

# Suelos Sanos y Resilientes para el Desarrollo Sostenible



inirap

ISBN En Trámite



  
**¡Ah Chihuahua!**  
VÍVELO PARA AMARLO



SECRETARÍA  
DE TURISMO

SECRETARÍA  
DE DESARROLLO RURAL

EDITORES

Fabián Fernández Luqueño  
Gabriela Medina Pérez  
Dámaris L. Ojeda Barrios  
Dulce Y. Flores Rentería

**Nombres:** Fabián Fernández-Luqueño, editor | Gabriela Medina Pérez, editora | Dámaris L. Ojeda Barrios, editora | Dulce Y. Flores Rentería, editora

**Título:** Suelos Sanos y Resilientes para el Desarrollo Sostenible.

**Descripción:** Primera Edición Digital. | Saltillo, Coahuila de Zaragoza | Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. (SMCS), 2024.

**Identificadores:** ISBN Digital EN TRÁMITE

**Temas:** Los Suelos en el Espacio y Tiempo; Propiedades y Procesos del Suelo; Uso y Manejo del Suelo; El Papel del Suelo en la Sostenibilidad del Medio Ambiente y la Sociedad; Ciencias de Frontera y Multidisciplinarias del Suelo; Ecología y Ciencias de la Tierra.

Los manuscritos incluidos en este libro fueron arbitrados por pares académicos a solicitud del Comité Científico y Editorial del Comité Organizador del 48 Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. El contenido o información vertida son responsabilidad exclusiva de cada autor.

Primera Edición. ISBN: EN TRÁMITE

D. R. ©1st Edition

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. (SMCS), 2024

Publisher

Km. 38.5, Carretera México-Texcoco.

Universidad Autónoma Chapingo, Edificio del Departamento de Suelos,

C.P. 56230, Apartado Postal 45.

Chapingo, Estado de México. México.

Esta edición y sus características son propiedad de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

La versión electrónica de este libro es gratuita. Disponible en la página de la SMCS (<https://www.smcsmx.org/>)

Diseño y formación: Editores

Hecho en México



## División 6

### Ecología del Suelo y Ciencias de la Tierra

SALUD Y PRODUCTIVIDAD DE <i>Sorghum bicolor</i> L. MOENCH CON BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL María Magdalena Reyes-Chapero; Leticia Gómez-Velázquez; Moisés Graciano Carcaño-Montiel; Guadalupe Medina-de la Rosa; Lucía López-Reyes	...	752
CRITERIOS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA EL CULTIVO DE LA HIGUERA ( <i>Ficus carica</i> L.) EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y CONVENCIONAL Carla Patricia Villarreal Batista; Francisco Higinio Ruiz Espinoza; Enrique Troyo Diéguez	...	759
MANEJO DE LA MANCHA BACTERIANA DE CHILE EN INVERNADERO BAJO CONDICIONES DE BAJA FERTILIDAD Y ALTAS TEMPERATURAS María del Sol Cuellar-Espejel; Evangelina Esmeralda Quiñones-Aguilar; Rodolfo Hernández-Gutiérrez; Juan Carlos Mateos-Díaz; Sergio David Valerio-Landa; Gabriel Rincón-Enríquez	...	765
<b>HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y NUTRIENTES ASOCIADOS A DOS ESPECIES DE CACTÁCEAS EN MÉDANOS DE SAMALAYUCA, CHIHUAHUA</b> Ana Isabel Ortega Gurrola; Miroslava Quiñonez Martínez; José Valero Galván; Laura Alejandra De la Rosa Carrillo; Pedro Osuna Ávila; Silvia Margarita Carrillo Saucedo	...	772
BACTERIAS ASOCIADAS A <i>Distichlis spicata</i> L. INCREMENTAN LA CONCENTRACIÓN DE HIERRO (FE) Y BORO (B) EN TOMATE Ángel Mena-García*; Alejandro Alarcón; Libia Iris Trejo-Téllez; Fernando Carlos Gómez-Merino; María Guadalupe Peralta-Sánchez.	...	778
<i>Streptomyces sp.</i> COMO PROMOTOR DEL DESARROLLO VEGETATIVO AÉREO EN PLÁNTULAS DE CHILTEPÍN SILVESTRE Evelyn Berenice Sanchez-Chávez; Loreto Robles-Hernández; Ana Cecilia González-Franco; Brenda I. Guerrero	...	783
ESTABILIZACIÓN DE AGREGADOS POR HONGOS EN DOS COMUNIDADES DE BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA EN JALPAN DE SERRA, QUERÉTARO Yesenia Villegas Zuppa; Elizabeth Fuentes Romero; Norma Eugenia García Calderón; Tania González Vargas	...	789
RESPUESTA DEL SISTEMA RADICULAR DE CHILTEPÍN SILVESTRE A <i>Streptomyces sp.</i> PRIO41 Miguel A. Levario-Orona; Brenda I. Guerrero; Loreto Robles-Hernández; Ana C. Gonzalez-Franco	...	794
NÍQUEL Y SU INTERACCIÓN CON BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO EN PLANTAS DE LECHUGA Sara Monzerrat Ramírez-Olvera; Marco Polo Carballo-Sánchez	...	799

## HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y NUTRIENTES ASOCIADOS A DOS ESPECIES DE CACTÁCEAS EN MÉDANOS DE SAMALAYUCA, CHIHUAHUA

Ana Isabel Ortega Gurrola<sup>1</sup>; Miroslava Quiñonez Martínez<sup>1</sup>; José Valero Galván<sup>1</sup>; Laura Alejandra De la Rosa Carrillo<sup>1</sup>; Pedro Osuna Ávila<sup>1</sup>; Silvia Margarita Carrillo Saucedo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Plutarco Elías Calles #1210 Fovissste Chamizal Ciudad Juárez, Chih., Méx. C.P. 32310.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo, Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas, No. 46, Col. La Victoria, Hermosillo, Son. CP. 83304.  
ortegagana.24@gmail.com

### RESUMEN

La asociación planta-HMA es de vital importancia en la supervivencia y nutrición de las plantas gracias a su capacidad de acarrear agua y nutrientes al interior de esta. En ambientes hostiles como el desierto chihuahuense, el estudio de estos hongos y su relación con las cactáceas endémicas es casi inexistente, por lo que evaluaron las características fisicoquímicas de la rizosfera, así como la colonización radical de dos especies de cactáceas, *Opuntia arenaria* y *Echinocereus coccineus*, dentro de Área Natural Protegida (ANP) Médanos de Samalayuca, Chihuahua. Para esto se comprobó y contabilizó la colonización por HMA en raíces junto a un análisis físico y químico del suelo para cuantificar la concentración de macro y micronutrientes en rizosfera. Se concluyó que *E. coccineus* presentó el mayor porcentaje de colonización micorrízica y los mejores valores nutrimentales en suelo en comparación con *O. arenaria*.

### PALABRAS CLAVE

Cactáceas; Conservación; HMA; Suelos áridos; Interacciones.

### INTRODUCCIÓN

Las condiciones áridas o semiáridas representan un reto para la supervivencia de la vegetación a consecuencia de suelos con poca materia orgánica, baja disponibilidad de nutrientes y poca humedad.

Los suelos al norte de Chihuahua dentro del ANP Médanos de Samalayuca se identifican por ser de tipo Arenosol háplico (*ARh*) con un grado de erosión de moderado a alto (IMIP, 2013). Este tipo de suelo se caracteriza por tener poca retención de humedad con alto grado de evaporación y por ser duro y macizo cuando se seca, situación que influye negativamente en la posibilidad de la vegetación para obtener nutrientes y agua. Como consecuencia de esto, Delgado-Baquerizo *et al.* (2013) señalan que la disminución de la cubierta vegetal en suelos áridos provoca una reducción de las concentraciones de carbono y nitrógeno obtenido a través de la actividad biológica (escasa a su vez por falta de agua), incrementando la concentración de fósforo en suelo y por tanto provocando un desajuste de los ciclos de nutrientes.



Las cactáceas son una familia que desarrolló una morfología y metabolismo específicos para asegurar la resistencia y supervivencia a estos ambientes propensos a la sequía y al desajuste del reciclaje de nutrientes (Delgado-Baquerizo *et al.*, 2013). El metabolismo ácido de las Crasuláceas (CAM) es una de las estrategias de supervivencia con las que cuentan las cactáceas (y una variedad de plantas ubicadas en zonas áridas) que, a grandes rasgos, le permite absorber CO<sub>2</sub> al tiempo que retiene de forma más eficiente la humedad en su interior (Andrade *et al.*, 2007; Pizarro, 2014).

Los hongos micorrízicos arbusculares (o HMA) representan la clase más abundante de micorrizas capaces de formar asociaciones benéficas con el 90% de las plantas terrestres a través de interacciones con la raíz (Harrison, 1997). Esta asociación simbiótica, que inicia con el proceso de colonización al interior de la raíz, se ve moderada mediante un intercambio de señales moleculares liberadas en condiciones deficientes de nutrimentos (Salvioli di Fossalunga y Novero, 2019; Shi, Wang y Wang, 2023).

Parte integral del éxito de esta asociación hongo-planta es la formación de hifas, arbusculos (estructuras especializadas en el intercambio de nutrientes) y vesículas (estructuras de almacenamiento) de forma intracelular (Brundrett, 2004). Es en esta transferencia en que la planta recibe agua y minerales como fósforo y nitrógeno a cambio de derivados fotosintéticos del carbono, moléculas que sirven de alimento para el hongo.

La presencia de HMA se ha relacionado con la alteración morfológica de raíces y niveles de hormonas vegetales relacionadas a la tolerancia al estrés biótico y abiótico, así como en las propiedades físicas y químicas del suelo con la creación de agregados que promueven la estabilidad del suelo, mermando la erosión y aumentando la capacidad de conservación de humedad (Nazareno Saparrat *et al.*, 2018; Shi *et al.*, 2023). Esto último resulta de gran interés ecológico en zonas áridas o semiáridas donde la vegetación, los nutrimentos y la disponibilidad de agua es mínima o deficiente.

Esta relación simbiótica es de especial interés cuando la planta en cuestión presenta problemas de reproducción, por lo que esta investigación pretende analizar la relación de los HMA con las características físicas y químicas en el suelo de dos especies de cactáceas, *Opuntia arenaria* (Oa) y *Echinocereus coccineus* (Ec), dentro del ANP Médanos de Samalayuca, Chihuahua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Recolección.** Se seleccionó una zona cercana a las coordenadas 31°18'02.7"N 106°30'15.9"W en las inmediaciones del ANP Médanos de Samalayuca, Chihuahua (a 47 km al sur de Ciudad Juárez) con la presencia de ambas especies. Se tomaron en cuenta criterios de exclusión como el estar cercano a otras especies arbustivas y pastos de la zona para evitar la interferencia en los datos, seleccionando así cuatro plantas por especie de cactácea. Se excavó a una profundidad de aproximadamente 10-15 cm cerca de la planta para tomar muestras de suelo y raíz.

Se recolectaron 10 cm de raíz de cada una de las plantas de la misma especie, así como 1 kg de muestra compuesta de suelo de cada especie a partir de las mismas cuatro plantas. El muestreo fue realizado en el mes de febrero bajo condiciones de frío y humedad.

**Colonización.** Para comprobar la colonización por HMA se realizó un proceso de aclarado y tinción sobre 10 fragmentos de raíz de acuerdo a lo descrito por Phillips y Hayman (1970). Una vez procesadas, las raíces fueron observadas bajo el microscopio (Leica DM-E) con un lente de 10x con el que se realizó el conteo de estructuras micorrízicas (vesículas, arbuscúlos, hifas o nada) dentro de la raíz a través del método de la intersección (McGONIGLE *et al.*, 1990). Para la realización de los gráficos se empleó Excel.

**Análisis fisicoquímicos.** La determinación de la textura del suelo (técnica de Bouyoucos), materia orgánica (%MO, método Walkley-Black) y P (procedimiento de Olsen) fue realizada de acuerdo con lo detallado dentro de la NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Para determinar el K, Ca y Mg se empleó espectrofotometría de absorción atómica (EAA), mientras que para N se empleó el método del ácido salicílico. Las técnicas fueron realizadas sobre las muestras compuestas de cada especie.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis fisicoquímicos.** El análisis de textura mostró que el suelo de *O. arenaria* se compone por un 92.2% de arena, 2.56% de limo y 5.24% de arcilla, mientras que el suelo de *E. coccineus* se compone de un 93.12% de arena, 1.28% de limo y un 5.6% de arcilla. El pH se encontraba entre 8.1 y 8.46. Los autores Rucks y colaboradores (2004) señalan la importancia de los limos en el suelo, pues estos son capaces de contener y liberar minerales, como el potasio, con la capacidad de abastecer las necesidades de las plantas además de retener humedad en el suelo. Junto a los limos, las arcillas pueden presentar una serie de elementos en su estructura al tiempo que son capaces de atraer y ceder iones indispensables para la nutrición de las plantas. En contraste, la fracción de arena presenta poca o nula retención de humedad y nutrientes.

En su revisión, Monsalve y colaboradores (2017) señalan la importancia de la participación de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo en los procesos de mineralización. Esto debido a que, dependiendo de la textura del suelo, las condiciones de humedad se verán perjudicadas y con ello también la actividad biológica responsable de la degradación y mineralización de la materia orgánica en el suelo.

En cuestión de nutrientes en suelo, Ec presentó el menor %MO, pero los niveles más altos para ambas especies en todos los nutrientes analizados, siendo considerados como *Óptimos* (N y K) y *Buenos* (P y Ca). El suelo de Ec presentó deficiencias en Mg. Por otro lado, Oa presentó el mayor %MO con valores buenos en K, Ca y Mg, mientras que N y P presentaron deficiencias.

Ladd y colaboradores (1981) realizaron un estudio para medir las tasas de descomposición de materia orgánica a través del marcaje con isótopos, y encontraron que en suelos arenosos la descomposición fue más rápida en comparación con suelos arcillosos. En suelos ricos en arcilla y limo se presenta una disminución en la mineralización de nutrientes dado que estas fracciones de suelo evitan su descomposición al resguardar la MO en su interior, evitando la degradación por actividad microbiana (Skjemstad *et al.*, 1993).



Cuadro 1. Cuantificación de nutrientes y materia orgánica en suelo de *Opuntia arenaria* y *Echinocereus coccineus*.

	M.O. %	N	P	K ppm <sup>1</sup>	Ca	Mg
Oa	0.91	1.16	6.03	137.77	980	89
Ec	0.78	13.04	11.65	278.49	1552.3	45.46

<sup>1</sup>Datos mostrados en partes por millón (ppm).

**Porcentaje de colonización y estructuras fúngicas.** La observación bajo el microscopio de las raíces procesadas confirmó la colonización por hongos micorrízicos arbusculares para ambas especies de cactáceas. Se encontraron vesículas e hifas intracelularmente, sin presencia de arbusculos (Figura 1).

El porcentaje de colonización micorrízica en *Echinocereus coccineus* fue de un 47.5% mientras que en *Opuntia arenaria* fue de 39.5% (Figura 2).

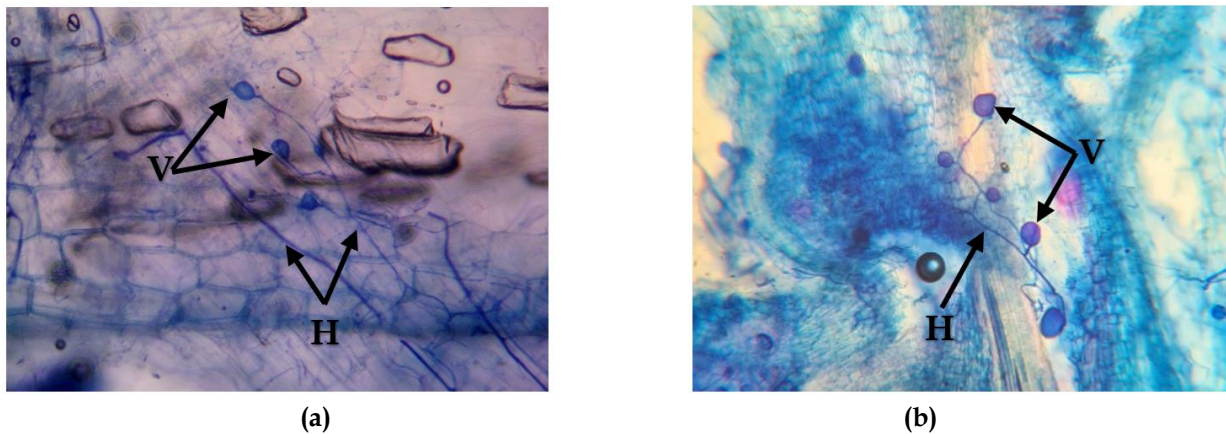


Figura 1. Vista bajo microscopio a 10x de tejido de raíz teñido con azul de tripano al 0.05%. H: hifas; V: vesículas. (a) Tejido celular de *Opuntia arenaria*; (b) Tejido celular de *Echinocereus coccineus*.

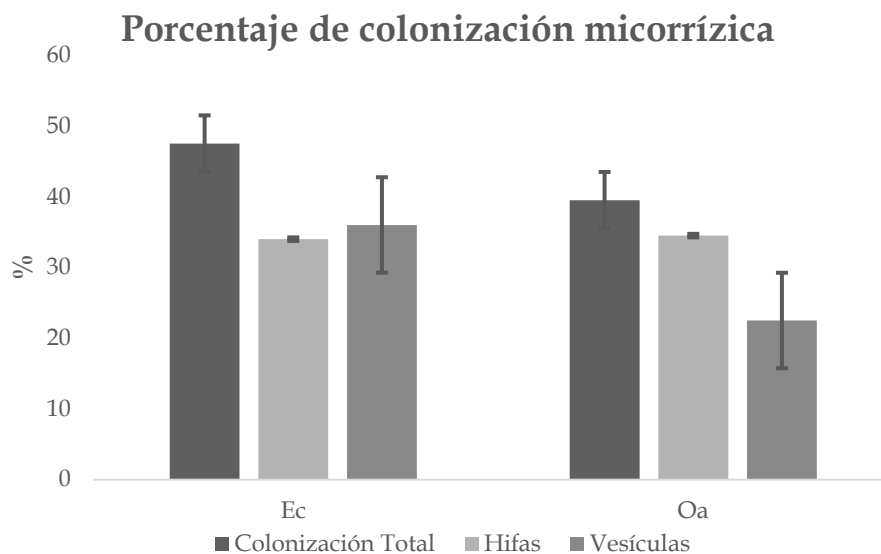


Figura 2. Porcentaje de colonización total y por estructuras en *Echinocereus coccineus* (Ec) y *Opuntia arenaria* (Oa).

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de fertilidad en suelo, se concluye que *E. coccineus* presenta los mejores niveles de nutrientes, así como el mayor porcentaje de colonización micorrízica en comparación con *O. arenaria*. Las discrepancias presentadas en la colonización por HMA podría ser el resultado de diferencias morfológicas en las raíces de ambas especies, donde *E. coccineus* presenta una raíz más gruesa y profunda, mientras que *O. arenaria* exhibe una raíz más pequeña, delicada y cercana a la superficie del suelo, lo que la sitúa en una situación vulnerable dentro de la NOM 059 SEMARNAT-2010.

En tanto los nutrientes, *E. coccineus* presenta una mayor cantidad de tejido vegetal, además de estar rodeado de otros arbustos que proveen una fuente cercana de nutrientes al descomponerse la materia orgánica.

## REFERENCIAS

- Andrade, J. L., de la Barrera, E., García, C. R., Ricalde, M. F., Soto, G. V., & Cervera, J. C. (2007). El metabolismo ácido de crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 81, 37-50. <https://www.redalyc.org/pdf/577/57708102.pdf>
- Brundrett, M. (2004). Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 79(3), 473-495. <https://doi.org/10.1017/s1464793103006316>
- Camarena-Gutierrez, G. (2012). Interacción planta-hongos micorrizicos arbusculares. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 18(3), 409-421. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.11.093>
- Delgado-Baquerizo, M., Maestre, F. T., Gallardo, A., Bowker, M. A., Wallenstein, M. D., Quero, J. L., Ochoa, V., Gozalo, B., García-Gómez, M., Soliveres, S., García-Palacios, P., Berdugo, M., Valencia, E., Escolar, C., Arredondo, T., Barraza-Zepeda, C., Bran, D., Carreira, J. A., Chaieb, M., ... Zaady, E. (2013). Decoupling of soil nutrient cycles as a function of aridity in global drylands. *Nature* 2013 502:7473, 502(7473), 672-676.
- Harrison, M. J. (1997). The arbuscular mycorrhizal symbiosis: an underground association. *Trends in Plant Science*, 2(2), 54-60.
- IMIP. (2013). Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ladd, J. N., Oades, J. M., & Amato, M. (1981). Microbial biomass formed from <sup>14</sup>C, <sup>15</sup>N-labelled plant material decomposing in soils in the field. *Soil Biology and Biochemistry*, 13(2), 119-126. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0717\(81\)90007-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0717(81)90007-9)
- McGONIGLE, T. P., Miller, M. H., Evans, D. G., Fairchild, G. L., & Swan, J. A. (1990). A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *The New Phytologist*, 115(3), 495-501.
- Monsalve-C., Ó. I., Gutiérrez-D., J. S., & Cardona, W. A. (2017). Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 200-209. <https://doi.org/10.17584/RCCH.2017V11I1.5663>



- Nazareno Saparrat, M. C., Ruscitti, M. F., & Arango, M. C. (2018). Micorrizas arbusculares. *Biología y aplicaciones en el sector Agro-forestal*. In *Libros de Cátedra* (Vol. 2, Issue 3).
- Phillips, J. M., & Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1), 158-181.
- Pizarro, N. J. (2014). *Cactáceas de Tacna* (Primera ed). [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Pizarro-4/publication/283644660\\_Cactaceas\\_de\\_Tacna/links/564247e508aebaaea1f8d5b4/Cactaceas-de-Tacna.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Pizarro-4/publication/283644660_Cactaceas_de_Tacna/links/564247e508aebaaea1f8d5b4/Cactaceas-de-Tacna.pdf)
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. In *Transactions of the Faraday Society* (Vol. 64). Facultad de Agronomía, Universidad de la República. [https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades\\_fisicas\\_del\\_suelo.pdf](https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades_fisicas_del_suelo.pdf)
- Salvioli di Fossalunga, A., & Novero, M. (2019). To trade in the field: the molecular determinants of arbuscular mycorrhiza nutrient exchange. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 6(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s40538-019-0150-7>
- Shi, J., Wang, X., & Wang, E. (2023). Mycorrhizal Symbiosis in Plant Growth and Stress Adaptation: From Genes to Ecosystems. *Annual Review of Plant Biology*, 74, 569-607.
- Skjemstad, J. O., Janik, L. J., Head, M. J., & McClure, S. G. (1993). High energy ultraviolet photo-oxidation: a novel technique for studying physically protected organic matter in clay- and silt-sized aggregates. *Journal of Soil Science*, 44(3), 485-499.