Esta superheroína actúa como un pegamento natural para unir a las partículas del suelo, además de favorecer la infiltración de agua y retención de nutrimentos, como carbono y nitrógeno, lo que contribuye a la fertilidad de los suelos bajo el cultivo del café.

Introducción

La glomalina fue citada en la década de 1990 por Sara Wright y sus colaboradores, descrito como un material glicoprotéico altamente resistente y termoestable, se le identificó en el suelo como una proteína relacionada con la glomalina (GRSP, por sus siglas en inglés) y puede permanecer en el suelo de 7 a 42 años, debido a que no se disuelve en el agua, por su característica insoluble e hidrófoba. Esta heroína es secretada por las paredes de las hifas y esporas de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) del filo Glomeromycota, las cuales viven en asociación mutualista con en el 85% de las raíces de las plantas en donde ambos obtienen beneficios, entre ellas las del café (*Coffea arabica* L.), especie de gran importancia en el ámbito ambiental, social, cultural y económico a nivel mundial, debido a su alta demanda en las últimas décadas (Figura 1).



La glomalina actúa como un pegamento natural que mantiene unidas a las partículas del suelo, lo que promueve la formación de agregados.



Los agregados del suelo son la unión natural de arena, limo, arcilla y materia orgánica y también la arquitectura invisible para que el suelo tenga estabilidad y retenga nutrientes, necesarios para el desarrollo de las plantas de café.

Se distinguen dos tipos de glomalina: la total, que se produce, excreta y acumula por un mayor tiempo y la fácilmente extraíble, de reciente producción. Ambas están relacionadas con el almacenamiento de carbono y nitrógeno, lo que es importante para contribuir a la lucha contra el cambio climático en los suelos cafetaleros, especialmente en sistemas bajo sombra. Además, la glomalina responde a los cambios de uso de suelo, por lo que se considera un indicador de la salud y su calidad. Actúa como un “cemento natural” (Figura 2) que une las partículas de arena, limo y arcilla para formar microagregados, lo que mejora la estructura del suelo y como resultado, se incrementa la retención de agua y nutrientes para

favorecer el desarrollo de los cafetales y disminuir la erosión del suelo sobre todo de laderas, donde se cultiva esta planta.

La concentración de glomalina en los suelos cafetaleros varía de acuerdo con la presencia y abundancia de las especies de HMA, las condiciones climáticas (precipitación, temperatura), la variedad de café, el manejo del suelo, el contenido de agua y nutrientes, factores responsables de que los suelos donde se cultiva café almacenen más contenido de glomalina.



Figura 1. Planta de café con cerezas en Huatusco, Veracruz. Fuente: Ana Leidy Copalcua Rosales.

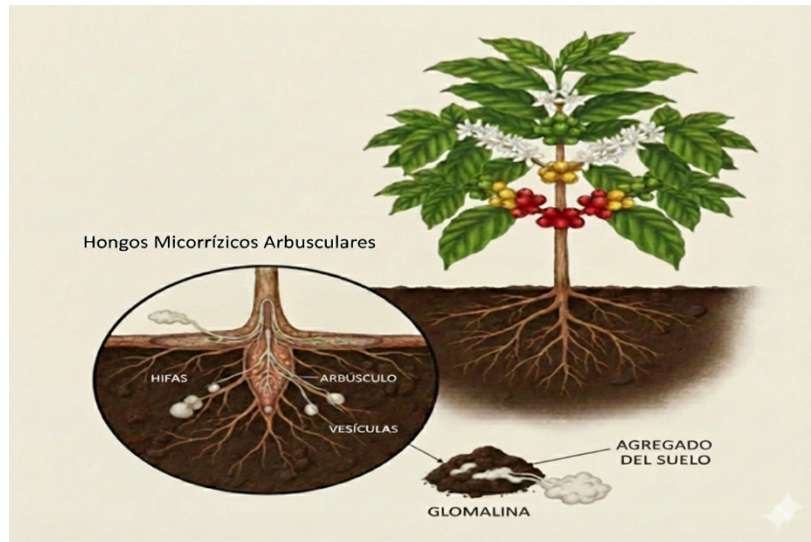


Figura 2. La producción de glomalina por los hongos micorrízicos arbusculares y su importancia en la formación de agregados en suelos cafetaleros. Fuente: IA Gemini-Google

Composición y distribución de la superheroína, la glomalina

La glomalina, conjunto de glicoproteínas (proteínas unidas a carbohidratos) secretada por las paredes de las esporas e hifas de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), estas últimas, semejantes a tubos diminutos que permiten a los HMA extenderse en el suelo en busca de agua y nutrimentos. Los HMA viven en simbiosis con las raíces de la mayoría de las plantas, en una de las alianzas más estrechas de la naturaleza: los hongos ayudan a las raíces a absorber agua y nutrimentos; mientras que, las plantas les proporcionan a los hongos, carbohidratos y otros compuestos orgánicos que producen a través del proceso de la fotosíntesis, ¡Un ganar-ganar! para ambas partes.

Sin glomalina se tendrán agregados débiles y menos estables, lo que hace que el suelo cafetalero sea más propenso a la degradación.

La glomalina total es considerada la fracción más resistente y de difícil degradación; mientras que, la fácilmente extraíble, la más lábil y débilmente unida a las partículas del suelo. De manera general, la glomalina es una reserva vital de nutrimentos, su composición contiene de 36 a 59% de carbono, del 3 al 5% de nitrógeno y de un 0.8 a 8% de hierro. Esta superheroína se encuentra en suelos de diversos ecosistemas en cantidades variables, lo que se atribuye a las diferencias ambientales que influyen directamente en la abundancia y actividad de los HMA en cada entorno.



En suelos con alto contenido de materia orgánica, como los forestales, la concentración de glomalina varía entre 44.2 a 46.1 mg g⁻¹; mientras que, en suelos cafetaleros oscila de 18.5 a 60 mg g⁻¹. En contraste, los sistemas silvopastoriles presentan menores cantidades, alrededor de 2.45 mg g⁻¹, y los suelos agrícolas de 1.32 a 2.18 mg g⁻¹. En el caso de los tepetates, los cuales se caracterizan por presentar bajo contenido de materia orgánica se reportan concentraciones de 0.3 a 0.4 mg g⁻¹ de glomalina. La materia orgánica es un elemento esencial para la producción de la glomalina, esto debido a que los residuos orgánicos son degradados por la actividad de diferentes especies microbianas como las bacterias y hongos, quienes a través del proceso de mineralización liberan los nutrientes al suelo. Las plantas entonces los pueden absorber de forma directa a través de sus raíces o indirecta por los microorganismos, tal como sucede por los hongos micorrízicos arbusculares.

Los agregados del suelo y la glomalina

El suelo se considera un sistema disperso, dinámico en donde se pueden diferenciar tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida considera los componentes inorgánicos y orgánicos, además de poseer la mayor estabilidad, es heterogénea y se forma por una mezcla de materiales que se diferencian en su composición, constitución y propiedades.

La manera en la que las partículas del suelo se agrupan en agregados define su estructura, la cual depende en gran medida del contenido de materia orgánica y de la actividad biológica. La fauna del suelo, principalmente las lombrices, ayudan a la formación de agregados a partir de sus excretas. Las raíces de las plantas y las hifas de hongos saprófitos crean una red para atrapar las partículas del suelo; mientras que, las bacterias favorecen la agregación mediante la secreción de polisacáridos, los cuales unen las fracciones orgánicas en agregados estables. Los hongos micorrízicos arbusculares también contribuyen a este proceso; sus hifas unen las partículas del suelo por la fuerza mecánica o mediante la secreción de glomalina, heroína que estabiliza los agregados e incrementa la estabilidad estructural, mejora la retención de agua y disminuye la erosión.

La estabilidad de los agregados y la organización de las fases del suelo determinan la porosidad, la aireación y el movimiento del agua, factores esenciales para el desarrollo de las raíces y la actividad microbiana. Cuando la estructura del suelo se altera por prácticas intensivas o pérdida de materia orgánica, éste se vuelve más compacto y susceptible a la erosión, lo que limita la productividad y la regeneración natural del ecosistema.

Cada hifa de un hongo micorrízico arbuscular es una fábrica silenciosa de glomalina.





La glomalina en el café: un sabor a sostenibilidad

En las plantaciones de café, la glomalina cumple una función fundamental en la conservación y mejora de la estructura del suelo, además de constituir una reserva importante de nitrógeno, fósforo y carbono orgánico. Su presencia favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas de café, lo que promueve un mayor rendimiento de grano y una mejor calidad, y repercute en un sabor más consistente y agradable al paladar.

Dadas las condiciones topográficas (pendientes moderadas a fuertes) y climáticas (alta humedad) de los suelos cafetaleros (Figura 3), los procesos de degradación se presentan principalmente durante el período de lluvias y principalmente en los sistemas a pleno sol. Por ello, es necesario fomentar la implementación de prácticas que incrementen el contenido de materia orgánica, el uso de abonos verdes y, de suma importancia, reducir la aplicación de agroquímicos, los cuales afectan de manera significativa a las poblaciones de hongos micorrízicos arbusculares y por la tanto a su actividad.

Además de su función estructural, la glomalina contribuye al incremento de la infiltración y retención del agua, mejora la resistencia del suelo a la compactación y reduce la pérdida de partículas por erosión en laderas cafetaleras. De esta manera, los suelos con mayor contenido de glomalina presentan mayor resiliencia ante lluvias intensas y mantienen la productividad del cultivo del café a largo plazo. En cafetales bajo sombra se favorece el crecimiento de los hongos micorrízicos arbusculares y por lo tanto un mayor contenido de glomalina, comparado con el sistema de producción con monocultivo a pleno sol.

Fomentar condiciones que estimulen la actividad de los hongos micorrízicos arbusculares, como el uso de coberturas vegetales, compostas y prácticas agroecológicas, será importante para conservar la glomalina y, con ello, la productividad y sostenibilidad de los sistemas cafetaleros.



Figura 3. El sistema bajo sombra del cultivo del café en Huatusco, Veracruz. Fuente: Ana Leidy Copalcua Rosales.



Conclusión

En los suelos cafetaleros los hongos micorrízicos arbusculares son cruciales, debido a la producción de glomalina, esta superheroína mejora la disponibilidad de nutrimentos, incrementa la retención de agua, actúa como un reservorio de carbono y nitrógeno en el suelo. Además, ayuda a la formación de agregados, para proteger al suelo de la erosión y evitar la degradación de los suelos bajo la producción de café. Esta heroína invisible merece que se le reconozca por su papel silencioso pero decisivo en la salud y resiliencia de los suelos cafetaleros.

Literatura recomendada

- Carrillo-Saucedo, S. M., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S., & Cruz-Ortega, R. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta Botánica Mexicana*, 129, 1-15. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>
 - Holátko, J., Brtnický, M., Kučerík, J., Kotianová, M., Elbl, J., Kintl, A., Kynický, J., Benada, O., Datta, R., & Jansa, J. (2021). Glomalin – Truths, myths, and the future of this elusive soil glycoprotein. *Soil Biology & Biochemistry*, 153, 108116. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.108116>
 - Rodríguez-Yon, Y., Chiriboga-Morocho, R., Concha-Egas, TG, & de León-Lima, DP (2020). Caracterización de las fracciones de glomalina en suelos Ferralíticos Rojos con diferente uso. *Cultivos Tropicales*, 41(4). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193266197004>



Semblanzas de autores

Ana Leidy Copalcua-Rosales. Licenciada en Química Clínica, estudiante de la Maestría en Ciencias en Sistemas del Ambiente del Centro de Investigación en Genética y Ambiente de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, desarrolla el proyecto “Impacto del manejo de suelos cafetaleros sobre la estabilidad de agregados y el contenido de glomalina”.

Elizabeth Hernández-Acosta. Profesora investigadora del DEIS-Suelos, de la Universidad Autónoma Chapingo. Agrónoma y edafóloga que estudia la simbiosis café-micorriza arbuscular en sistemas agroforestales.

Juan Ángel Tinoco-Rueda. Adscrito al Centro Académico Regional Sede Huatusco de la Universidad Autónoma Chapingo, quien desarrolla la línea de investigación “Cafecultura Integral Sostenible”.

Héctor Santos Luna-Zendejas. Adscrito al Laboratorio de Recursos Naturales del Centro de Investigación en Genética y Ambiente de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, en donde desarrolla la línea de investigación “Estudio de la bioprospección fúngica”.

Elizabeth García-Gallegos. Adscrita al Laboratorio de Recursos Naturales del Centro de Investigación en Genética y Ambiente de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, quien desarrolla la línea de investigación “Estudio y Manejo de la Calidad del Suelo”.