

# LA DEGRADACIÓN DEL SUELO Y EL FUTURO DE LA HUMANIDAD

## SOIL DEGRADATION AND THE FUTURE OF HUMANITY

Etchevers Barra J. D.<sup>1</sup>, Cruz Gaistardo C. O.<sup>2</sup> y Gallardo Lancho J. F.<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Prof. Emérito del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo. Texcoco (México).

<sup>2</sup>Consultor en Sistemas de Información y Monitoreo de Recursos Naturales. Florida (Estados Unidos de Norteamérica).

<sup>3</sup>Prof. Investigador del C.S.I.C. y Titular de Universidad (jubilado). Salamanca (España).

\*Autor de correspondencia: [juanf.gallardo@gmail.com](mailto:juanf.gallardo@gmail.com)

**Recibido:** 25/octubre/2023

**Aceptado:** 05/enero/2024

### RESUMEN

La conservación del suelo es fundamental para el futuro de la humanidad. Cerca del 40 % de la superficie cultivable se encuentra amenazada por degradación en las próximas décadas. El suelo ha experimentado un grave proceso de degradación tras la revolución industrial. En este artículo se analizan los agentes causales de este fenómeno, entre ellos como la deforestación, las malas prácticas agrícolas, la urbanización, la minería y otros cambios inadecuados de uso de suelo, así como algunas de sus principales consecuencias: la pérdida de materia orgánica edáfica, la alteración de los ciclos biogeoquímicos la erosión edáfica acelerada, la compactación, salinización, alcalinización, la pérdida de fertilidad y finalmente la desertización. Se destaca la aceleración de la erosión tras la revolución industrial y se formulan interrogantes sobre la posición y actuación humana. Se plantean dos preguntas: *¿Qué ha hecho la sociedad con el suelo durante los últimos 250 años?* y *¿Qué puede hacer la sociedad en la actualidad?* Se concluye que se necesita una concienciación colectiva que haga entender a la sociedad que sin suelo no puede haber alimentos suficientes para la humanidad en un futuro no tan lejano.

**Palabras clave:** *Erosión edáfica, Degradación física, Degradación química, Conservación del suelo, Seguridad alimenticia.*

## ABSTRACT

Soil conservation is essential for the future of humanity. In the coming decades, nearly 40% of the arable surface is threatened by degradation. The soil experienced a serious degradation process after the Industrial Revolution. This paper analyzes the causal agents and their consequences, including deforestation, degradation of grasslands, loss of soil organic matter, alteration of biogeochemical cycles as causes, accelerated soil erosion, and loss of soil fertility, salinization, alkalization, and desertification as consequences. Other factors like urbanization and mining lead to more profound environmental degradation. We highlight the acceleration of erosion after the Industrial Revolution, and questions are raised about the human position and his action. Two questions arise: What has the society done with the land during the last 250 years? and What can the society do today's? Collective awareness is needed to make society understand that there cannot be enough food for humanity soon without soil.

*Keywords:* Soil erosion, Soil conservation, Physical degradation, Chemical degradation, Food safety.

## LA DEGRADACIÓN DEL SUELO

La deforestación y el uso agropecuario intensivo del suelo han sido las principales causas de la degradación acelerada del suelo durante los últimos dos siglos. La introducción generalizada de prácticas modernas de producción agrícola (como el uso de tractores y agroquímicos en la llamada agricultura empresarial) ha incrementado el deterioro del suelo. El objetivo general de la intensificación agropecuaria fue generar capital como producto de la explotación del suelo, sin considerar mayormente el impacto ambiental o ecológico que esto genera e ignorando la necesidad de restablecer los desequilibrios provocados.

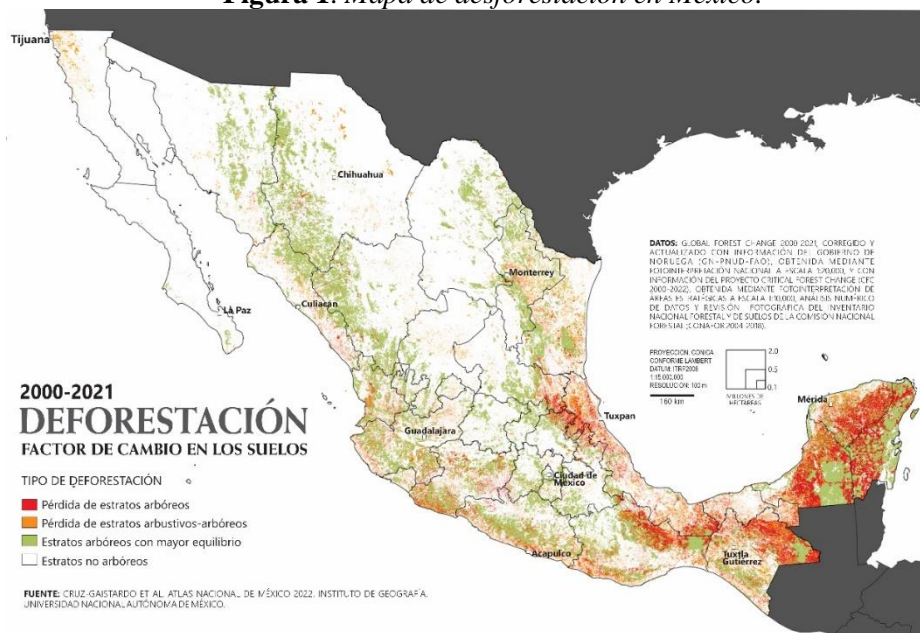
Una de las consecuencias más visibles de este impacto ha sido la paulatina pérdida de carbono orgánico del suelo (COS), fenómeno que ha ocasionado una acelerada degradación física. A esta pérdida hay que agregar las alteraciones fisicoquímicas por el uso indiscriminado de fertilizantes (v. g., urea), los cuales generan amoníaco y, tras un proceso de oxidación microbiana, estos se convierten en nitratos, causando la acidificación edáfica. Otras formas de

degradación química son provocadas por el uso de agua de baja calidad, que provoca salinización o contaminación de los suelos.

Los factores de la degradación general del suelo y los principales efectos de la pérdida parcial o total de sus funciones son:

- ***Desforestación***, que provoca la exposición del suelo desnudo (por la eliminación de la cubierta vegetal) a los rigores del clima y a la insolación, incrementando los riesgos erosivos y el endurecimiento de la superficie o su agrietamiento. Un elevado ritmo de desforestación o de talas a matarrasa son un riesgo que, de no ir acompañado de medidas inmediatas de repoblación o formación de terrazas (con los correctos desvíos de aguas superficiales), pueden conducir, de manera rápida, a la degradación erosiva del suelo (Fig. 1).

**Figura 1. Mapa de desforestación en México.**



*Fuente: elaboración propia.*

- ***Degradación de pastizales***, debido a una mala gestión, particularmente por sobrepastoreo, que elimina las especies palatables, conduce a la pérdida de la biodiversidad y, en muchas ocasiones, a la compactación del suelo por sobrecarga animal. A veces es la degradación viene causada por el empleo de aguas de mala calidad.
- ***Pérdida de COS***, que está asociada a la intensidad del laboreo y a la pérdida de la cubierta vegetal del suelo, lo cual provoca una intensificación de las emisiones de dióxido de

carbono ( $\text{CO}_2$ ) y otros gases y compuestos con efecto invernadero (GyCEI) hacia la atmósfera, coadyuvando al proceso de cambio climático. Gran parte del actual incremento de  $\text{CO}_2$  atmosférico proviene de la mineralización de la materia orgánica del suelo (MOS), siendo éste un proceso de transformación de los compuestos orgánicos por los microorganismos edáficos aerobios; dicho proceso libera en forma soluble elementos o compuestos químicos inorgánicos presentes en las estructuras orgánicas del suelo que, una vez solubilizados, pueden ser asimilados por las plantas. Este proceso también libera energía que es aprovechada por los microorganismos. Los principales controladores (*drivers*) de la mineralización de la MOS son la labranza intensiva del suelo y los desmontes. El ciclo del C se altera al acelerarse la mineralización de los componentes orgánicos depositados durante siglos o milenios sobre la capa más superficial (*epipedón*) de los suelos forestales. Por el contrario, si se logra incrementar la cantidad de COS mediante un buen manejo edáfico implica que se ha retirado de la atmósfera el correspondiente equivalente de  $\text{CO}_2$ .

- Alteración de los ciclos biogeoquímicos, debido a la pérdida de las diversas funciones del suelo. La alteración de ciclos (como el del agua) es el reflejo de la interrupción de otros ciclos como los del hidrógeno, oxígeno, carbono, nitrógeno, fósforo y azufre, los cuales son básicos para el funcionamiento de los ecosistemas y la supervivencia de todas las comunidades vegetales y animales.
- Erosión acelerada, esto es, la pérdida superficial del suelo o de la superficie arable, con aparición de surcos, cárcavas y, en ocasiones, deslaves de laderas enteras (Fig. 2 y Fotografías 1).
- Pérdida de fertilidad, por el uso irracional del suelo y por el manejo inadecuado de éste, frecuentemente representado por una falta de sincronía entre la demanda de nutrientes que imponen los cultivos con alto rendimiento y la capacidad de suministro de bioelementos del suelo. Este suministro viene regido por procesos edáficos, como el decaimiento de las reservas nutritivas que contiene el suelo por el natural proceso de la meteorización o intemperización o, bien, por el agotamiento de las reservas de COS, ya sea por razones naturales (mineralización) o por el mal manejo del suelo, lo cual puede conducir hacia un estado irreversible de erosión. La pérdida de fertilidad se puede controlar mediante la adición de fertilizantes; sin embargo, no es extraño que se añadan en cantidades menores a las demandadas o en relaciones no equilibradas entre nutrientes. Ello puede provocar

antagonismos por los cultivos, esto es, bloqueo de la absorción radicular o de la función de un nutriente por el relativo exceso de otro. El uso inapropiado de fertilizantes puede también provocar la acidificación o salinización como es conocido. Otro factor que puede afectar la fertilidad de los suelos es el empleo de aguas de riego de mala calidad, ya sea por su origen químico o porque haya sido contaminada de forma antrópica.

- Salinización y alcalinización, que son fenómenos provocados, entre otros factores, por el empleo de aguas de riego de baja calidad o por la aplicación de cantidades de fertilizante superiores a las requeridas (por ejemplo, en el bulbo del humedecimiento que genera el fertirriego).
- Desertificación, que se produce principalmente por la caída drástica del contenido de materia orgánica del suelo (MOS) y la biodiversidad y, consecuentemente, por la pérdida de efectividad de las funciones edáficas. Tras la desertificación suele ocurrir la desertización (abandono de cualquier actividad humana) y, con ello, diversos efectos socioambientales como la emigración. Este último fenómeno se encuentra relacionado con los procesos de cambios globales y se presenta de manera más aguda en ciertas regiones del mundo donde el inadecuado manejo del suelo (con caídas abruptas del contenido de COS e incremento drástico de la erosión) ha incidido con más fuerza por un incremento demográfico acelerado en las últimas décadas.
- Cambio de uso de tierras agrícolas de buena calidad a suelo urbano, generalmente asociado a la especulación urbana que, a corto plazo, resulta más rentable para los propietarios de los terrenos cercanos a las ciudades en expansión, que el uso agrícola del mismo. A largo plazo la desaparición de tierra cultivable, el sellamiento del suelo, la formación de islas de calor y el paulatino incremento de la contaminación, son consecuencias resultantes durante este proceso de cambio.
- La minería y los procesos industriales derivados, particularmente la extracción de minerales a cielo abierto (tajos) ha destruido y continuará destruyendo grandes superficies, contaminando sus entornos ambientales y afectando las aguas superficiales y subterráneas conectadas. No todos los países tienen leyes y normas estrictas anticontaminantes y de restauración ambiental. A veces los problemas de contaminación se corrigen tras sucesivos y evidentes desastres revelados por la prensa o por la presencia notable de enfermedades colectivas en las localidades cercanas a la explotación minera.

- **Otros problemas** que causan la degradación y que están asociados a la erosión edáfica son:
  - (a) la colmatación de embalses, esto es, el proceso consistente en que el vaso de un embalse se rellene paulatinamente con sedimentos arrastrados por las aguas de escorrentía o superficiales, acortando la vida útil de las presas o embalses; y (b) la pérdida irreversible del fósforo (P), elemento que tiende a concentrarse en los primeros centímetros de la superficie del suelo y que representa el componente más afectado (junto con la MOS) cuando desaparece el epipedón (capa más superficial del suelo).

### **Situación histórica y actual del problema**

Cualquier observador habrá advertido que la erosión o pérdida de suelo por causas antropogénicas se ha agudizado durante las dos últimas centurias. En muchas partes del globo terráqueo los ecosistemas prístinos ya no existen o han quedado reducidos a su mínima expresión. En algunas partes del mundo las áreas degradadas han sido declaradas parques o reservas naturales para impedir que se sigan degradando, pero estas constituyen más bien excepciones. Ello ha despertado la alarma en los países más desarrollados y sensibles al medio ambiente, de tal modo que, por ejemplo, el Parlamento de la Unión Europea ha emitido diversas resoluciones sobre la necesaria protección de los suelos.

La falta de sustento técnico y científico de algunas actividades humanas pueden degradar extensas superficies de suelos de forma lenta o imperceptible. Las pérdidas aceleradas se visualizan rápidamente, aunque en zonas muy concretas. Estas pérdidas pueden representar desde poco menos de una decena de toneladas por hectárea cada año (a veces de forma natural), hasta una veintena de toneladas por hectárea al año o más, como sucede en suelos de estructuras débiles en laderas recientemente desforestadas, en áreas sujetas a obras civiles sin medidas de protección ambiental, en desarrollos urbanísticos inapropiados o con presencia de minería especulativa. La planificación de estas actividades se basa más en función de políticas económicas centradas en lograr beneficios privados que en políticas de interés general, aprovechándose de la falta de información de muchos agricultores y ganaderos con escasos recursos.

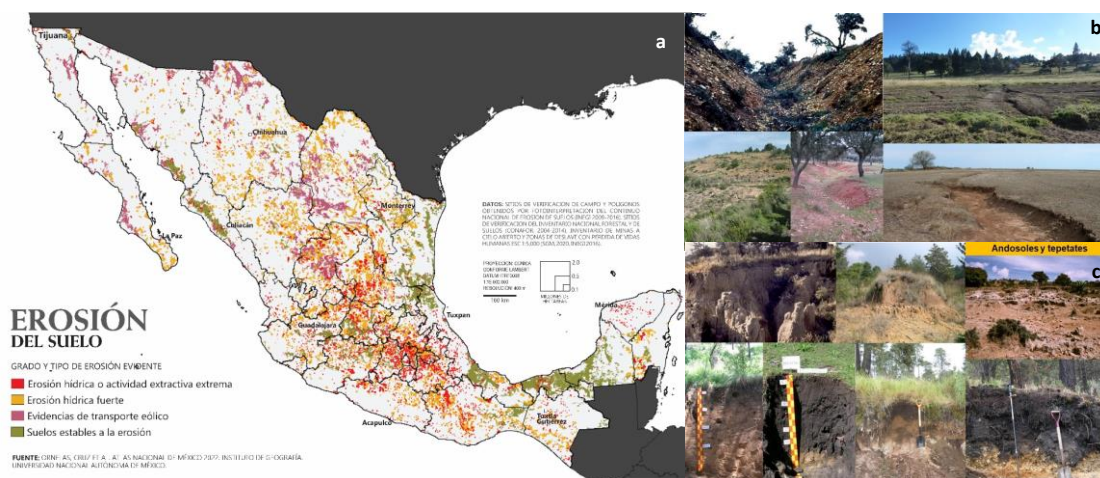
La degradación de un suelo potencialmente productivo afecta la calidad de vida de todos los seres humanos de su entorno y disminuye la tierra originalmente destinada al cultivo. Si no se pone alto a la constante degradación edáfica se continuará hipotecando el futuro y la existencia

de una parte de la especie humana, en particular de las clases sociales más vulnerables. Según la *F.A.O.* se calcula que una superficie de suelos equivalente a Costa Rica se degrada de alguna manera cada año. Las estimaciones de los expertos predicen que en las próximas cinco décadas se producirá una reducción de aproximadamente 30 a 40 % de la tierra actualmente cultivable.

Las emigraciones humanas (causadas por la pérdida total del suelo o por la reducción drástica de su productividad, aunado a las guerras, la excesiva contaminación o las hambrunas) han sido tema principal de las primeras páginas en la prensa actual, aunque esto ha sucedido durante toda la historia de la humanidad. Lamentablemente no se ha logrado poner remedio al proceso de degradación sobre un recurso que proporciona la mayor parte de los alimentos que consumimos los seres humanos y los animales domesticados.

De acuerdo con los trabajos de campo y fotointerpretación realizados por organismos oficiales que se relacionan con el suelo, en el caso de México existe un total de siete millones de hectáreas con erosión hídrica fuerte o extrema, de las cuales un 78 % fueron afectadas durante las últimas dos décadas por una intensa deforestación o un cambio inadecuado del uso del suelo; otros nueve millones de hectáreas de suelos están sujetas a fuerte actividad eólica (Fig. 2).

**Figura 2.** a) Mapa de erosión hídrica y eólica en México (elaboración propia), b) Vistas de erosiones de diferente intensidad (de izquierda a derecha y de arriba abajo: Erosión en cárcavas, erosión en surco, erosión laminar, erosión en cárcavas y erosión mixta), c) Tepetates tras procesos erosivos (arriba: cárcava y laminares) y Andosoles típicos escasamente alterados (abajo) ubicados en el cinturón volcánico mexicano.



*Fuente: elaboración propia.*

## El ser humano moderno y el suelo

El destacado científico colombiano Hernán Burbano examinó hace casi dos décadas la relación entre suelo, vida y sociedad, subrayando que el primero es el soporte del complejo sistema que constituye el planeta Tierra. Los expertos en suelos no cesan de repetir que este recurso natural es uno de los más valiosos de cualquier país. La *F.A.O.* lo calificó como “*el puente entre lo inanimado y lo vivo*”; por lo que la humanidad tiene el deber de conservarlo.

Si se busca una página *WEB* que muestre los diferentes componentes estructurales del planeta es difícil encontrar alguna de ellas en la que se haga mención del suelo como componente terrestre; en su lugar aparece información sobre núcleo, manto o corteza, si acaso “*formaciones superficiales*”. Ello deriva del interés superior de la Geología, que se centra en las rocas pero que excluye al suelo. Más aún, en los Objetivos del Desarrollo Sustentable (O.D.S.) formulados por la Organización de las Naciones Unidas en 2015 (AQUAE Fundación, 2021) el suelo no aparece mencionado específicamente como factor de riesgo, como sí lo es el caso de los bosques o el agua. Esta omisión acerca de la importancia de los suelos para los seres humanos y para la supervivencia de nuestra especie hace que este recurso no sea suficientemente valorado por la sociedad, permitiendo consecuentemente su destrucción.

Como es sabido, el ser humano moderno es el principal factor de alteración del medio ambiente. Desde la aparición del género *Homo* sobre la faz de la Tierra existió una relación relativamente equilibrada entre el ser humano y el ambiente que duró millones de años; sin embargo, ese equilibrio relativo se rompió definitivamente tras la masiva industrialización occidental (“*revolución industrial*”) como consecuencia de la invisibilidad del suelo para la sociedad “*postmoderna*”. La intensidad de su explotación y pérdida acelerada revisten un gran peligro y gravedad para la supervivencia de las generaciones futuras y pone en duda la propia existencia y permanencia de la humanidad.

Los cambios contemporáneos globales del sistema terrestre (actualmente observables con mayor profundidad), en particular los cambios sobre el suelo permiten visualizar las muchas disfunciones ambientales existentes, destacándose la necesidad de mantener la salud del suelo para que pueda ejercer todas sus funciones y soportar la vida. No atender a esta premisa es hipotecar el futuro de la especie humana.



### ***¿Qué ha hecho la sociedad con el suelo en los últimos 250 años?***

La explosión demográfica ocurrida durante los dos últimos siglos ha sido la respuesta a las mejoras sanitarias y la salud (uso de jabón, potabilización del agua, descubrimiento de la penicilina, universalidad de las vacunas, *etc.*) y a la diversificación de la alimentación. Un claro ejemplo de ello fue la globalización de la papa (patata), el maíz, el arroz y muchos otros cultivos que ampliaron sus fronteras originales de producción. Otras causales del aumento histórico de la población (y que están relacionadas con el suelo) han sido la mayor demanda de: a) Bienes como piedras, arena y arcilla que mejoraron la habitabilidad de las construcciones; b) Metales para fabricar mejores utensilios y herramientas; c) Tejidos para mejorar la calidad de la ropa; y d) Disponibilidad de maderas para la construcción de casas y muebles, entre otros; demanda que se disparó tras la aparición de las clases medias y burguesas. Todas estas actividades van, por desgracia, en perjuicio de la conservación de los suelos, pues las circunstancias indicadas también determinaron la sobreexplotación de los recursos naturales y la acelerada degradación y contaminación de los suelos.

Más recientemente en los países desarrollados (particularmente en Europa) la estabilidad demográfica y las regulaciones ambientales han neutralizado la degradación terrestre de sus países, en especial, la de los suelos. La creación de una conciencia colectiva al respecto ha conducido a la reciente aprobación europea de la “*Resolución sobre los Suelos*”, pero también (no hay que ocultarlo) a externalizar sus problemas ambientales a expensas de terceros países en vía de desarrollo. Vale la pena resaltar que en décadas recientes ha cambiado la visión del uso de los suelos, pasando de considerarse un factor productor a otro de depuración ambiental. Aumentar hoy el contenido de MOS no se considera tanto para mantener o mejorar la productividad edáfica, sino para capturar CO<sub>2</sub> y otros contaminantes.

### ***¿Qué se puede hacer para que la sociedad actual reconozca la importancia de lo que significa y ha significado el suelo para los seres humanos?:***

Por desgracia, no resulta fácil alimentar a la enorme masa humana de hoy día (más de 8.000 millones de habitantes) sin considerar la salud de los agrosistemas, los aportes de fertilizantes (en especial N y P), el uso de maquinaria, el control de plagas y enfermedades mediante el uso de agroquímicos y un alto consumo de energía y agua dulce. Resulta fácil y tentador dar soluciones simplistas y, a veces, demagógicas, como comer menos pero más saludable, reducir

la ingesta de productos animales, usar menos agroquímicos, no usar fertilizantes, utilizar control biológico de plagas, implementar la labranza reducida donde no se pueda dejar el suelo desnudo, rentabilizar al máximo el consumo de agua en las explotaciones agrícolas, comer mayormente lo producido localmente, utilizar semillas seleccionadas y no patentadas, *etc.* (véase, por ejemplo, <<https://eatforum.org/eat-lancet-commission>>). Pero dado el tipo de sociedad dominada por ideas capitalistas, desigualitarias y que funciona basándose en un creciente consumo de bienes, intentar imponer algunas de esas soluciones pueden atentar contra el derecho a la “libertad”, cuando no suponer un mundo idílico dónde se especule que todos tienen recursos suficientes para su desarrollo personal.

Por tanto (y para fundamentar que este escrito no contenga un sesgo político o demagógico), deben enunciarse desde un enfoque científico las siguientes propuestas:

- Considerar el conocimiento local, adaptado a las peculiaridades de su realidad, en los posibles manejos de tierras.
- Que la cultura edáfica debe inculcarse desde la escuela, para que la sociedad se concencie de que el mantenimiento del suelo es clave para la supervivencia humana;
- Que es imperativo mejorar la formación técnica de los productores (sean agricultores, ganaderos o forestales) para que el conocimiento científico impregne totalmente el manejo de los suelos (ya sea de los agrosistemas o de los ecosistemas).
- Que no se deberían permitir labranzas o manejos agresivos del suelo, en especial en sistemas de laderas o montañosos, ya fueren tales agresiones de tipo físico (erosiones), fisicoquímico (acidificaciones o salinizaciones) o bioquímico (pérdida de MOS).

Hay que partir de la realidad que **el suelo es un recurso limitado y no renovable**, por lo que su pérdida (ya sean unos cuantos kilos o toneladas) es irreversible y significa la merma de una o muchas raciones nutricionales diarias, extremadamente valiosas en un escenario de creciente población, en la que existen millones de seres en precariedad alimentaria. Por fortuna se disponen actualmente de tecnologías para prevenir la erosión y degradación del suelo promovida por su uso, pero éstas deben realmente emplearse y no ser solo excepciones.

## CONSIDERACIONES FINALES

En línea con todo lo anterior, es imperativo que la ciudadanía tome conciencia de la necesaria y urgente necesidad de conservar el suelo, del cual depende más del 95 % de la alimentación humana. Esta concienciación colectiva puede materializarse, por ejemplo, comenzando en la escuela básica con pequeñas prácticas en huertos escolares de los alumnos de enseñanza primaria, seguida de un recordatorio posterior obligado en las enseñanzas medias, un desarrollo científico adecuado en las Universidades, fundamentalmente en las escuelas de Ciencias Ambientales, Agronomía, Forestales y Veterinarias, además de una intensa divulgación constante y accesible a los productores agropecuarios.

Sólo un esfuerzo de esta naturaleza haría posible conseguir el objetivo de fijar en las mentes ciudadanas que **“sin suelos no habrá alimentos”**.

## LECTURAS OPCIONALES

AQUAE Fundación. 2021. Las diferencias entre la desertificación y la desertización. <https://www.fundacionaquae.org/desertizacion-vs-desertificacion>. Consultado: Octubre 2023.

Burbano Orjuela H. 1989. El suelo: *Una visión sobre sus componentes biogénicos*. Universidad de Nariño, Pasto (Colombia). 447 pp.

Cotler H., E. Sotelo, J. Domínguez, M. Zorrilla, S. Cortina y L. Quiñones. 2007. *La conservación de suelos: Un asunto de interés público*. *Gaceta Ecológica*, 83(Abril-Junio): 5-71. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México D.F.

Cruz C.O. y col. (en preparación): Atlas Nacional de México 2022. Secciones de Suelos, Capítulos III y X. Instituto de Geografía, U.N.A.M., Ciudad de México. Avances publicados en: <https://www.facebook.com/photo?fbid=160919383403077&set=a.101615696000113>. Consultado: Octubre, 2023.

Cruz C.O. y col. 2023. Erosión del suelo de la República Mexicana. <https://www.facebook.com/photo/?fbid=119265387568477&set=a.101615696000113>. Consultado: Octubre 2023.

Etchevers J.D., H. Cotler y C. Hidalgo. 2020. Salir de la invisibilidad: Nuevos retos para la Ciencia del Suelo. *Terra Latinoamericana*, 38: 931-938. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.867>.

- Etchevers J.D. y Gallardo. 2022. Del origen del hombre al origen del suelo. *Oikos*, 22: 26-30. <<https://www.ecologia.unam.mx/web2/index.php/comunicacion>>.
- Etchevers J.D. y Gallardo. 2022. Del progresivo impacto del *Homo sapiens sapiens* sobre el suelo. *Oikos*, 22: 31-34. <<https://www.ecologia.unam.mx/web2/index.php/comunicacion>>.
- F.A.O. 1984. Proteger y producir: Conservación del suelo para el desarrollo. F.A.O., Roma. 40 pp.
- Gallardo, J.F. 2020. ¿Sabes qué es un suelo? *Revista MIX-TEX*, 1(1): 108-112. <[www.mixtec.utim.edu.mx](http://www.mixtec.utim.edu.mx)>.
- Gallardo J.F y J.D. Etchevers. 2023. Concepto de suelo e importancia de sus funciones. *Industria Química*, 13(Junio): 66-70.
- Gardi C.; M. Angelini; S. Barceló; J. Comerma; C. Cruz Gaistardo; A. Encina Rojas; A. Jones; P. Krasilnikov; M.L. Mendonça Santos Brefin; L. Montanarella; O. Muñoz Ugarte; P. Schad; M.I. Vara Rodríguez; R. Vargas. (2014). *Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe*. Programa EUROCLIMA. Comisión Europea, Bruselas. 176 pp.
- SEMARNAT. *Suelos*. Consultado 30/VI/2021. <<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap3.html>>. SEMARNAT, México D.F.
- SEMARNAT y Colegio de Postgraduados. (2002). *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250.000. Memoria Nacional 2001-2002*. México. Consultado: 30/VI/2021. <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis>>.
- The EAT, *Lancet Commission on Food, Planet, Health*. Consultado: Octubre 2023. Can we feed a future population of 10 billion people a healthy diet within planetary boundaries? <<https://eatforum.org/eat-lancet-commission/eat-lancet-commission-summary-report>>.