

Evaluación del contenido de glomalina y su relación con la agregación en suelos urbanos

Evaluation of glomalin content and its relationship with aggregation in urban soils

M. Suárez, C. Herbón, M.T. Barral & R. Paradelo*

*Departamento de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Farmacia, Universidad de Santiago de Compostela, España
(*E-mail: remigio.paradelo.nunez@usc.es)*

<https://doi.org/10.19084/rca.28743>

RESUMEN

La materia orgánica tiene un papel esencial en la agregación de las partículas de suelo y por ello en el desarrollo de una estructura estable. Entre los componentes orgánicos, se ha destacado el papel en la formación de agregados de la glomalina, una glicoproteína producida por hongos micorrízicos, cuyo contenido puede verse afectado por diversos factores, entre ellos el uso del suelo. En este trabajo se analiza el contenido de glomalina en 56 suelos urbanos de Santiago de Compostela, sobre distinto sustrato litológico y vegetación (forestal, prado y horticultura), y se evalúa su relación con la estabilidad de agregados. Las concentraciones de glomalina fácilmente extraíble varían entre 0,8 y 9,6 mg g⁻¹ (valor medio 4,8 mg g⁻¹, 8 % de la materia orgánica del suelo), sin que se observen diferencias atribuibles a la litología o uso del suelo. No se observa relación significativa de estabilidad de agregados en agua con la glomalina, pero tampoco con otras formas de C soluble ni con C total, lo que se atribuye al elevado contenido de materia orgánica de los suelos estudiados, que superan los valores umbrales por encima de los cuales la materia orgánica ya no tiene efectos apreciables en la agregación.

Palabras clave: estructura edáfica, agregados, estabilidad, materia orgánica, glomalina

ABSTRACT

Organic matter plays an essential role in the aggregation of soil particles and thus in the development of a stable structure. Among the organic components, the role of glomalin, a glycoprotein produced by mycorrhizal fungi, whose content can be affected by various factors, including land use, has been highlighted in the formation of aggregates. In this work, the content of glomalin in 56 urban soils of Santiago de Compostela is analyzed, on different lithological substrates and vegetation (forestry, grassland and horticulture), and its relationship with the stability of aggregates is evaluated. Easily extractable glomalin concentrations vary between 0.8 and 9.6 mg g⁻¹ (mean value 4.8 mg g⁻¹, 8 % of soil organic matter), with no differences attributable to lithology or land use. No significant relationship of stability of aggregates in water is observed with glomalin, but neither with other forms of soluble C nor with total C, which is attributed to the high organic matter content of the soils studied, which exceed the threshold values above of which organic matter no longer has appreciable effects on aggregation.

Keywords: edaphic structure, aggregates, stability, organic matter, glomalin

INTRODUCCIÓN

La glomalina es una glicoproteína producida y liberada al suelo por los hongos micorrícicos arbusculares. Se ha postulado que constituye el mayor componente de la materia orgánica del suelo y, por su lenta velocidad de degradación, se considera crucial para el almacenamiento de carbono orgánico del suelo (SOC) (Wang *et al.*, 2020), participando activamente en la formación de agregados (Wright and Upadhyaya, 1996, 1998; Wright *et al.*, 2007).

Se cuantifica de forma operativa, diferenciándose dos fracciones: la glomalina total (GT) y la glomalina fácilmente extraíble (GFE). La primera representa la máxima cantidad que puede ser extraída; está fuertemente unida a las partículas de suelo y requiere por ello de condiciones más drásticas de extracción que la GFE, que se considera de más reciente deposición y más relacionada con la estabilidad de la agregación (Wright & Upadhyaya, 1998).

La concentración de glomalina varía con el clima y usos del suelo (Rilling *et al.*, 2003), siendo mínima en suelo antárticos y máxima en suelos de bosques tropicales. En prados y bosques templados se han obtenido valores de glomalina entre 0,23 y 5,80 mg g⁻¹ (Hossain, 2021).

Por sus efectos en la estructura del suelo, fertilidad química y retención de metales, la glomalina se considera un buen indicador de calidad (Almendras *et al.*, 2002; Vasconcellos *et al.*, 2013). Las actividades y cambios de uso asociados al crecimiento urbano tienen un fuerte impacto en las propiedades y calidad de los suelos, pudiendo afectar a la producción de glomalina. Sin embargo, hasta el momento se han llevado a cabo muy escasos estudios sobre la distribución de glomalina en suelos urbanos y los ya publicados apuntan a una drástica disminución de la relación GFE/SOC (Wang *et al.*, 2018, 2019b, 2020).

Según nuestro conocimiento, no se han realizado estudios sobre glomalina en ambientes urbanos en España. En este trabajo se analiza la concentración de glomalina en suelos urbanos de Santiago de Compostela, desarrollados sobre diferentes materiales geológicos y dedicados a distintos usos, y se evalúa su relación con otras propiedades edáficas, con particular atención a la estabilidad de agregados en agua.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se obtuvieron muestras compuestas de suelo, mezclando 4-5 submuestras tomadas con barrena (0–20 cm), en 56 zonas verdes de Santiago de Compostela, con representación de los suelos desarrollados sobre todos los materiales geológicos (granitos, esquistos, gneis y anfibolitas) y distintos usos del suelo (vegetación herbácea, forestal y huertos urbanos).

La medida de pH, C orgánico y N total se llevó a cabo en suelo seco al aire tamizado por 2 mm, siguiendo los métodos descritos en Guitián y Carballas (1976). El carbono soluble en agua (Cs, 20 °C, 30 min) y el carbono extraíble en agua caliente (HWC, 80 °C, 16 h) se determinaron según Ghani *et al.* (2003), empleando una relación sólido-líquido de 1:10, determinando el C en los extractos por oxidación húmeda con dicromato.

Para la estimación de la estabilidad de agregados se empleó suelo sin perturbar, separando la fracción 1-2 mm por tamizado ligero, y sometiéndola a agitación en agua, tras prehumectación lenta, según el método de Kemper y Rosenau (1986). La estabilidad se presenta como el porcentaje de suelo agregado que queda en el tamiz con luz de malla 0.250 mm después de secado a 103 °C y corrección por el peso del material grueso > 0,25 mm.

La determinación de la glomalina fácilmente extraíble se llevó a cabo según Wright y Upadhyaya (1996), con extracción de 1 g de suelo en 8 mL de citrato trisódico 20 mM pH 7,0, en autoclave a 121 °C durante 30 minutos, centrifugación y posterior determinación colorimétrica a 595 nm, mediante el ensayo Bradford, empleando una curva patrón con seroalbúmina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de GFE oscilan entre 0,8 y 9,6 mg g⁻¹, con un valor medio de 4,8 mg g⁻¹, muy superior al encontrado en suelos urbanos (0,56 mg g⁻¹) por Wang *et al.* (2020). No se observan diferencias significativas en este componente según el uso del suelo o la litología (Figura 1).

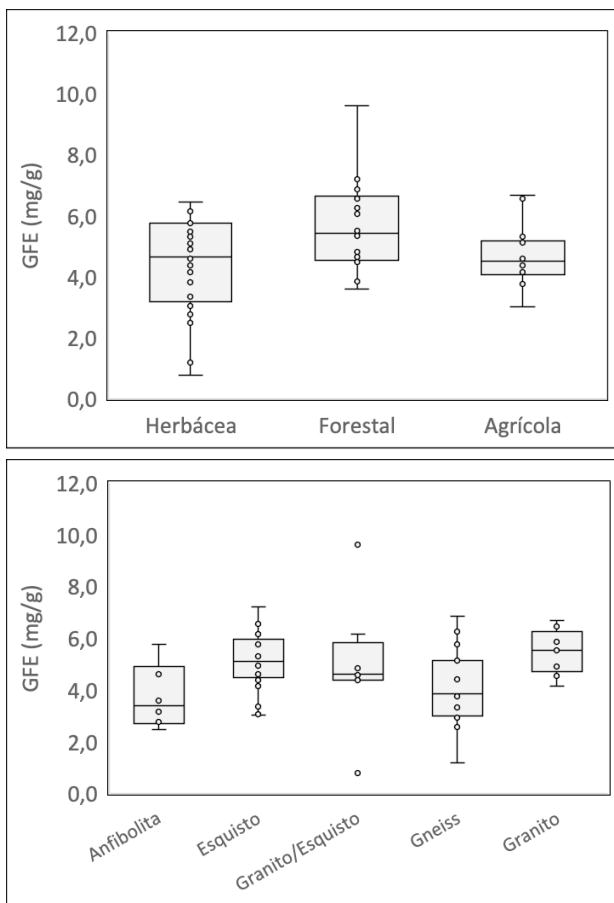


Figura 1 - Distribución de las concentraciones de glomalina fácilmente extraíble (GFE, mg g⁻¹), de acuerdo con el uso del suelo (arriba) y el sustrato geológico (abajo). Las líneas de las cajas representan los percentiles 25, 50 y 75%.

Se encuentra una correlación lineal significativa ($p < 0,01$) de la glomalina con el contenido de C y N totales, ambos componentes mayoritarios de la materia orgánica del suelo, con un mejor ajuste a una relación logarítmica con C total (Figura 2). El contenido de GFE representa entre un 4 y un 15 % de la materia orgánica del suelo, con un valor medio del 8 %. Expresado como proporción del C total, considerando una concentración media de C en glomalina del 35 % (Rillig *et al.* 2003), la proporción oscila entre 2 y 9 %, con un valor medio del 5 %, ligeramente superior al observado por Wang *et al.* (2019a) en suelos forestales de China (2-3 %).

Se considera que las formas de C solubles en agua fría y caliente (Cs y HWC, respectivamente) representan las fracciones de materia orgánica lábil que se producen durante la descomposición

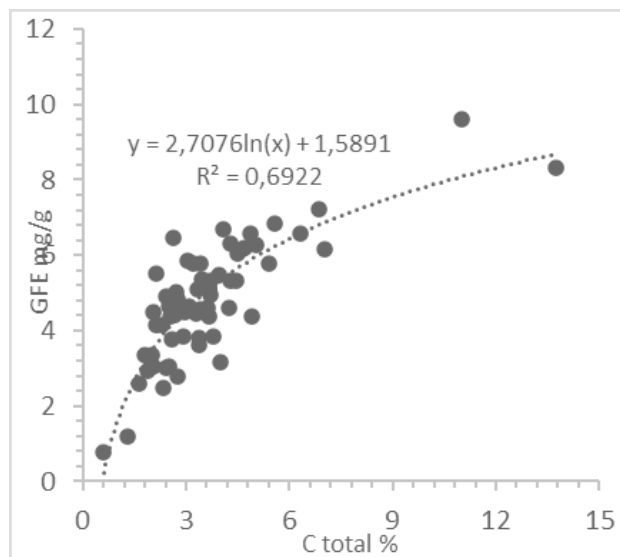


Figura 2 - Relación entre GFE y C total.

microbiana de los residuos vegetales en el suelo (Von Lützwow *et al.*, 2007). Se observa correlación positiva significativa ($p < 0,99$) entre GFE y ambos parámetros, si bien las concentraciones de GFE superan a las de Cs en dos órdenes de magnitud y en 1,8 veces la de HWC.

No se encuentra en este caso una correlación entre estabilidad estructural y GFE (Figura 3), pero tampoco con C total, ni con las otras formas de C soluble Cs y HWC. Este comportamiento puede ser debido a la elevada estabilidad de los agregados de los suelos analizados, que supera en general el 70 %, con un valor medio de 86 %.

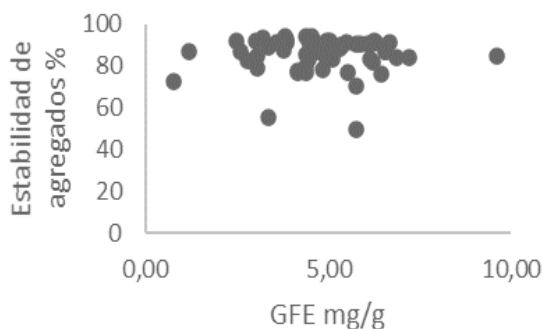


Figura 3 - Distribución de la estabilidad de agregados (%) en función de las concentraciones de glomalina fácilmente extraíble (GFE, mg g⁻¹).

Upadhyaya (1998) observaron que, más allá de una cierta saturación en un suelo dado, un aumento de glomalina no produce incrementos detectables en la estabilidad en agua, proponiendo, como posible explicación, que el sellado de los poros con esta sustancia ralentizaría la penetración de agua en los agregados.

La estabilidad de los suelos estudiados puede ser atribuida a sus elevados contenidos de materia orgánica y óxidos de hierro. De acuerdo con Kemper y Koch (1966), se puede establecer un valor umbral del 1-2 % de materia orgánica del suelo para el desarrollo de una buena estabilidad de agregados, valor que Greenland et al (1975) eleva a 3,4 %, contenidos ampliamente superados en la mayoría de los suelos estudiados, que variaron entre 1,0 y 23,6 %, con un valor medio del 6,4 %.

CONCLUSIONES

Los suelos urbanos de Santiago de Compostela presentan elevadas concentraciones de glomalina fácilmente extraíble (valor medio 4,8 mg g⁻¹, 8 % de la MOS), sin que existan diferencias atribuibles a la litología o uso del suelo. No se observa relación significativa de estabilidad de agregados en agua con la glomalina, pero tampoco con otras formas de C soluble ni con C total, lo que se atribuye al elevado contenido de materia orgánica de los suelos estudiados.

AGRADECIMIENTOS

R. Paradelo agradece al Ministerio de Economía y Competitividad de España la beca Ramón y Cajal (RYC-2016-19286). Esta investigación ha sido financiada por la Xunta de Galicia (Subvención nº ED431F 2018/04).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almendras, A.S. & Wright, S.F. (2002) - Glomalin: a potential soil quality indicator for Philippine uplands. *Philippine Journal of Crop Science*, vol. 27, art. 44.
- Ghani, A., Dexter, M. & Perrott, K.W. (2003) - Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 35, n. 9, p. 1231-1243. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(03\)00186-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(03)00186-X)
- Greenland, D.J., Rimmer, D. & Quirk, J.P. (1975) - Determination of the structural stability class of English and Welsh soils, using a water coherence test. *Journal of Soil Science*, vol. 26, n. 3, p. 294-303. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1975.tb01953.x>
- Gutián, F. & Carballas, M.T. (1976) - *Técnicas de análisis de suelos*. Santiago de Compostela: Editorial Pico Sacro.
- Hossain, M.B. (2021) - Glomalin and Contribution of Glomalin to Carbon Sequestration in Soil: A Review. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, vol. 9, n. 1, p. 191-196. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i1.191-196.3803>
- Kemper, W.D. & Koch, E.J. (1966) - Aggregate stability of soils from Western United States and Canada. In: *Acid Soil and Acid Rain*. Second edition. USDA Technical Bulletin 1355, Washington DC, USA: Research Studies Press.
- Kemper, W.D. & Rosenau, R.C. (1986) - Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A. (Ed.) - *Methods of soil analysis: Part 1—Physical and mineralogical methods*. 2nd ed. Agron. Monogr. 9 p. 425–442. Madison, WI: ASA and SSSA.
- Rillig, M.C.; Ramsey, P.W.; Morris, S. & Paul, E.A. (2003) - Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to land-use change. *Plant and Soil*, vol. 253, p. 293–299. <https://doi.org/10.1023/A:1024807820579>
- Vasconcellos, R.L.F.; Bonfim, J.A.; Baretta, D. & Cardoso, E.J.B. (2013) - Arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein as potential indicators of soil quality in a recuperation gradient of the Atlantic forest in Brazil. *Land Degradation & Development*, vol. 27, n. 2, p. 325-334. <https://doi.org/10.1002/ldr.2228>
- Von Lütow, M.; Kügel-Knabner, L.; Ekschmitt, K.; Flessa, H.; Guggenberger, G.; Matzner, E. & Marschner, B. (2007) - SOM fractionation methods: Relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 39, n. 9, p. 2183-2207. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.03.007>
- Wang, Q.; Wang, W.; Zhong, Z.; Wang, H. & Fu, Y. (2019a) - Variation in glomalin in soil profiles and its association with climatic conditions, shelterbelt characteristics, and soil properties in poplar shelterbelts of Northeast China. *Journal of Forest Research*, vol. 31, p. 279–290. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00909-w>
- Wang, Q.; Wang, W.J.; He, X.Y.; Zhou, W.; Zhai, C.; Wang, P.J.; Tang, Z.; Wei, C.H.; Zhang, B. & Xiao, L. (2019b) - Urbanization-induced glomalin changes and their associations with land-use configuration, forest characteristics, and soil properties in Changchun, Northeast China. *Journal of Soils and Sediments*, vol. 19, p. 2433-2444. <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02266-x>
- Wang, Q.; Zhang, D.; Zhou, W.; He, X. & Wang, W. (2020) - Urbanization led to a decline in glomalin-soil-carbon sequestration and responsible factors examination in Changchun, Northeastern China. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 48, art. 126506. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126506>
- Wang, W.J.; Wang, Q.; Zhou, W.; Xiao, L.; Wang, H.M. & He, X.Y. (2018) - Glomalin changes in urban-rural gradients and their possible associations with forest characteristics and soil properties in Harbin City, Northeastern China. *Journal of Environmental Management*, vol. 224, p. 225-234. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.047>
- Wright, S.F. & Upadhyaya, A. (1996) - Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science*, vol. 161, n. 9, p. 575–586.
- Wright, S.F. & Upadhyaya, A. (1998) - A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, vol. 198, p. 97-107. <https://doi.org/10.1023/A:1004347701584>
- Wright, S.F.; Green, V.S. & Cavigelli, M.A. (2007) - Glomalin in aggregate size classes from three different farming systems. *Soil Tillage Research*, vol. 94, n. 2, p. 546-549. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.08.003>