

Salir de la invisibilidad: nuevos retos para la ciencia del suelo

Coming out of invisibility: new challenges for soil science

J. D. Etchevers B.¹ , H. Cotler²  y Claudia Hidalgo^{1‡} 

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo. 56230 Texcoco, Estado de México, México. Autora para correspondencia (hidalgo@colpos.mx)

² Centro GEO, CONACyT. Contoy 137, Lomas de Padierna. 14240 Tlalpan, Ciudad de México, México.

RESUMEN

Las funciones y servicios ecosistémicos que los suelos proveen son esenciales para la calidad de vida humana, por ello se encuentran inmersos en siete de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), aunque no explícitamente. Sin embargo, en México, el deterioro de los suelos es cada vez mayor, al grado de ser una amenaza para la seguridad alimentaria. A pesar de la abundante investigación sobre suelos realizada por las distintas instituciones públicas del país, poco de ella se refleja en las políticas públicas. Ante esta ausencia se plantean nuevas formas de investigación, donde los diálogos inter y transdisciplinarios son necesarios, así como nuevos enfoques de estudio, que de manera individual y como parte de la Sociedad Mexicana de Ciencias del Suelo deben atenderse.

Palabras clave: ciencia del suelo, investigación, políticas públicas, seguridad alimentaria.

SUMMARY

The ecosystem functions and services that soils provide are essential for quality human life and are immersed, though not explicitly, in seven of the Sustainable Development Goals (SDGs). However, in Mexico, soil deterioration is increasing, to the extent that it is a threat to food security. Despite extensive soil research by the country's various public institutions, the results of this research do not permeate

in public policies. In the face of this absence, new forms of research arise, where interdisciplinary and transdisciplinary dialogues are necessary, and new approaches to study must be attended individually and as part of the Mexican Society of Soil Sciences.

Index words: soil science, research, public policy, food security.

INTRODUCCIÓN

Los cambios experimentados por los suelos de todo el mundo en los últimos 75 años, es decir, después de la segunda guerra mundial hasta nuestros días, muestran que la erosión, la pérdida de la fertilidad y de la biodiversidad edáfica es cada vez más acelerada.

Según datos de FAO (2016), la degradación a nivel mundial, alcanzaría a más de 33% de los suelos cultivables de la tierra, cifra que podría llegar a 90% en los próximos 30 años. Cada 5 segundos se pierden por erosión una superficie equivalente a un campo de fútbol. Esto es aproximadamente 5 millones de hectáreas por año, semejante a un cuarto de toda la superficie cultivable de México. Si proyectamos esa cifra al horizonte de 30 años arriba señalado, el planeta habrá perdido una superficie equivalente a 7.5 veces la tierra cultivable de México (aproximadamente 22 millones de hectáreas u 11% del territorio nacional) (BM, 2015), mientras que la población mundial habrá aumentado de los actuales 7700 millones de habitantes a cerca de 10 000 millones de habitantes.

Cita recomendada:

Etchevers B., 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>

Recibido: 03 de abril de 2020.
Aceptado: 08 de septiembre de 2013.
Publicado como Ensayo en
Terra Latinoamericana 38: 931-938.

Esta crisis eclipsa a aquellas del pasado, causantes del colapso de muchas civilizaciones. La degradación del suelo o la pérdida de su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos es ahora un fenómeno global. Las consecuencias de esta degradación incluyen amenazas a la seguridad alimentaria, la retención de agua, la biodiversidad y el incremento de las emisiones de dióxido de carbono y metano, todas relacionadas con las funciones de los suelos.

En México, la situación grave de la degradación de suelos se ha ido construyendo durante muchas décadas. Desde mediados del siglo pasado, el impulso para la “modernización del campo” a través de insumos externos (fertilizantes, insecticidas), en detrimento de las prácticas sostenibles existentes, han ido degradando paulatina e irreversiblemente los suelos. Décadas después, constatamos que más de la mitad del territorio nacional presenta suelos degradados y que la adopción de prácticas de conservación de estos es incipiente. Ante esta problemática queda preguntarnos el rumbo de las ciencias del suelo, en términos de enfoques de estudio, así como identificar oportunidades de involucramiento para insertar a los suelos en programas de políticas públicas y acuerdos internacionales.

DESARROLLO DEL TEMA

Suelos y Seguridad Alimentaria

En esta segunda década del siglo XXI, se ha hecho más evidente la necesidad de conservar el suelo (y el agua), cuya salud ha sido seriamente afectada por el empleo de prácticas agrícolas escasamente sostenibles o francamente degradantes (FAO, 2020). Este último organismo internacional señala que el manejo integral del suelo, al que debe sumársele el del agua, componentes básicos ambos de los sistemas de producción agrícola, son clave para aspirar a alcanzar la sustentabilidad en este sector, que hoy en día atiende a una población mundial de aproximadamente 7500 millones que se espera incremente a 9700 millones en los próximos 30 años (NU, 2019).

La mayoría de los analistas que escriben y discuten sobre el aumento de la población en los años venideros, se preguntan si las fuentes de energía (petróleo, carbón y metales) alcanzarán para abastecer la demanda de tal incremento poblacional; sin embargo, no cuestionan si la tierra será capaz de alimentar a esos 9.5 o 10 mil millones de humanos, dada la tasa de degradación que

ha experimentado y sigue experimentando el suelo. Ello es un indicador que el problema no está manejado de una manera sistémica sino con visiones economicistas acerca de los problemas del futuro.

Las cifras del Banco Mundial, Naciones Unidas y otros organismos internacionales, señalan que la superficie de la tierra es aproximadamente 127 341 millones de km² y que solo 11% es cultivable, lo cual indica que se dispone de aproximadamente 14 millones de km² para la agricultura, pero se pierden miles de kilómetros cuadrados cada año sólo por erosión, mientras que la población sigue aumentando. Todo ello invita a que esta nota sea un llamado de auxilio para que se tomen medidas inmediatas destinadas a reducir la pérdida del suelo y evitar una situación futura que se tornará más compleja y comprometedora con el paso del tiempo.

El buen funcionamiento de los suelos se encuentra en el centro de grandes temas como la seguridad alimentaria, la regulación hidrológica, el cambio climático; sin embargo, es difícil comunicar a la población y a los tomadores de decisiones estos vínculos. Ante esta deficiencia de la narrativa se han construido, desde la ciencia del suelo, varios conceptos como calidad de suelo, salud de suelo, protección del suelo y, el último, seguridad edáfica, como complemento de los anteriores. Este último concepto aborda de manera explícita la necesidad de comunicar con la sociedad la importancia de los suelos, así como mantener una relación horizontal con agricultores y generar conocimiento para mejorar políticas públicas (McBratney *et al.*, 2014).

La Situación de los Suelos en México

México cuenta con una superficie continental de 1 959 248 km², de esta superficie aproximadamente 22 millones se cultivan anualmente (SIAP, 2019). El resto (ca. 1750 millones de hectáreas) son pastizales, bosque, matorrales y desiertos, muy importantes por su biodiversidad y con escasa vocación agrícola.

En las últimas décadas, el Estado Mexicano ha impulsado un modelo agrícola industrial que ha incrementado la dependencia de la agricultura hacia semillas híbridas, fertilizantes e insecticidas. Desde entonces, las prácticas de monocultivo, el laboreo intensivo, el uso de agroquímicos y determinadas modalidades de riego, han causado un gran deterioro de los suelos, de la salud humana y de los ecosistemas

acuáticos y terrestres (Cotler *et al.*, 2019). En predios donde coexistía la producción agrícola y ganadera, se impulsó una agricultura empresarial, que busca maximizar el capital, sin considerar el impacto en el medioambiente de las prácticas empleadas. Un ejemplo de lo anterior es la disminución de los contenidos de materia orgánica del suelo, que se traduce en el deterioro de características físicas del suelo, como la estructura, la disminución de la capacidad de almacenamiento del agua, la pérdida de fertilidad, entre otras. El énfasis de la política pública sobre la productividad basada en insumos externos determinó también el tipo y el enfoque de las investigaciones que dominó la agenda científica en el ámbito académico.

El conocimiento sobre la degradación de suelos es escasa e incierta, lo cual también expresa el poco interés sobre este recurso natural. Las fuentes oficiales de información de México, esto es la SEMARNAT y el INEGI, muestran algunas discrepancias en las cifras reportadas sobre el grado de degradación y en particular de erosión, aunque, en términos generales, expresan la misma gravedad. Las diferencias estriban mayormente en el tipo y grado de erosión. La información más reciente proviene del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2015) que utilizó técnicas de fotointerpretación de imágenes de satélite y puntos de verificación en campo para realizar su estimación realizadas por Bolaños *et al.* (2016). Este estudio muestra que a nivel nacional 1 027 611.50 km² (52.86%) de superficie territorial se encuentran afectados por la erosión hídrica.

Este mapa general presentado por los últimos autores arriba mencionados no muestra las causas ni la situación particular de erosión que se experimenta a nivel regional, como se aprecia en la figura siguiente del Estado de Michoacán y en nivel local, en el Estado de Veracruz (Figura 1). La escala y la resolución del mapa es importante para conocer la situación del país; sin embargo, para una atención adecuada se requiere información de más detalle. Estudios a nivel regional y local son necesarios para entender de manera integral el fenómeno socio ambiental de la erosión.

Adicionalmente, un aspecto escasamente estudiado y menos resuelto, mediante la formulación de políticas públicas basadas en ciencia dura, es la degradación química, particularmente de los suelos cultivables, causada por laboreo inapropiado o en ciertos casos por uso excesivo de agroquímicos, principalmente fertilizantes.

Si se considera que la población de México estimada en 125.9 millones (INEGI, 2019), significa que la tierra arable disponible es de 1740 m² *per capita*. Sin embargo, se calcula que la población crecerá a 131.5 millones en 2024 y a 148 millones en el 2050, lo que reduce esa superficie a 1500 m² *per capita*. Dicha proyección, sólo comparable con algunos países sobrepoblados de Asia, obliga a prestar especial atención en la conservación de la calidad de esas 20-22 millones de hectáreas cultivables que tiene el país y evitar que, en aras de tener una cantidad mayor de suelo disponible para la agricultura, acabemos con el bosque, las selvas, con las praderas naturales. Tenemos la obligación moral

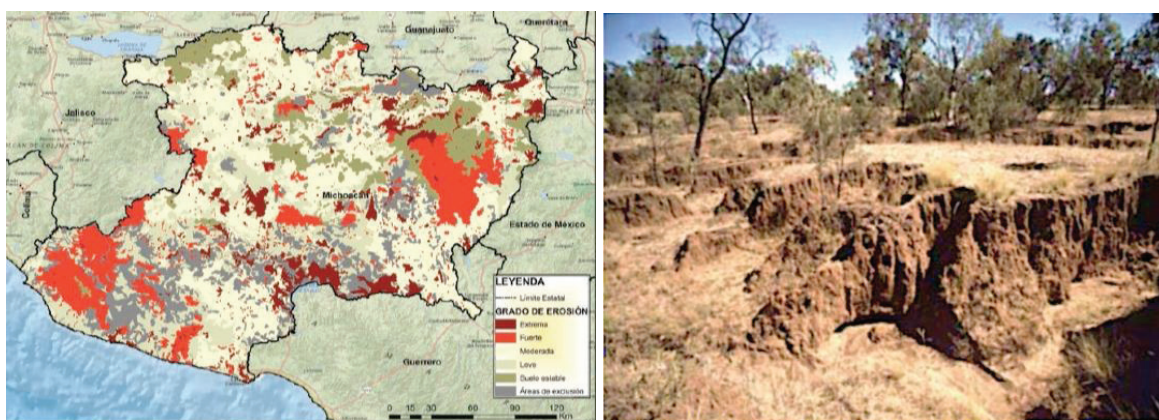


Figura 1. Mapa de distribución de los suelos degradados en el Estado de Michoacán. La fotografía corresponde a un suelo del estado de Veracruz fuertemente degradado, por manejo inadecuado.

Figure 1. Distribution map of degraded soils in the State of Michoacán. The photograph is an image of a soil in the State of Veracruz heavily degraded because of inadequate management.

como sociedad de conservar los capitales naturales, es decir, los bosques, las selvas y los manglares, refugios de la biodiversidad. Debemos que recordar que México es un país mega-diverso y que voluntariamente somos signatario de la Convención sobre la Biodiversidad Biológica (NU, 1992).

Durante décadas, el gobierno mexicano no ha prestado atención suficiente al problema complejo de la degradación de los suelos, al avance de la desertificación, ni tampoco a la pérdida de la biodiversidad. Desde los años 40, el discurso gubernamental oficial ha reconocido la importancia de la erosión de suelos (Simonian, 1999); sin embargo, a lo largo de todos estos periodos los fondos públicos asignados a la conservación de suelos son muy escasos y las instituciones y los enfoques creados para la atención del suelo, con algunas excepciones, se han orientado principalmente en la construcción de obras hidráulicas y medidas mecánicas, que en sí no mejoran la calidad de los suelos (Cotler *et al.*, 2015). Los problemas de erosión de suelos se han abordado desde una perspectiva técnica, sin entender que la erosión de suelos constituye un problema socio-ambiental complejo, cuya solución debe pasar por un entendimiento inter y transdisciplinario.

Suelos y Desarrollo Sostenible

Desde los años 70, numerosos foros internacionales han discutido sobre el impacto que el ser humano ocasiona en la naturaleza. El consenso siempre ha sido que muchos de los retos a los que se enfrenta nuestra especie, tales como el cambio climático, la escasez de agua, la degradación de suelos, las desigualdades o el hambre, solo se pueden resolver promoviendo el desarrollo sostenible, una apuesta por el progreso social, el equilibrio medioambiental y el desarrollo económico.

Desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano (NU, 1973) en Estocolmo en 1972, se ha ido construyendo y complejizando el tema, así en Rio +20 (NU, 2012) se acuerda la elaboración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), construidos a partir de los Objetivos del Milenio.

Este conjunto de objetivos globales busca erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una 972. Cada uno de los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) tiene metas

específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años (NU, 2015).

Según Bouma (2014) estos ODS ofrecen una oportunidad única para que la ciencia del suelo demuestre el rol que desempeñan los suelos en nuestra calidad de vida. Las funciones y los servicios ecosistémicos que los suelos proveen, fundamentan su importancia en al menos siete de los ODS, a saber, fin de la pobreza (ODS 1), hambre cero (ODS 2), salud y bienestar (ODS 3), agua limpia y saneamiento (ODS 6), ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11), acción por el clima (ODS 13) y vida de ecosistemas terrestres (ODS 15). Sin embargo, en la mayoría de las metas establecidas, los suelos no están presentes explícitamente.

Si bien hay metas para cada uno de los ODS, cada gobierno establece los indicadores que medirán el avance obtenido. Al respecto, México ha establecido sus propios indicadores (NU México, 2015). En ellos no existe ninguna mención sobre los suelos, ni siquiera para la ODS 15, donde la meta 15.3 establece que para 2030, se debe “luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo”, México no cuenta con indicador para esta meta.

Esta ausencia abrumadora del papel de los suelos en el desarrollo sostenible nos tiene que hacer reflexionar sobre el tipo de estudios que estamos realizando, su divulgación y la actitud proactiva, que, como investigadores, debemos mantener frente a la construcción de los programas de políticas públicas.

En ese sentido, distintas voces (Lang *et al.*, 2012) expresan que la investigación debe incorporar el diálogo inter y transdisciplinario, donde las visiones, percepciones y conocimientos de otros sectores (profesionistas no-edafólogos, agricultores, ganaderos, urbanistas, políticos, entre otros) son esenciales para abordar la naturaleza compleja de problemas como la degradación de suelos. Igualmente se requiere impulsar estudios de suelos relacionados con otros componentes de los eco- y agro-ecosistemas, así como con la calidad de vida de la población. Bouma y Montanarella (2016) proponen generar información apropiada para mejorar las políticas públicas, en todo su ciclo, considerando diseño, implementación y evaluación.

En México se han elaborado estudios e informes que presentan las relaciones intrínsecas entre la degradación del suelo con temas relacionados con los ODS. Algunos de ellos son, la disminución de los rendimientos de los cultivos (Álvarez *et al.*, 1992; Pérez *et al.*, 1998; Francisco-Nicolás *et al.*, 2006), la contaminación por sólidos de ríos y cuerpos de agua (Tapia, 1999¹; Villegas *et al.*, 2004), la contaminación atmosférica por partículas erosionadas (Návar y Treviño, 1998), las pérdidas económicas por erosión de suelos (Margulis, 1992; McIntire, 1994; Cotler *et al.*, 2011) y la incidencia de la erosión de suelos en la pobreza alimentaria (Cotler *et al.*, 2020). Se han proporcionado elementos con el grado de incertidumbre propio de la ciencia, que evidencian la estrecha relación entre la degradación de suelos y nuestra calidad de vida. Nos falta pues, traducir estos conocimientos para acercarlos a las instituciones públicas como INEGI, CONEVAL, CONAPO y tomadores de decisión, con la finalidad de generar los indicadores que incorporen a los suelos en las políticas públicas.

Los estudios sobre problemas de sostenibilidad, como es el de erosión de suelos, requieren de la integración de varias áreas del conocimiento y grupos de actores relacionados con el problema. Estos esfuerzos colaborativos entre investigadores y actores locales, además de permitir un entendimiento mejor de las causas del problema, también incrementan la legitimidad y la apropiación tanto del diagnóstico, como de las soluciones posibles.

Una visión holística de la funcionalidad de los suelos está presente aún en la cultura de muchos campesinos del país que reconocen los servicios ambientales múltiples que ofrecen los suelos y cuyo manejo potencia. Los procesos de adaptación y selección fueron y siguen siendo los mecanismos más importantes para obtener sistemas agrícolas sustentables; de allí que el manejo del suelo haya tenido expresiones como las chinampas, las terrazas, las milpas y el entarquinamiento, técnicas con las cuales se mantienen las propiedades y las funciones de los suelos. Por ello, la conservación de suelos no será posible sin la participación activa y el involucramiento de campesinos y agricultores que han mantenido y adaptado sistemas de producción que conservan suelos, al tiempo que incrementan la agro-biodiversidad. Durante varias décadas se han

implementado programas asistencialistas fallidos que deberían ser suficientes para entender que los campesinos y los agricultores deben participar desde el diseño de los programas -los cuales deben estar adaptados a sus condiciones socio-ambientales, culturales, institucionales particulares- de modo de posibilitar su adopción a lo largo del tiempo.

¿Qué Estamos Haciendo como País para Apoyar la Soberanía Alimentaria Conservando los Suelos?

Desde los años 80, con la entrada de México al GATT², el Estado se retiró gradualmente tanto de la producción agrícola, como del acopio, la regulación de precios y la estructura de créditos y subsidios, así la producción alimentaria dejó de ser parte de la estrategia de desarrollo nacional (Cotler *et al.*, 2019). Durante las décadas siguientes, los subsidios se concentraron en la agricultura industrializada que realizan los productores grandes, abandonando a los agricultores pequeños, así como a prácticas de manejo sostenibles.

La herencia del impacto ambiental, económico y social de esas políticas sigue vigente en nuestra sociedad en términos de degradación de suelos, contaminación de cuerpos de agua, pérdida de agrobiodiversidad, emisión de gases de efecto invernadero, pobreza, migración, monopolización del sistema agroalimentario por corporaciones transnacionales, avance de enfermedades crónico-degenerativas, obesidad y desnutrición, entre otros.

Este diagnóstico ha originado el cambio de rumbo en las políticas agrícolas actuales (2018-2024), en el cual los programas están enfocados hacia productores pequeños (menores a 20 ha). Programas como *Sembrando vida* y *Producción para el bienestar* promueven agrobiodiversidad y algunas prácticas agroecológicas, a través de una capacitación permanente. El impacto que estos programas puedan generar sobre la calidad de los suelos deberá ser evaluado y monitoreado a través de estudios e investigaciones transdisciplinarias, con la finalidad de mejorar el diseño de estos programas.

Por otro lado, programas como *Crédito ganadero a la palabra* y *Fertilizantes para el bienestar* también pueden generar impactos en ámbitos sociales y ambientales, específicamente en la calidad de los suelos, que deberán ser monitoreados.

¹Tapia, V. L. 1999. Escurrimiento y producción de sedimentos en sistemas de manejo agrícola en la cuenca del Lago de Pátzcuaro. Tesis de doctorado en Ciencias Agrícolas. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

²Acuerdo General sobre Aranceles, Aduanas y Comercio (GATT, por sus siglas en inglés).

Se desconocen acciones concretas de compromisos firmados por México, como por ejemplo el suscrito en el marco de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de París, en relación a la llamada iniciativa 4×1000 (iniciativa del Gobierno de Francia) (4 per 1000, 2016), para contribuir al incremento de la materia orgánica en el suelo y mitigar así las altas concentraciones de anhídrido carbónico (CO_2) en la atmósfera. La protección de la materia orgánica presente en el suelo y la que le podemos adicionar, es la mejor manera de conservar la sustentabilidad del suelo para proteger su estructura, que favorece la acumulación de agua útil para la plantas porque incrementa la porosidad y mejorar la estructura, además de incrementar la estabilidad de sus agregados, previene la erosión, suministra energía a la biota que habita el suelo, suministra nutriente para las plantas. Se desconocen proyectos oficiales relacionados con esta iniciativa.

En la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 20 de Lima, se firmó la iniciativa denominada 20×20 (WRI, 2020) destinada a recuperar 20 millones de hectáreas de terrenos degradados y deforestados en América Latina y el Caribe. Esta iniciativa está anclada en el World Resource Institute (WRI). México se comprometió a restaurar aproximadamente 8.5 millones de hectáreas de terrenos degradados. En el acuerdo solo se incluyeron áreas al cuidado de programas públicos y no proyectos de campo operados por otras instancias, lo cual limita la iniciativa, pero como se anticipó en párrafos anteriores, debería bajarse a niveles municipales. A la CONAFOR se le asignaron cerca de 600 millones de dólares, para que reforestara un millón hectáreas de suelos degradados del país, meta que supuestamente habría sido alcanzada en el año 2018; casi medio millón de dólares se le asignaron a una empresa privada para reforestar el Lago de Texcoco, entre otras.

La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS) tiene muchas posibilidades de contribuir tanto para mejorar el diseño de los programas de políticas públicas nacionales como para dar seguimiento a los acuerdos internacionales, lo cual garantizaría, además el uso correcto de los recursos. La magnitud del deterioro de nuestros suelos demanda que la SMCS diversifique sus actividades académicas para acercarse a la sociedad mexicana y al Gobierno de

la Nación. Su involucramiento podría darse a distintos niveles, como promover foros, generar publicaciones de divulgación, participar en discusiones de política actual y actuar como consultores en programas como los señalados más arriba. Estas y otras actividades pueden facilitarse mediante el uso de redes y medios de comunicación, al mismo tiempo que la participación directa de manera proactiva junto con agricultores, en escuelas campesinas, asociaciones, cooperativas, así como con las autoridades político-administrativas del sector, responsables de las políticas públicas y los programas que se implementen.

Estas actividades estarían alineadas al esfuerzo a nivel internacional, con casos como la Agenda Mundial de Suelos impulsada por la Unión Internacional de Ciencias del Suelo, que está centrada en tres tareas, ciencia, política e implementación (McBratney *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

- Desde los años 80 el Estado Mexicano se retiró gradualmente de la producción agrícola, abandonando a agricultores pequeños, privilegiando una agricultura industrializada sobre prácticas y sistemas de producción sostenibles. Una de las muchas consecuencias de esta decisión se manifiesta en el deterioro de los suelos, que supera el 50% del territorio mexicano. Este impacto impide la posibilidad de obtener servicios ecosistémicos esenciales para nuestra calidad de vida como la infiltración de agua, el soporte y nutrición de cultivos, el amortiguamiento de compuestos tóxicos, el mantenimiento de biodiversidad, la captura de carbono y con ello la disminución de CO_2 , como gas de efecto invernadero y sobretodo la posibilidad de poner en riesgo la seguridad alimentaria de la población actual y futura.
- La ausencia de los suelos en las políticas públicas, evidente en las últimas décadas, sigue vigente hoy en día, como se observa en los indicadores que México ha propuesto para cumplir con los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS) de la Naciones Unidas.
- Esta invisibilidad nos tiene que llevar a replantear las formas de realizar investigación, divulgar los resultados y participar en las discusiones públicas, tanto de manera individual como Sociedad Mexicana de la Ciencias del Suelo (SMCS), mediante estudios inter y transdisciplinarios. Estos esfuerzos estarían alineados

al esfuerzo internacional, donde las instituciones dedicadas a este tema están impulsando la ciencia con la política y la implementación.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

El manuscrito no reporta estudios que involucren humanos ni animales. Por lo que “no aplica” en la sección correspondiente.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

El manuscrito no contiene datos que pertenecen a otras personas en cualquier forma. Por lo que “no aplica” en la sección correspondiente. La información presentada proviene de fuentes bibliográficas ya publicadas incluidas en la literatura citada.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

El manuscrito no contiene ningún dato, “no aplica” en esta sección.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia en esta sección.

FONDOS

No se requirieron fondos para la elaboración del manuscrito propuesto.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

La autoría se limitó a la contribución sustancial de cada uno de los participantes en el ensayo. El Dr. Jorge Dionisio Etchevers Barra es Profesor Emérito del Colegio de Postgraduados e Investigador Emérito del SNI, con lo cual posee una amplia experiencia en la temática del estudio del suelo. Él realizó el planteamiento de la temática a desarrollar. La Dra. Helena Cotler Ávalos presentó ideas, reflexiones y contribuciones sustanciales al planteamiento original, desde la perspectiva de la sustentabilidad de los recursos naturales. La Dra. Cotler tiene una amplia experiencia en la temática, la cual ha sido adquirida a través de su desempeño en cargos dentro de organismos

de alto nivel en el país. La Dra. Claudia María Isabel Hidalgo Moreno presentó ideas y reflexiones que complementaron la visión crítica del estudio actual del suelo y coordinó la presentación del manuscrito a la revista *Terra Latinoamericana*.

AGRADECIMIENTOS

No aplica a esta sección dado que no se recibió participación alguna fuera de los autores de la misma.

LITERATURA CITADA

- “4 per 1000”. 2016. Governance of the "4 per 1000" Initiative. <https://www.4p1000.org/> Governance. Montpellier, France. (Consulta: enero 10, 2020).
- Álvarez, G. M., J. L. Tovar, C. A. Ortiz y A. Castillo. 1992. Evaluación de la erosión y su efecto sobre la productividad del suelo forestal en la región de El Salto, Durango. *Agrociencia* 3: 53-58.
- BM (Banco Mundial). 2015. World Bank Open Data. Tierras cultivables. (% del área de tierra). <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.ARBL.ZS>. (Consulta: enero 10, 2020).
- Bolaños-González, M. A., F. Paz Pellat, C. O. Cruz Gaistardo, J. A. Argumedo Espinoza, V. M. Romero Benítez y J. C. de la Cruz Cabrera. 2016. Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. *Terra Latinoamericana* 34: 271-288.
- Bouma, J. 2014. Soil science contributions towards Sustainable Development Goals and their implementation: Linking soil functions with ecosystem services. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 177: 111-120. doi: <https://doi.org/10.1002/jpln.201300646>.
- Bouma, J. and L. Montanarella. 2016. Facing policy challenges with inter- and transdisciplinary soil research focused on the UN Sustainable Development Goals. *Soil* 2: 135-145. doi: <https://doi.org/10.5194/soil-2-135-2016>.
- Cotler, H., C. A. López y S. Martínez. 2011. ¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México. *Invest. Amb.* 3: 31-43.
- Cotler, H., H. Robles, E. Lazos y J. Etchevers. 2019. Agricultura, alimentación y suelos. pp. 53-84. *In:* L. Merino-Pérez (Coord.). Crisis ambiental en México. Ruta para el cambio. Secretaría de Desarrollo Institucional. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México. ISBN: 978-607-30-2333-7
- Cotler, H., J. A. Corona y J. M. Galeana. 2020. Erosión de suelos y carencia alimentaria en México: una primera aproximación. *Invest. Geogr.* 101. doi: <http://dx.doi.org/10.14350/ig.59976>.
- Cotler, H., S. Cram, S. Martínez-Trinidad y V. Bunge. 2015. Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trincheras. *Invest. Geogr.* 88: 6-18. doi: <https://doi.org/10.14350/ig.47378>.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2016. Estado mundial del recurso suelo. Resumen técnico. <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf> (Consulta: enero 10, 2020).

- FAO (Food and Agriculture Organization) 2020. Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe. <http://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/> (Consulta: enero 10, 2020).
- Francisco-Nicolás, N., A. Turrent F., J. L. Oropeza M., M. R. Martínez M. y J. I. Cortés F. 2006. Pérdida de suelo y relación erosión-productividad en cuatro sistemas de manejo del suelo. *Terra Latinoamericana* 24: 253-260.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2015. Conjunto de datos de erosión hídrica del suelo. Escala 1:250 000. INEGI. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2019. Actualización de la población a través de la muestra maestra de viviendas y su validación por estimaciones a corto plazo. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/consultapublica/doc/descarga/EPCP2019/proyecto/Estimacion_de_Poblacion_documento.pdf. (Consulta: enero 11, 2020).
- Lang, D. J., A. Wiek, M. Bergmann, M. Stauffacher, P. Martens, P. Moll, M. Swilling, and J. C. Thomas. 2012. Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges *Sustain. Sci.* 7: 25-43. doi: <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0149-x>.
- Margulis, S., 1992. Back-of-the-envelope estimates of environmental damage costs in Mexico. Policy Research Working Paper Series from The World Bank Washington No. 824. D.C, USA.
- McBratney, A., D. J. Field, and A. Koch. 2014. The dimensions of soil security. *Geoderma* 213: 203-213. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.013>.
- McIntire, J. 1994. A review of the soil conservation sector in Mexico. pp. 107-128. *In*: E. Lutz, S. Pagiola y C. Reiche (eds.). *Economic and Institutional Analyses of Soil Conservation Projects in Central America and the Caribbean*. World Bank. Washington, DC, USA. ISBN: 0821327410.
- Návar, J. y E. Treviño. 1998. Estimación del tonelaje de partículas de suelo que potencialmente contribuyen a la contaminación del aire en el área metropolitana de Monterrey, México. *Terra* 16: 21-31.
- NU (Naciones Unidas). 1973. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano, Estocolmo, 5 a 16 de junio de 1972. Naciones Unidas. Nueva York, NY, USA.
- NU (Naciones Unidas). 1992. Convenio sobre la diversidad biológica. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>. (Consulta: enero 12, 2020).
- NU (Naciones Unidas). 2012. El futuro que queremos. Documento final de la conferencia. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/LTD/N12/381/67/PDF/N1238167.pdf?OpenElement>. (Consulta: enero 12, 2020).
- NU (Naciones Unidas). 2015. La cumbre de desarrollo sostenible. Objetivos de desarrollo sostenible. <https://www.who.int/mediacentre/events/meetings/2015/un-sustainable-development-summit/es/>. (Consulta: enero 10, 2020).
- NU (Naciones Unidas). 2019. Población. Perspectivas de la población mundial. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html> (Consulta: enero 12, 2020).
- ONU Mexico. 2015. Agenda 2030 de desarrollo sostenible. <http://agenda2030.mx/#/home>. (Consulta: enero 12, 2020).
- Pérez-Nieto, J., V. Volke, M. Martínez y N. Estrella. 1998. Erosión, productividad y rentabilidad de dos suelos del estado de Oaxaca. *Agrociencia* 32: 113-118.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>, 04-11-2019. (Consulta: enero 11, 2020).
- Simonian, L. 1999. La defensa de la tierra del jaguar. Una historia de la conservación en México. SEMARNAP, INE, IMRNR. México, D. F. ISBN: 970-9000-09-8.
- Villegas R., I., J. L. Oropeza y E. Mejía. 2004. Producción de agua y sedimentos por impacto de ciclones tropicales, en la cuenca hidrográfica del río La Sabana, Guerrero. *Terra* 22: 327-333.
- WRI (World Resources Institute). 2020. Initiative 20 × 20. Healthy lands for food, water and climate. <https://initiative20x20.org/>. (Consulta: marzo 15, 2020).