

Si el suelo hablara: claves para entender su salud y su importancia

If the soil could talk: keys to understanding its health and importance

Pamela Fernanda Mejía Leyva, Nathalie Socorro Hernández Quiroz y Alfredo Pinedo Álvarez

Resumen

Bajo nuestros pies, ocurre una historia silenciosa que sostiene la vida tal como la conocemos. El suelo —ese recurso que muchas veces ignoramos— es vital para cultivar alimentos, filtrar el agua y mantener en equilibrio a los ecosistemas. Pero hoy, su salud está en peligro. La presión de las actividades humanas ha provocado su degradación, afectando la fertilidad, acelerando la erosión y volviéndonos más vulnerables ante fenómenos como las sequías y las inundaciones. ¿Cómo saber si un suelo está sano? En este artículo te contamos sobre cuatro indicadores sencillos, pero poderosos, que permiten evaluar su estado: la textura, la infiltración del agua, la estabilidad de los agregados y la estructura. Lo mejor es que no necesitas ser especialista para observarlos: con herramientas básicas y algo de curiosidad, cualquiera puede acercarse a este recurso desde una mirada más consciente. Este texto es una invitación a reconectar con la tierra, a entenderla y a cuidarla. Porque proteger el suelo es proteger la vida —la nuestra y la de las generaciones que vendrán.

Palabras clave: salud del suelo, degradación, sostenibilidad, indicadores del suelo, conservación.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO

Mejía Leyva, P. F., Hernández Quiroz, N. S., y Pinedo Álvarez, A. (2025, mayo-julio). Si el suelo hablara: claves para entender su salud y su importancia. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 26(3). <https://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2025.26.3.11>

Abstract

Beneath our feet, a silent story unfolds that sustains life as we know it. The soil —a resource we often overlook— is vital for growing food, filtering water, and maintaining ecosystem balance. But today, its health is in jeopardy. The pressure of human activities has led to its degradation, affecting fertility, accelerating erosion, and making us more vulnerable to phenomena like droughts and floods. How can we know if soil is healthy? In this article, we share four simple yet powerful indicators that allow us to assess its condition: texture, water infiltration, aggregate stability, and structure. The best part is that you don't need to be an expert to observe them: with basic tools and a bit of curiosity, anyone can approach this resource with a more mindful perspective. This text is an invitation to reconnect with the earth, to understand it, and to care for it. Because protecting the soil is protecting life —both ours and that of future generations.

Keywords: soil health, degradation, sustainability, soil indicators, conservation.

Pamela Fernanda Mejía Leyva

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, México

Es originaria de Chihuahua, México. Es Ingeniera en Ecología por la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) y cuenta con una maestría en Suelos y Cambio Global, con especialización en Recursos Físicos del Paisaje, por las universidades de Gante (Bélgica) y Aarhus (Dinamarca). Actualmente cursa el sexto semestre del doctorado en Recursos Naturales en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH, donde también se desempeña como docente. Su investigación doctoral se centra en la salud del suelo, específicamente en la adaptación de un método de evaluación visual de la estructura del suelo para agostaderos. Sus intereses académicos incluyen el manejo sostenible de los recursos naturales y la vinculación entre ciencia y práctica en contextos rurales.

 [0009-0008-6895-5133](https://orcid.org/0009-0008-6895-5133)

Nathalie Socorro Hernández Quiroz

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, México

Originaria de Chihuahua, México, es Ingeniera en Ecología por la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) y cuenta con una Maestría en Ciencias con énfasis en Manejo de Recursos Naturales, obtenida en la misma institución. También tiene un doctorado en Ciencias Ambientales por el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A. C. (IPICYT). Actualmente, es docente-investigadora en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH, donde su investigación se centra en la biogeografía, el cambio climático y las invasiones biológicas. Su formación también le ha permitido desarrollar tecnologías para la mitigación y adaptación al cambio ambiental global.

Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Nivel I y cuenta con el perfil PRODEP. Ha publicado artículos científicos y de divulgación, participado en congresos y simposios, y dirigido tesis de licenciatura y maestría. Su principal objetivo profesional y personal es contribuir a la conservación de los recursos naturales, esenciales para la provisión de servicios ecosistémicos.


 [0000-0001-5158-3355](https://orcid.org/0000-0001-5158-3355)

Alfredo Pinedo Álvarez

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, México

Es Ingeniero en Ecología por la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), donde también obtuvo los grados de Maestro en Ciencias (2004) y Doctor en Philosophia (2008), con especialidad en monitoreo y evaluación de recursos naturales. Desde 2008 se ha desempeñado como docente en distintas instituciones, entre ellas la Universidad del Papaloapan (Oaxaca) y la Universidad Juárez del Estado de Durango. Actualmente es profesor-investigador en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH, donde también ocupa el cargo de director para el periodo 2022–2028. Su área de especialización es la aplicación de la Geomática en la solución de problemas vinculados al desarrollo territorial. Ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado, y cuenta con publicaciones científicas, capítulos de libros y ponencias en congresos. Es miembro del comité editorial revisor del *Journal Remote Sensing* y ha coordinado proyectos financiados por fondos externos. Desde 2015 forma parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), nivel I.

 apinedo@uach.mx

 [0000-0002-6060-3634](https://orcid.org/0000-0002-6060-3634)

Sobre lo que estamos parados... ¿Qué es el suelo, en realidad?

Cada vez que damos un paso, nos apoyamos en algo más que una superficie plana. Nuestros pies, al moverse, tocan algo que usualmente damos por sentado: el suelo. Pocas veces nos detenemos a pensar en esa capa invisible que sostiene nuestra vida. Pero ¿alguna vez te has preguntado qué es realmente el suelo? ¿Por qué importa tanto en nuestro día a día? ¿Y cómo afecta nuestro futuro, incluso si no lo vemos? Este artículo busca que reflexionemos sobre este recurso esencial que, aunque muchas veces ignorado, juega un papel crucial en nuestra existencia. Más que un simple “lugar donde pisamos”, el suelo es un pilar que sostiene nuestra vida, nuestra comida, e incluso nuestro futuro.

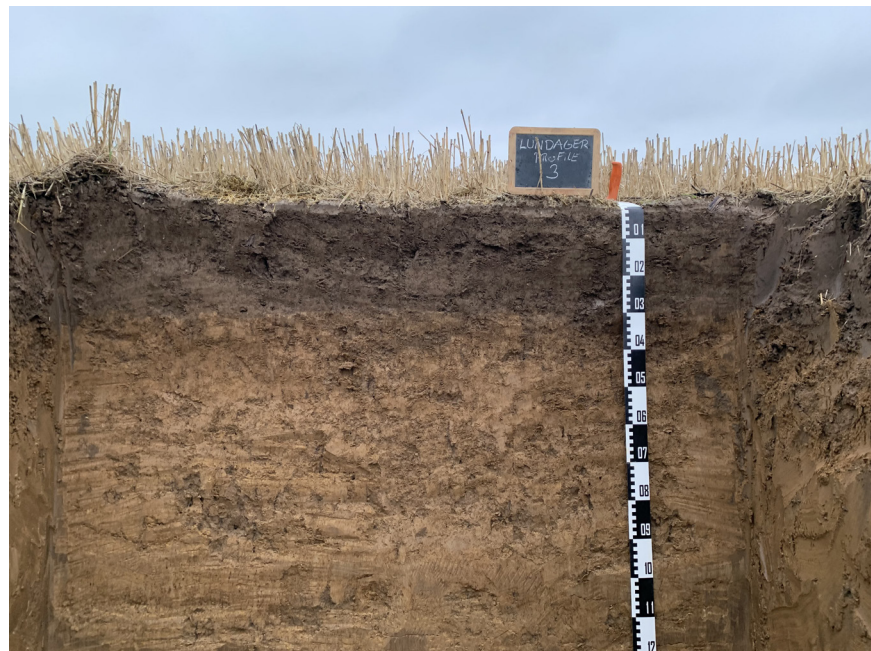


Figura 1. Perfil de suelo observado en la localidad de Assens, Dinamarca, donde se aprecian las capas que lo componen.

Crédito: Elaboración propia.

El suelo no es sólo tierra. Es el resultado de procesos naturales complejos. Se forma cuando las rocas se desintegran y se descomponen, gracias a la acción del clima, la topografía, el tiempo y los pequeños, pero poderosos microorganismos que lo habitan (Hillel, 1998). Estas interacciones físicas y químicas lo transforman en algo mucho más que arena o barro. Se convierte en un compuesto único de materia mineral (como arena, limo y arcilla), materia orgánica, agua, gases y, por supuesto, los microorganismos que lo hacen vibrar de vida. Sin embargo, no todo el suelo es igual. La proporción de sus componentes varía, y con ella, su capacidad para sostener la vida (Moebius-Clune et al., 2016). Por ejemplo, en México, casi el 52% de la superficie nacional está cubierta por suelos poco desarrollados, como los Leptosoles, que tienen una profundidad de menos de 25 centímetros, o los Regosoles, que son pedregosos y con poca materia orgánica. Pero, si buscamos fertilidad, ahí están los Phaeozems, Luvisoles y Vertisoles, suelos que dan vida a los cultivos que nos alimentan (SEMARNAT, 2010).

La base de todo: la importancia del suelo en nuestra vida diaria

Es fácil olvidar cuán crucial es el suelo para nuestra supervivencia, ya que está bajo nuestros pies, fuera de nuestra vista cotidiana. Pero cuando lo observamos desde una perspectiva más amplia, nos damos cuenta de que el suelo es responsable de una de las contribuciones más vitales de la naturaleza: la provisión de alimentos. Sin el suelo, los más de 8000 millones de seres humanos que habitamos el planeta no tendríamos qué comer (Rabot et al., 2018). De hecho, el 95% de los alimentos que consumimos provienen directamente del suelo, y este, además, nos da los nutrientes que necesitamos para mantenernos saludables (FAO, 2015; Pozza y Field, 2020). Así que, cada vez que saborees una zanahoria o disfrutes de un platillo, recuerda que el suelo es el lugar donde todo comenzó.

Pero el suelo no sólo nos alimenta; también nos da agua. Imagínate el suelo como una esponja gigante que captura y almacena el agua de lluvia, recargando los mantos acuíferos que nos dan el agua potable que necesitamos para vivir (Adhikari y Hartemink, 2016). Además, cuando el suelo capta, retiene y drena el agua, juega un papel fundamental en la prevención de inundaciones, que pueden causar estragos. De 1994 a 2013, alrededor de 2500 millones de personas se vieron afectadas por inundaciones, y el costo de los daños asciende a 40 mil millones de dólares por año (CRED, 2015; OECD, 2016).

Finalmente, el suelo es el hogar de una increíble diversidad de microorganismos. Estos pequeños habitantes son la base de muchos de los antibióticos que usamos para curar enfermedades y salvar vidas (Kraamwinkel et al., 2021; Nieder et al., 2018). Es por todo esto que podemos decir, con certeza, que el suelo es mucho más que tierra bajo nuestros pies: es un recurso vital para nuestra salud, bienestar y el equilibrio del planeta.

¿Qué significa tener un suelo sano?

Cuando hablamos de salud, lo primero que solemos pensar es en nuestro cuerpo: si comemos bien, si dormimos lo suficiente, si nos sentimos con energía. Pero, ¿y el suelo? ¿Puede un pedazo de tierra estar sano o enfermo? La respuesta es sí.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos lo define como “la capacidad continua del suelo de funcionar como un ecosistema viviente que sustenta a las plantas, animales y humanos” (USDA, 2009). Y esa idea —la del suelo como un ecosistema vivo— cambia por completo nuestra manera de entenderlo. Porque, aunque no lo veamos a simple vista, bajo nuestros pies hay millones de organismos realizando funciones vitales para el planeta. Banerjee y van der Heijden (2023) identificaron más de 40 funciones microbianas que impactan directamente no sólo la salud del suelo, sino también la nuestra, la de los animales y las plantas.

Un suelo saludable no necesariamente tiene que ser “virgen” o intocado. También puede ser un suelo manejado por las personas, siempre que conserve su

capacidad de brindar servicios ecosistémicos —como filtrar el agua, alimentar cultivos o capturar carbono— y tenga la resiliencia necesaria para recuperarse después de eventos dañinos (Lehmann et al., 2020). En otras palabras, un suelo sano es un suelo con vida, dinámico, capaz de adaptarse y seguir funcionando. Por eso, más allá de la ciencia, respetarlo y cuidarlo es un compromiso ético. Porque si cuidamos al suelo, nos cuidamos a nosotros mismos.

Estado actual del suelo: ¿es momento de alarmarnos?

La verdad es que sí. Y mucho. Porque aunque el suelo parezca eterno, no lo es. De hecho, es un recurso no renovable a escala humana. Se estima que puede tomar hasta mil años formar tan sólo un centímetro de suelo fértil (Bartz et al., 2015; FAO, 2017). Y si lo pensamos bien, eso significa que lo que hoy pisamos es el resultado de procesos que empezaron siglos —o incluso milenios— atrás. Lo menos que podemos hacer es protegerlo.

Sin embargo, la realidad actual es preocupante. A nivel global, se estima que alrededor del 40% de los suelos están degradados (UNCCD, 2022). ¿Por qué? Principalmente por actividades humanas: prácticas agrícolas intensivas, deforestación, pastoreo excesivo, contaminación y expansión urbana. Todo eso ha llevado al deterioro de este recurso vital.

Las amenazas son muchas: erosión, pérdida de materia orgánica, salinización, compactación, acidificación, desertificación, contaminación química... cada una va minando poco a poco la capacidad del suelo para sostener la vida. Y cuando esa capacidad se pierde, también se pierden oportunidades: de producción de alimentos, de desarrollo rural y de bienestar. En algunos casos, la degradación del suelo obliga a millones de personas a abandonar sus hogares en zonas rurales (Angerer et al., 2023), y si seguimos así, entre 50 y 700 millones más podrían verse afectadas para el año 2050 (Prävälje et al., 2021).

Veámoslo con un ejemplo concreto: cuando dejamos el suelo desprotegido —sin vegetación que lo cubra—, el viento y el agua se lo llevan. Así de simple. Lo que se pierde primero es la capa orgánica, esa tierra oscura cargada de nutrientes (Kumarasinghe, 2021). Y con ella, perdemos fertilidad. Se estima que si un suelo pierde apenas el 0.01% de su carbono, el efecto sería equivalente a poner 100 millones de autos más circulando por el mundo (European Commission et al., 2020).

Otro problema serio es la compactación, causada por el uso excesivo de maquinaria agrícola o por el sobrepastoreo del ganado. Esto reduce los espacios por donde circula el aire y el agua, asfixiando a los microorganismos y limitando el crecimiento de las plantas (Krümmelbein et al., 2009). Y si a eso le sumamos la deforestación, que elimina la cubierta vegetal que protege y alimenta el suelo, el resultado es una pérdida de servicios ecosistémicos. Es decir, el suelo deja de hacer lo que normalmente haría: regular el agua, sostener cultivos, mantener la biodiversidad.

Y eso tiene consecuencias: los suelos degradados son más vulnerables a inundaciones, tolvaneras, sequías y otras catástrofes naturales que se intensifican con el cambio climático.

Afortunadamente, todavía estamos a tiempo de cambiar el rumbo. Existen prácticas sostenibles que pueden frenar —e incluso revertir— la degradación del suelo. Algunas de ellas son la rotación de cultivos, el ajuste de la carga animal en el pastoreo, y el manejo forestal integral. Pero igual de importante es crear conciencia. Porque no podemos cuidar lo que no conocemos, ni valorar lo que damos por hecho.

Y aquí surge una pregunta clave: ¿Cómo podemos saber si un suelo está sano o degradado? ¿Qué herramientas tenemos para monitorear su condición? De eso hablaremos a continuación.

¿Cómo saber si un suelo está sano? Las señales que nos da

Conocer la salud de un suelo es un poco como tratar de entender el pulso de la Tierra: hay que observar, escuchar, tocar y hasta oler. ¿Está vivo, respira, guarda humedad, ofrece sustento? La respuesta no está en una sola señal, sino en un conjunto de indicadores que, juntos, nos hablan del estado físico, químico y biológico del suelo. Estos indicadores no son sólo datos fríos: son pistas que nos permiten decidir cómo cuidarlo, cómo restaurarlo, cómo convivir con él sin dañarlo.

Entre los más reconocidos están la materia orgánica —esos restos de vida que aún dialogan con el presente— y el carbono orgánico, esa porción del carbono que queda atrapada en la materia orgánica como testimonio de los ciclos vitales. Pero también existen otros indicadores más inmediatos, sencillos de observar, con los que podemos comenzar a leer el lenguaje del suelo sin necesidad de laboratorios: la textura, la infiltración, la estabilidad de los agregados y la estructura. Vamos con ellos.

Textura del suelo

¿Rugoso, suave o quebradizo?

La textura del suelo es su huella digital. Se refiere a la proporción de tres tipos de partículas: arcilla (las más pequeñas), limo (de tamaño intermedio) y arena (las más grandes) (FAO, 2023). Cada suelo tiene su propia mezcla, y esa mezcla determina su carácter: si es fértil o pobre, si retiene agua o la deja escapar, si respira con facilidad o se asfixia con cada lluvia.

Sentir el suelo entre los dedos —su suavidad, su aspereza, su capacidad de formar bolitas— es una forma ancestral y efectiva de leer su textura. Y aunque hay métodos más técnicos, también puedes hacer una prueba casera para identificarla. El siguiente enlace ofrece una guía sencilla para descubrir de qué está hecho tu suelo: [textura del suelo](#).

Infiltración

Si tuvieras sed, ¿tu suelo sería capaz de saciarla?

El agua llega a la superficie, pero... ¿Qué tan rápido penetra? Eso es la infiltración: la velocidad con la que el agua entra al suelo y deja de ser charco para convertirse en vida subterránea. Por ejemplo, una tasa de infiltración de 15 mm/h indica que el suelo absorbe una capa de agua de 15 mm en una hora (CIMMYT, 2013). No es sólo una cifra: es una señal de cuán preparado está el suelo para recibir el agua, almacenarla y compartirla con las raíces.

Medir la infiltración puede ser tan sencillo como jugar con agua y tiempo. El método de anillo simple requiere sólo un tubo (de unos 15 cm de diámetro y altura), agua (444 ml), un cronómetro y una bolsa de plástico. Se clava el tubo en el suelo unos 2 o 3 cm, sin alterarlo demasiado. Luego se cubre la superficie interna con la bolsa para amortiguar el golpe del agua, se vierte el líquido, se retira la bolsa y se pone en marcha el cronómetro. Si el agua desaparece rápido, es una buena señal. Si no, algo está fallando. Repite el experimento varias veces para obtener una tasa de infiltración constante.

Tipo de suelo	Tasa de infiltración (mm h-1)
Arenoso	Más de 30
Franco arenoso	20-30
Franco	10-20
Franco arcilloso	5-10
Arcilloso	1-5

Tabla 1. Tasas de infiltración en distintos tipos de suelo, útiles para evaluar su capacidad de absorción de agua.

Crédito: Brouwer et al. 1988.

Estabilidad de agregados

¿Qué tan resistente es tu casa?

Imagina tu suelo como una casa hecha de pequeños bloques. Esos bloques son los agregados, o terrones, y su capacidad para mantenerse unidos ante la lluvia o la pisada de una vaca dice mucho sobre su salud. Si se desmoronan con facilidad, como un muro mal construido, el suelo está en riesgo. Pero si resisten, son signo de fortaleza.

Agregados estables significan raíces más profundas, agua mejor aprovechada, carbono capturado y una biodiversidad activa debajo de nuestros pies. Su resistencia depende, entre otros factores, de su textura y del contenido de materia orgánica.



Figura 2. Evaluación de la estabilidad de agregados del suelo: un terrón sumergido en agua para observar su desintegración.

Crédito: Elaboración propia.

Para evaluar esta estabilidad, se puede hacer una prueba muy sencilla: en un vaso de cristal con agua se coloca una malla (tipo tela mosquitera) que sirva de sostén. Sobre ella, se pone el agregado y se deja reposar cinco minutos. Si se deshace en menos de un minuto, está en malas condiciones. Si se mantiene de uno a cinco minutos, puedes confiar en su estructura.

Estructura del suelo

El arreglo final de los ladrillos

Si los agregados son los bloques, la estructura del suelo es el diseño con el que están dispuestos. Es el plano arquitectónico subterráneo. De esta organización depende que haya huecos —poros— por donde circule el aire, fluya el agua y crezcan las raíces. Un suelo sano combina terrones pequeños con poros abundantes (figura 3 a). Pero si se compacta, si recibe demasiada presión, sus terrones se agrandan (figura 3 b), los poros se cierran y el suelo se convierte en una cárcel para la vida.



Figura 3. Comparación visual de dos suelos: a) con terrones pequeños y poca cohesión; b) con terrones grandes y buena estructura.

Crédito: Elaboración propia.

Para conocer la estructura del suelo basta una pala y algo de atención. Extrae un bloque y observa: ¿cómo están organizados los terrones?, ¿hay poros visibles?, ¿se desmorona fácilmente o está apelmazado?

Este método de evaluación visual incluye ocho indicadores fáciles de observar. El siguiente enlace te guía paso a paso: [evaluación visual](#). Al final, obtendrás una calificación que resume la salud estructural de tu suelo.

Lo que el suelo nos dice, si sabemos escuchar

El suelo es mucho más que el polvo bajo nuestros pies: es un recurso vital, insustituible y lleno de vida. Sin embargo, la forma en que lo hemos tratado —a través de prácticas agrícolas intensivas, deforestación, urbanización y contaminación— ha puesto en riesgo su salud y, con ella, la de todo el ecosistema del que formamos parte.

Conocer y aplicar los cuatro indicadores que aquí presentamos no sólo nos permite evaluar su condición, sino que también nos invita a mirar el suelo con otros ojos: como una plataforma viva que sostiene nuestra existencia. Estos métodos sencillos abren la puerta a estudios colaborativos, al fortalecimiento de la ciencia ciudadana y, sobre todo, a una reconexión urgente con la tierra.

Cuidar el suelo es cuidar la vida. Desde las raíces más pequeñas hasta las comunidades humanas más complejas, todo depende de ese delgado, pero poderoso manto que cubre al planeta. Que esta lectura no sea un punto final, sino el inicio de una curiosidad fértil por seguir aprendiendo, observando y protegiendo lo que sostiene nuestros pasos.

Referencias

- ❖ Adhikari, K., y Hartemink, A. E. (2016). Linking soils to ecosystem services — A global review. *Geoderma*, 262, 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>
- ❖ Angerer, J. P., Fox, W. E., Wolfe, J. E., Tolleson, D. R., y Owen, T. (2023). Land degradation in rangeland ecosystems. In *Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters* (pp. 395–434). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820509-9.00007-1>
- ❖ Banerjee, S., y van der Heijden, M. G. A. (2023). Soil microbiomes and one health. *Nature Reviews Microbiology*, 21(1), 6–20. <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00779-w>
- ❖ Bartz, D., Beste, A., Brent, Z., Chemnitz, C., Bonnet, M., Ehlers, K., Feldt, H., Fuhr, L., Gerke, J., Green, A., Holdinghausen, H., Kotschi, J., Lal, R., Lymbery, P., Mathias, E., Montanarella, L., Mundy, P., Nolte, H., Ostermeier, M., ... Wilson, J. (2015). *Soil Atlas. Facts and figures about earth, land and fields* (C. Chemnitz, J. Weigelt, D. Bartz, E. Stockmar, & P. Mundy, Eds.). Heinrich Böll Foundation and Institute for Advanced Sustainability Studies. https://mx.boell.org/sites/default/files/soilatlas2015_web_141221.pdf
- ❖ CIMMYT. (2013). *Infiltration: A practical guide for comparing crop management practices*. International Maize and Wheat Improvement Center. <http://hdl.handle.net/10883/3382>
- ❖ CRED. (2015). *The human cost of natural disasters: A global perspective*.



- ❖ European Commission, D.-G. for R. and I., Veerman, C., Pinto Correia, T., y Bastioli, C. (2020). *Caring for soil is caring for life: Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for healthy food, people, nature and climate: Interim report of the mission board for soil health and food*. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/821504>
- ❖ FAO. (2015). *Healthy soils are the basis for healthy food production*. Food and Agriculture Organization.
- ❖ FAO. (2017). *Cherishing the ground we walk on*. <https://www.fao.org/newsroom/story/cherishing-the-ground-we-walk-on/en>
- ❖ FAO. (2023, July 13). *Textura del suelo*. FAO Training. https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm
- ❖ Hillel, D. (1998). *Environmental soil physics*. Academic Press. <https://dewagumay.files.wordpress.com/2011/12/environmental-soil-physics.pdf>
- ❖ Kraamwinkel, C. T., Beaulieu, A., Dias, T., y Howison, R. A. (2021). Planetary limits to soil degradation. *Communications Earth & Environment*, 2(1), 249. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00323-3>
- ❖ Krümmelbein, J., Peth, S., Zhao, Y., y Horn, R. (2009). Grazing-induced alterations of soil hydraulic properties and functions in Inner Mongolia, PR China. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(6), 769–776. <https://doi.org/10.1002/jpln.200800218>
- ❖ Kumarasinghe, U. (2021). A review on new technologies in soil erosion management. *Journal of Research Technology and Engineering*, 2(1), 120–127. https://www.researchgate.net/publication/348406745_A_review_on_new_technologies_in_soil_erosion_management
- ❖ Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I., y Rillig, M. C. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(10), 544–553. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>
- ❖ Moebius-Clune, B. N., Moebius-Clune, D. J., Gugino, B. K., Idowu, O. J., Schindelbeck, R. R., Ristow, A. J., van Es, H. M., Thies, J. E., Shayler, H. A., McBride, M. B., Kurtz, K. S. M., Wolfe, D. W., y Abawi, G. S. (2016). Comprehensive assessment of soil health—The Cornell Framework (3.2). Cornell University. <https://www.css.cornell.edu/extension/soil-health/manual.pdf>
- ❖ Nieder, R., Benbi, D. K., y Reichl, F. X. (2018). Medicinal uses of soil components, geophagia and podoconiosis. In *Soil Components and Human Health* (pp. 35–97). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1222-2_2
- ❖ OECD. (2016). *Financial management of flood risk*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264257689-en>
- ❖ Pozza, L. E., y Field, D. J. (2020). The science of soil security and food security. *Soil Security*, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2020.100002>
- ❖ Prăvălie, R., Patriche, C., Borrelli, P., Panagos, P., Roșca, B., Dumitrașcu, M., Nita, I.-A., Săvulescu, I., Birsan, M.-V., y Bandoc, G. (2021). Arable lands under the pressure of multiple land degradation processes: A global perspective. *Environmental Research*, 194, 110697. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110697>

- ❖ Rabot, E., Wiesmeier, M., Schlüter, S., y Vogel, H. J. (2018). Soil structure as an indicator of soil functions: A review. In *Geoderma* (Vol. 314, pp. 122–137). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.009>
- ❖ SEMARNAT. (2010). *Atlas suelos*. Atlas.
- ❖ UNCCD. (2022, April 26). Chronic land degradation: UN offers stark warnings and practical remedies in Global Land Outlook 2. <https://www.unccd.int/news-stories/press-releases/chronic-land-degradation-un-offers-stark-warnings-and-practical>
- ❖ USDA. (2009). Earthworms. In *Soil quality indicators*. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2023-01/Soil%20Quality-Earthworms.pdf>

Recepción: 2024/11/06.
Aceptación: 2025/02/10.
Publicación: 2025/05/09.