

# EL HÁBITAT DE LOS HONGOS Y SU VULNERABILIDAD ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Fernanda Giovanna Villegas-Gómez<sup>1\*</sup>, Iriliana López-Caballero<sup>2</sup> y Rita Fonseca-Alvarez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, México.

\*fer.giovg\_1026@ciencias.unam.mx (autora para correspondencia)

## RESUMEN

Los hongos son organismos con características únicas, las cuales no se presentan ni en plantas ni en animales, lo que los clasifica en un reino propio. Estos organismos tienen una alta distribución en la naturaleza tanto en el agua, el aire y el suelo. En este trabajo nos enfocaremos en la interacción que existe entre los hongos y el suelo, ya que son clave en el buen funcionamiento de los ecosistemas. Específicamente, abordamos la relación simbiótica entre las micorrizas y las raíces de las plantas a través del suelo que contribuyen activamente en los ciclos biogeoquímicos. Por su parte el cambio climático altera las condiciones atmosféricas y también las del suelo, lo que a su vez irrumpe el dinamismo ecológico y permite que se lleven a cabo estos procesos. De igual manera, la perturbación del suelo debido a agentes erosivos y actividades humanas ocasionan la pérdida del hábitat de millones de organismos que viven en esta capa superficial y que son esenciales para el funcionamiento óptimo de los ecosistemas terrestres.

**Palabras clave:** Cambio climático, suelo, micorrizas.

## ABSTRACT

*Fungi are organisms that have unique characteristics, which are not observed in plants or animals, which allows them to be classified in their own kingdom. These organisms have a high distribution in nature in water, air, and soil; however, in this work, we will focus on the interaction that exists between fungi and the soil since both factors are key to the proper functioning of ecosystems. Specifically, we address the symbiotic relationship between mycorrhizae and plant roots that occurs through the soil and that actively contribute to biogeochemical cycles; however, Climate Change alters atmospheric conditions and also those of the soil, which in turn disrupts ecological dynamism -which allows these processes to take place-. Likewise, the disturbance of the soil by erosive agents and human activities causes the loss of habitat for millions of organisms that live in its surface layer, and that are essential for the optimal functioning of terrestrial ecosystems.*

**Keywords:** Climate change, soil, mycorrhizae.

## INTRODUCCIÓN

Constantemente escuchamos que el cambio climático es una realidad que nos aqueja hoy en día, pero ¿qué es el cambio climático? Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, inciso 2, define el cambio climático como: “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (p. 3). La CMNUCC diferencia entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas, alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática que se asocia a causas naturales (Organización de las Naciones Unidas, 1992).

Arneith *et al.*, (2019) mencionan que las variaciones de los patrones climáticos han sido muy alterados, tan sólo en el periodo de 2006-2015, la temperatura media de la Tierra aumentó en 1.53 °C; por consiguiente: la sequía se intensifica y las precipitaciones disminuyen, lo cual altera intrínsecamente a los ecosistemas y las interacciones que en ella se llevan a cabo. Es de nuestro interés enfocarnos en cómo estas alteraciones repercuten en el desarrollo de los hongos, y para poder comprender esto, es necesario conocer el espacio físico donde se desarrollan algunos de estos organismos: el suelo.

### ¿Qué es el suelo?

Según la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, s. f.) “la definición de suelo está en función del área de interés. Desde el punto de vista agrícola, el suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y es utilizada por las raíces de las plantas, les da nutrientes y agua. Desde una perspectiva ambiental existen varias definiciones que incorporan el papel fundamental del suelo en los procesos ecosistémicos, debido a las funciones y servicios que realiza tales como la regulación y la distribución del flujo de agua o como un amortiguador de los efectos de diversos contaminantes (Astier *et al.*, 2002; SEMARNAT, s.f.). A partir de su origen y de los factores ambientales, la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA, por sus siglas en inglés), lo define como la capa superficial de material mineral y orgánico, no consolidado, que sirve de medio natural para el crecimiento de las plantas y hábitat para los hongos, bacterias y animales terrestres (SSSA, s. f., SEMARNAT, s. f.).

El suelo es un recurso natural no renovable que se forma a lo largo de cientos o miles de años por la interacción de los factores que le dan origen: material parental o roca madre, clima, topografía, tiempo y biota (hongos, bacterias, flora y fauna). Debido a la interacción de todos estos factores y actores, difiere en sus propiedades físicas, químicas, morfológicas y biológicas del sustrato rocoso del que se originó. Por ello, el suelo no es roca ni sedimento geológico, es el producto de las alteraciones físicas y químicas así como de las interacciones que experimentan estos materiales” (SEMARNAT s.f., p. 121).

Conjuntando las definiciones anteriores, podemos formular una sola explicación acerca de la capacidad del suelo desde una base ecológica, ya que es una parte fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas. El suelo es sumamente dinámico y heterogéneo, proporciona servicios de sostén que abarcan aquello que no es perceptible a simple vista y también provee de una gran variedad de microambientes habitados por bacterias, protistas, hongos, animales invertebrados (lombrices, insectos y arácnidos), quienes en conjunto conforman los ciclos biogeoquímicos y reciclan la materia orgánica (SEMARNAT, s.f.; Tickell y Tickell-Harrel, 2020).

De igual manera el suelo es un reservorio de carbono (C) para los ecosistemas terrestres ya que tienen más C que el que se encuentra en la vegetación y cerca del doble de C de lo que hay en la atmósfera, esto parece lógico pues todo funciona con C. Este elemento es la base de la vida, los microorganismos que habitan en el suelo viven de él por lo que se le puede considerar el motor que hace funcionar al sistema Tierra (Tickell y Tickell-Harrel, 2020).

Tal parece que la importancia del C es contradictoria cuando pensamos en el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como uno de los principales

gases que provocan el efecto invernadero, que es la forma en que el calor queda atrapado en la superficie de la Tierra, siendo una de las principales causas del calentamiento global; no obstante es aquí donde nuevamente aparece el suelo, pues gracias a que captura el C se reduce la liberación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Biferno *et al.*, 2023; SEMARNAT, s.f.)

Notoriamente necesitamos del suelo para sobrevivir, ya que es un recurso sumamente dinámico debido a su interacción tanto con factores bióticos como abióticos. Su importancia radica en ser la base de la red trófica y el principal proveedor de alimentos porque una tercera parte de la superficie terrestre es utilizada para la agricultura y también es el lugar donde se desarrollan servicios ecosistémicos (Aguirre *et al.*, 2022).

Todo lo anterior funciona de manera eficiente siempre y cuando el suelo sea saludable, con alto contenido de materia orgánica, que sea rico en minerales y microorganismos, así mismo, que tenga suficiente agua y buena ventilación. Aunque con las alteraciones climáticas como el calentamiento global y las actividades humanas, como el cambio del uso del suelo (p. ej., de forestal a agrícola, el incremento de nitrógeno, producto del empleo de fertilizantes), no sólo se altera la composición atmosférica, sino también la terrestre. El suelo se degrada cada vez más rápido, pierde su salud y por lo tanto disminuye su capacidad para producir bienes y prestar servicios en pro del equilibrio ecosistémico (FAO, 2017; FAO, 2023; Moreno *et al.*, s.f.).

Es así como las alteraciones de este recurso desequilibran los procesos y las interacciones que en él se llevan a cabo. Partiendo de ello hablaremos cómo es que los hongos se relacionan con el suelo.

### Hábitat y características de los hongos

Los hongos son un grupo de organismos con características propias de nutrición, fisiología, reproducción y organización, por lo que forman un reino aparte de las plantas y los animales, denominado reino *fungi*. Las células de los hongos tienen una forma filamentosacilindrica, llamadas hifas, que se ramifican y en conjunto forman un micelio; poseen núcleo y tienen una pared celular formada de quitina o celulosa, se reproducen asexual y sexualmente por medio de esporas. Algunos hongos presentan estructuras macroscópicas para su reproducción lo que se les denomina cuerpos fructíferos (Figura 1), los cuales se identifican muy bien, ya que los champiñones y las setas son un ejemplo (Aguirre-Acosta, 2021; Cepero de García *et al.*, 2012).

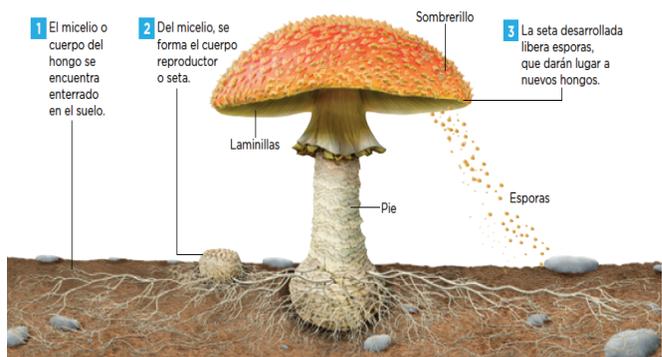


Figura 1. Cuerpo fructífero del hongo (Imagen tomada de BlinkLearning, s.f.)

La principal característica que los distingue de otras especies es su forma de nutrición por absorción, ya que no tienen clorofila como las plantas y tampoco realizan fotosíntesis, ni fijan C, por lo que requieren de compuestos orgánicos preformados para obtener energía. La forma en que obtienen sus nutrientes consiste en una digestión extracelular: en donde los hongos liberan enzimas al medio, las cuales se encargan de degradar otros compuestos en moléculas pequeñas y que ellos u otros organismos los puedan absorber (Cepero de García *et al.*, 2012; Unidad de Exhibición Biológica, 2012).

Los hongos equilibran los ecosistemas de diferentes maneras, por ejemplo, actúan como controladores biológicos y regulan las plagas que causan enfermedades en las plantas; modifican hábitats y cambian la estructura del suelo en los ecosistemas en los que viven, mitigando el impacto de los procesos ecológicos; como descomponedores de materia orgánica, reciclan nutrientes como nitrógeno y fósforo y liberan CO<sub>2</sub> a la atmósfera. En el caso de estos últimos, los nutrientes liberados son aprovechados por otros organismos, como las plantas, y así contribuyen al reciclado de nutrientes en el ecosistema (Alarcón-Gutiérrez y Ramírez-Guillén, 2022).

Por lo tanto, dado el dinamismo que representan en el ecosistema: estos organismos no sólo se hacen presentes en épocas de lluvias cuando surge el cuerpo fructífero, sino que, durante todo el año su micelio se encuentra presente por debajo del suelo y para que puedan subsistir requieren de ambientes muy húmedos, desarrollándose en sitios que presentan material orgánico, agua y temperatura con un rango entre 4 y 60 °C (Unidad de Exhibición Biológica, 2012). Sobre esta misma línea, un estudio realizado por Toledo *et al.* (2014) acerca de las variables ambientales en la fructificación de los hongos, demuestra que hay mayor abundancia de cuerpos fructíferos en suelos que guardan mayor humedad, a pesar de que la precipitación sea baja. No obstante las alteraciones climáticas afectan las condiciones del suelo y a su vez los ciclos biológicos de los hongos; de tal manera que la fructificación de setas se retrasa en respuesta al estrés hídrico (Marcos-Martínez, 2019).

### Micorrizas

Más allá de lo que se ve: hay hongos que no originan cuerpo fructífero, pero su micelio se encuentra presente en el sustrato y a su vez se asocian de manera muy estrecha con las raíces de las plantas, a estas comunidades fúngicas subterráneas se les denomina micorrizas. La palabra micorriza fue propuesta por el patólogo forestal alemán A. B. Frank, a principios de la década de 1880, para referirse a la relación “entre una especie de hongo y la raíz de un árbol”, qué en griego significa “hongo-raíz”.

Por otro lado, Andrade-Torres (2010) la define como: un proceso ecológico resultado de una historia evolutiva caracterizado por una interacción en la que las hifas de al menos una especie de hongo y las raíces secundarias de una o más plantas conforman una estructura a través de la cual se realiza un intercambio de agua, nutrientes y reguladores del crecimiento. Durante este proceso, las hifas del hongo actúan como una extensión de la raíz, aumentando su superficie de exploración en el sustrato, lo que concede a la planta mayor oportunidad de absorber agua y minerales esenciales (Figura 2).

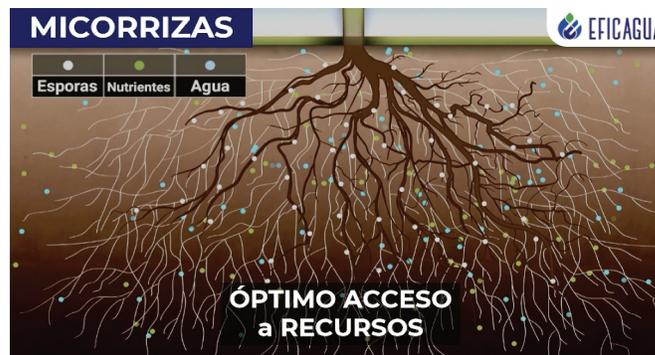


Figura 2. Asociación e interacción de las hifas micorrícicas (líneas blancas) con el suelo y las raíces de los árboles (Imagen tomada de Estrada C., s.f.)

Por su parte la planta proporciona al hongo carbohidratos o nutrientes, resultado de su actividad fotosintética, y un ambiente estable para las hifas” (p. 86).

Los hongos micorrícicos son saprobios, es decir que se alimentan de materia orgánica en descomposición, y por lo tanto enriquecen el sustrato con compuestos orgánicos formados de carbono, como nutrientes que le otorgan fertilidad al suelo. Por su parte el micelio participa en el mecanismo de atrapar y enlazar las partículas primarias para el desarrollo de agregados (que son partículas de suelo enlazadas o cementadas por sustancias orgánicas, óxidos de hierro, carbonatos, arcillas o sílice) para proporcionar estabilidad al terreno. Esto sucede porque las hifas de los hongos secretan polisacáridos y compuestos orgánicos que forman una malla pegajosa, la cual une el sistema hifal con las partículas individuales del suelo (González *et al.*, 2004).

Estos organismos fúngicos se asocian con el terreno y a su vez con el sistema radicular de las plantas formando las llamadas “micorrizas arbusculares”, de tal forma que fungen como un puente que facilita el suministro de nutrientes que pueden ser limitantes para la planta, así como la absorción de agua que les confiere tolerancia a la sequía (Altieri y Nicholls, 2013).

Por todo lo anterior, se afirma que la interacción de las micorrizas con el suelo indica una importante participación de los hongos en los procesos biogeoquímicos, de tal manera que le otorgan un alto enriquecimiento ecosistémico debido a la asociación que forman con las plantas, ya que se encuentran en más del 85 % de las especies que influyen en la diversidad vegetal. Esto sucede porque las hifas micorrícicas se extienden en grandes longitudes de terreno formando micelio y claramente abarcan más área en comparación con la raíz de la planta (Figura 2). La extensión del sistema hifal varía en los diferentes ecosistemas, pero el promedio va de 0.5 a 5 m de hifa por gramo de suelo y hasta 20 m en suelos saludables (González-Chávez *et al.*, 2004).

La interacción entre el suelo y los hongos se puede resumir de la siguiente manera: hay un enlazamiento físico por medio de la adherencia entre las hifas y las partículas del suelo, a su vez se enlazan químicamente tanto al sustrato, como a las raíces por medio de la secreción de un mucílago. Estos agregados confieren humedad y por lo tanto protección ante sequías, proporcionando las condiciones adecuadas para el desarrollo de las plantas y otros microorganismos (González *et al.*, 2004; Altieri y Nicholls, 2013).

## Beneficios y repercusiones mutuas

Ahora bien, así como el suelo da alojamiento a los hongos, estos también le otorgan ciertos beneficios y protección, incluso se pueden llegar a considerar un importante componente para su conservación, porque en conjunto forman agregados que son un reservorio de nutrientes y al mismo tiempo ejercen control ante la erosión (González-Chávez *et al.*, 2004). Sobre esta misma idea, al estar tan relacionados, no sólo comparten los beneficios, sino también las repercusiones que sufre el suelo e incide en los hongos.

Agentes naturales como el agua y el viento incrementan la erosión del suelo y causan alteraciones en las condiciones del sustrato. Las propiedades de este recurso se modifican de tal manera que hay mayor acumulación de sustancias tóxicas, acidez, salinidad y contaminación en general. De igual forma las variaciones climáticas como el aumento de temperatura hace que disminuyan los niveles de humedad. Por lo que no solo hay una alteración del suelo como recurso, sino también como hábitat para los hongos.

Es así como la relación planta-hongo que resulta ser muy idónea, puede verse afectada por las alteraciones en las condiciones físicas y químicas del suelo causadas por los cambios ambientales. Si las condiciones de humedad aumentan o disminuyen con el tiempo, causan ciertas repercusiones entre los organismos, como debilitamiento del huésped (planta), parasitismo y proliferación o disminución de ciertas poblaciones tanto de hongos como de plantas (Moreno *et al.*, s.f.).

Como se mencionó con anterioridad, los hongos son organismos altamente sensibles al estrés hídrico causado por la perturbación del terreno debido a la alteración de las condiciones climáticas. Por lo tanto estos organismos están perdiendo el lugar donde se alojan y a su vez la extensión del micelio se va reduciendo poco a poco; de tal forma que tanto las comunidades de hongos, como la vegetación asociada principalmente a climas húmedos se puede ver reducida de manera significativa.

## CONCLUSIONES

Como podemos leer, los hongos tienen un papel sumamente importante para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, ya que actúan como descomponedores de la materia orgánica y reciclan los nutrientes en el suelo. Su presencia y desempeño es fundamental en los procesos biogeoquímicos de los cuales dependen las plantas, ejemplo de ello es la presencia de las micorrizas, ya que se relacionan con el sistema radicular de las plantas simbiotas, contribuyendo con la disponibilidad de agua y nutrientes. Sin embargo, está estrecha relación se está viendo afectada por la alteración de las condiciones climáticas.

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen los comentarios de los revisores anónimos, los cuales contribuyeron sustancialmente a la mejora del escrito, así como al M. en C. Rodrigo Gutiérrez Navarro (Editor en Jefe de la Revista ECG) por su orientación y buena disposición y al Arq. Psj. Ángel Israel Hernández Martínez quien nos apoyó con la edición de las imágenes que ilustran este trabajo.

Así mismo, agradezco al Colegio Anáhuac, institución sede donde se llevó a cabo la estrategia didáctica y al grupo 501.

## REFERENCIAS

- Aguirre-Acosta, C. E., (2021). El de los hongos, un mundo aparte. Gaceta, UNAM (en línea). Recuperado el 16 de Noviembre de 2023. <https://www.gaceta.unam.mx/el-de-los-hongos-un-mundo-aparte/>
- Aguirre, S., Piraneque, N. y Mercado, T., (2022). Suelo y cambio climático. Colombia: Editorial Unimagdalena (en línea). Recuperado el 5 de octubre de 2023.
- Alarcón-Gutiérrez, E., Ramírez-Guillén, F. (2022). Los hongos en los ecosistemas. Crónica y Portal Comunicación Veracruzana (en línea). Recuperado el 23 de Noviembre de 2023. <https://www.inacol.mx/inacol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1835-los-hongos-en-los-ecosistemas>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. Agroecología, 8 (1): 7-20.
- Andrade-Torre, A. (2010). Micorrizas: antigua interacción entre plantas y hongos. Ciencia. Octubre-Diciembre, 84-90 (en línea). Recuperado el 23 de Noviembre de 2023. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_4/PDF/11\\_MICORRIZAS.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_4/PDF/11_MICORRIZAS.pdf)
- Arneith, A., Denton, F., Agus, F., Elbehri, A., Erb, K., Osman-Elasha, B., Rahimi, M., Rounsevell, M., Spence, A., Valentini, R., (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. Framing and Context (pp. 77-129). <https://doi.org/10.1017/9781009157988.003>
- Astier, Astier-Calderón, Maass-Moreno, M., Etchevers-Barra, J. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. Agrociencia 36: 605-620. 2002. Recuperado 07 de diciembre de 2023.
- Biferno, A., Shaftel, H., Callery, S., Jackson, R., Bailey, D. (2023). ¿Qué es el efecto invernadero? Global climate change. Vital signs of the planet (en línea).
- BlinkLearning. (s.f.). 2. Moneras protoctistas y hongos. Los seres vivos que no son animales (en línea). Recuperado el 05 de octubre de 2023. <https://www.blinklearning.com/coursePlayer/clases2.php?idclase=15835709&idcurso=390849>
- Cepero de García, C., Restrepo-Restrepo, S., Franco-Molano, A. E., Cárdenas-Toquica, M., Vargas-Estupiñán, N., (2012). Biología de hongos. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Biológicas; Ediciones Uniandes, Bogotá, Colombia (en línea).
- Estrada C. (s.f.). Micorrizas: herramienta biológica para mejorar la eficiencia del agua. BiologicalsLatam by Redafricola (en línea). Recuperado el 29 de septiembre de 2023. <https://biologicalslatam.com/micorrizas-herramienta-biologica-para-mejorar-la-eficiencia-del-agua/>
- González-Chávez, M. C. A., Gutiérrez-Castorena, M. C., Wright, S. (2004). Hongos micorrízicos arbusculares en la agregación del suelo y su estabilidad. Terra Latinoamericana, 22(4), 507-514.
- Guzmán-Duchen, D. y Montero-Torres, J. (2021). Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 8(2), 87-101. <https://doi.org/10.53287/uuyf4027gf99e>

- Marcos-Martínez, J. (2019). ¿Cómo afectará el cambio climático a los hongos en España? Cesta y setas. Agosto. Recuperado el 23 de mayo de 2023. <https://www.cestaysetas.com/como-afectara-el-cambio-climatico-a-los-hongos-en-espana/>
- Moneras prototistas y hongos. (s.f.). BlinkLearning. Recuperado el 23 de mayo de 2023. <https://www.blinklearning.com/coursePlayer/clases2.php?idclase=15835709&idcurso=390849>
- Moreno, G., Manjón, J., Álvarez, J., (s. f.). Los hongos y el cambio climático. Impactos y vulnerabilidad. Capítulo 6. Sociedad Micológica de Madrid, (pc. 129-135). Recuperado el 05 de octubre de 2023. [http://www.socmicolmadrid.org/docs/cap6-loshongosyelcambioclimatico\\_tcm7-403982.pdf](http://www.socmicolmadrid.org/docs/cap6-loshongosyelcambioclimatico_tcm7-403982.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado el 05 de octubre de 2023 <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2017. Apreciar el suelo sobre el que caminamos. Recuperado el 20 de noviembre de 2023. <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1071075/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2023. Portal de Suelo. Degradación del suelo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (s. f.). Suelos, capítulo 3 (en línea).
- Soil Science Society of America (SSSA). (s. f.). Glossary of Soil Science Term. Recuperado el 07 de diciembre de 2023. <https://www.soils.org/publications/soils-glossary/browse/s>
- Tickell, J. Tickell-Harrel, R. (2020). Kiss the ground [Documental]. Netflix.
- Toledo, C., Barroetaveña, C., Rajchenberg, M. (2014). Fenología y variables ambientales asociadas a la fructificación de hongos silvestres comestibles de los bosques andino-patagónicos en Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(4), 1093-1103. <https://doi.org/10.7550/rmb.40010>
- Unidad de Exhibición Biológica. (2012). Introducción a los hongos. Hoja Técnica de Divulgación Científica, No. 2, Agosto-Diciembre, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Biomédicas, Programa de Biología.
- Zúñiga-Castro, K., Quirós-Cedeño, G. (2021). Los hongos como elementos clave en la productividad del suelo, la agricultura y el bienestar social. *Biocenosis*, 32(1), 46–58. <https://doi.org/10.22458/rb.v32i1.3548>

Manuscrito recibido: 5 de octubre de 2023

Manuscrito corregido recibido: 30 de noviembre de 2023

Manuscrito aceptado: 5 de diciembre de 2023