

POR UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL SUELO

que promueva su reconocimiento, recuperación, preservación y gobernanza



El gran desafío es reconocer al suelo como un dominio natural no renovable indispensable para la vida e, incluso, para el desarrollo de múltiples actividades económicas, además de situarlo como un eje prioritario y transversal en la agenda para el desarrollo sostenible de México.

El suelo es un componente natural no renovable, vital para el desarrollo de la vida planetaria y para el bienestar de la sociedad; sin embargo, debido al nivel de degradación, urge una estrategia de gestión sostenible. Se necesitan nuevos enfoques para atender a los suelos desde los diversos sectores involucrados, con la finalidad de preservarlos. En el sector académico es vital establecer una investigación transdisciplinaria y transversal desde la ciencia básica hasta el desarrollo tecnológico, así como entre sectores gubernamentales y sociales —incluidos productores campesinos y empresariales— para entender su funcionamiento, adecuar su manejo y prevenir su degradación. En el sector económico, es fundamental analizar el costo-beneficio del cuidado del recurso, para proporcionar información de sus múltiples beneficios, y no solo los monetarios. En el sector social, es primordial difundir el gran valor del suelo para mantener la vida en el planeta. La educación que integra las ciencias del suelo debe ser diseñada desde enfoques transdisciplinarios que garanticen que tanto ciudadanos como futuros profesionales aprecien el suelo como recurso natural esencial para el desarrollo del país. Desde la política pública, se debe priorizar la gestión integrada del suelo, con énfasis en acciones de protección, conservación y prevención de daños y, en su caso, restauración.



Una estrategia de comunicación robusta que, a través de acciones en educación, sensibilización y difusión, dote a las personas de elementos que les permitan reconocer el gran valor que el suelo posee tanto para su existencia como para las funciones esenciales en el mantenimiento de la vida del planeta.



El postergar la gestión integral del suelo incrementa escenarios complejos de resolver y difíciles de revertir, que ponen en riesgo a la población y evitan garantizar desde su salud hasta la autosuficiencia y seguridad alimentaria; por tanto, la preservación del suelo es tarea de todos: gobierno, academia y sociedad.



Es imperioso actuar de inmediato con una intervención planificada y sostenible para recuperar la superficie de suelo en el país, que presenta altos grados de degradación, contaminación, desertificación, disminución en la fertilidad, crecimiento urbano desordenado y pérdida de biodiversidad.



La amplitud en la visión de la gobernanza del suelo es un factor clave para su gestión sostenible. Trabajar en las normas, procesos y estructuras, para conciliar intereses contrapuestos, requiere de un arduo trabajo en articulación, escalamiento y transversalidad, que se base en los saberes tradicionales y los conocimientos científicos.

El valor del suelo

El suelo es el dominio natural esencial para la vida terrestre. Es sostén de la vegetación, a la que provee de agua, aire y nutrientes; proporciona oxígeno para la existencia de toda forma de vida; regula el ciclo del agua y la purifica; es el hábitat de todas las especies vegetales y animales terrestres; es reserva genética por la gran biodiversidad de organismos que en él habitan y que transforman los residuos tanto en nutrientes para las plantas como en material orgánico que guarda en su seno.

Además de que el suelo es un recurso no renovable en términos del tiempo de vida de los humanos¹, es un bien social, económico, cultural, político y patrimonial, que es primordial preservar como elemento indispensable para la existencia de la vida en el planeta (Reyes-Sánchez, 2018). El suelo almacena carbono, hecho que lo convierte en la segunda reserva más importante a nivel mundial, y su recarbonización es una medida importante para mitigar el cambio climático. De igual manera, es soporte de toda estructura, parte e interfaz indispensable de regulación de los ciclos biogeoquímicos del planeta, fuente de fibras, minerales, materiales de construcción, combustibles fósiles, así como archivo del patrimonio geológico y arqueológico de la Tierra.

El suelo es un recurso natural no renovable en términos del tiempo de vida humana, es factor determinante en el equilibrio de la vida.

El suelo permite a los humanos obtener un sustento, así como construir una identidad y una cultura, a la vez que produce 95% de sus alimentos. El crecimiento poblacional ha expandido la frontera agrícola hacia suelos de menor aptitud, lo que ha ocasionado sobreexplotación y, por ende, degradación. En las comunidades rurales, es necesario su manejo adecuado para permitir una independencia económica; asimismo, en las comunidades urbanas se requieren suelos fértiles y saludables para producir alimentos a precios asequibles.



Tanto la economía global como la individual dependen de los incontables bienes que ofrece el planeta, los cuales no pueden sustituirse por los que produce la actividad humana. El ser humano come, bebe y respira gracias a lo que el suelo le provee por ser parte de estos bienes.

Estado de los suelos en México

La formación del suelo ocurre en la superficie del planeta a partir de la desintegración de las rocas, por la acción del agua, el viento, los cambios de temperatura y la actividad de la biota. Los microorganismos descomponen las plantas y animales que crecen y mueren en el suelo, transformándolos en materia orgánica. La formación del suelo es un proceso muy lento y con él se explica la gran diversidad² de los suelos en México; esta diversidad condiciona las aptitudes que posee el suelo para cumplir con sus diferentes funciones, así como las interacciones que se establecen entre sus componentes bióticos y abióticos. En particular, la variabilidad en aptitudes dificulta el establecimiento de criterios universales sobre la calidad de suelo (indicador integral para dar seguimiento al manejo sostenible, evitar su degradación y mantenerlo saludable); no obstante, su interpretación depende de la perspectiva de quién y para qué usa este recurso.

La degradación del suelo es un proceso inducido por el ser humano, cuya consecuencia es la reducción

de su salud y de su capacidad para producir bienes económicos, además de llevar a cabo funciones de regulación y provisión, directamente relacionadas con el bienestar humano. El principal factor de degradación del suelo obedece a aspectos socioeconómicos: cambios demográficos, problemas de tenencia de la tierra, políticas ambientales y agropecuarias inadecuadas, presión del mercado, actividades contaminantes, usos indebidos y gestión deficiente o nula.

En México, la superficie continental es de casi dos millones de kilómetros cuadrados, de los cuales únicamente 10% tiene vocación agrícola, el resto tiene aptitudes para ser utilizadas en cultivos permanentes, aprovechamiento forestal, pastoreo, o bien, como refugios de vida silvestre (Etchevers *et al.*, 2020). Al menos 45% del territorio nacional se encuentra degradado mayoritariamente por un manejo inadecuado; las causas de la degradación y su contribución al porcentaje de superficie de suelo degradado son las siguientes:



Esquema 1. Factores causantes de la degradación y su contribución al porcentaje de superficie de suelo degradado (SEMARNAP-CP, 2002).

Los aspectos que se deben considerar de manera puntual en el caso de México son los siguientes:



Desertificación. En 59% de la superficie del país se presenta una desertificación, definida como la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, debida a factores de origen climático y actividades antropogénicas (Granados-Sánchez *et al.*, 2013). Las principales causas son el sobrepastoreo, el cambio de uso de suelo, la deforestación, la labranza poscosecha y el mal manejo del suelo. Cabe señalar que, aunque los datos de degradación de los suelos en México no siempre son claros ni están actualizados, ya que implica un esfuerzo arduo y costoso, las diferentes fuentes oficiales —SEMARNAT e INEGI— coinciden en la gravedad del asunto.



Prácticas agrícolas inadecuadas. Desde hace décadas, el Estado mexicano ha impulsado una agricultura industrializada que incluye agroquímicos, prácticas de monocultivo, laboreo intensivo y determinadas modalidades de riego, las cuales han provocado el deterioro de los suelos y de los ecosistemas (Cotler *et al.*, 2019). En este paradigma de la revolución verde, el suelo es un material inerte; los gobiernos no han reconocido la gravedad de su pérdida y todo lo que ello implica. Hoy en día, pese al escaso apoyo gubernamental, algunos pequeños y medianos productores mantienen prácticas agropecuarias y forestales sostenibles. No obstante, le corresponde al Estado establecer las bases y las directrices para mejorar las prácticas agrícolas de manera ordenada y sostenible. En consecuencia, los fondos destinados a la conservación de los suelos deben ser menos limitados y orientados preferencialmente a los aspectos relacionados con la mejora en la calidad de estos (Cotler *et al.*, 2015).

¹ Porque un centímetro de suelo fértil tarda de 100 a 1 000 años en formarse, a partir del lecho rocoso del planeta a través de procesos químicos, físicos y biológicos. Eso significa que la formación de 30 cm de suelo fértil, en el cual se pueden cultivar, por ejemplo, hortalizas, requiere de entre 900 a 9 000 años; ese tiempo supera por mucho el periodo de la vida humana.

² Principalmente por 23 grupos reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (SEDATU, 2021), entre los que dominan los Leptosoles (28.3% del territorio), Regosoles (13.7%), Phaeozems (11.7%), Calcisoles (10.4%), Luvisoles (9%), Vertisoles (8.6%) y Andosoles (1.2%) que, en conjunto, ocupan más de 82% de la superficie nacional (INEGI, 2007).

Pérdidas económicas por erosión. La erosión de suelos ocasiona pérdidas económicas valoradas entre 16.2 dólares/ha y 32.4 dólares/ha, mientras que el costo de reemplazo de los nutrientes perdidos asciende a 22.1 dólares/ha (Cotler *et al.*, 2011). El deterioro de la calidad de los suelos, debido a la pérdida de fertilidad y su erosión, puede limitar la autosuficiencia y la seguridad alimentaria, lo cual afectaría principalmente a pequeños agricultores que dependen de sus rendimientos para su subsistencia, lo que podría incrementar su pobreza alimentaria y disminuir su calidad de vida. A nivel nacional se ha observado una relación positiva entre la erosión de los suelos agrícolas de temporal, con destino de autoconsumo, y la carencia alimentaria (Cotler *et al.*, 2020).



En conclusión, posponer un cambio significativo en los patrones de gestión y consumo de la población, así como redirigir de manera eficaz las acciones de sostenibilidad, evitará detener la pérdida del recurso cuya consecuencia será que, a muy corto plazo, no se contará con la superficie de tierra necesaria para satisfacer las demandas actuales ni las de las futuras generaciones, sin afectar bosques, selvas y praderas. La degradación del suelo es un claro detonante de migración no solo del campo a la ciudad, con sus implicaciones en la formación de cinturones de miseria en las periferias, sino también de migraciones regionales, que a su vez exacerbaban conflictos sociales. La pérdida de hábitat de especies salvajes también se discute como detonante de pandemias, como la de COVID-19.



Esquema 2. Las decisiones que se toman conducen a preservar o degradar el suelo, plantas, animales, humanos y salud del medio ambiente.

Crecimiento urbano desordenado. El crecimiento de las grandes ciudades ha ocurrido al margen de un ordenamiento territorial planificado, basado en modelos de desarrollo no sostenibles, lo que ha generado un creciente problema de sellamiento del suelo, puesto que en la mayoría de ellas no se contemplan estrategias que estimulen la presencia de áreas con vegetación urbana. En México, en los últimos 30 años, el número de ciudades con más de un millón de habitantes se incrementó de 3 a 15 (SEDATU, 2018). Ya en 2018, 74.2% de la población vivía en alguna de las 401 ciudades, de las que 15 tenían más de un millón de habitantes, y 102 entre 100 mil y un millón de habitantes (SEDATU, 2021). El crecimiento acelerado y sin planeación sostenible ha afectado al suelo por sellamiento, esto ha disminuido los servicios ecosistémicos (que incluyen la infiltración de agua de lluvia y el filtrado de contaminantes) y ha modificado el flujo superficial, provocando inundaciones, fragmentación y pérdida de biodiversidad. En consecuencia, se ha limitado la recarga de los acuíferos y se ha incrementado la contaminación atmosférica por partículas suspendidas. El suelo de conservación, localizado al sur de la Ciudad de México, es un ejemplo claro de una zona que está en riesgo de perder los servicios ambientales que proporciona (recarga del acuífero, captura de carbono, producción de alimentos, conservación de la biodiversidad y recreación, entre otros), debido a las más de 3 000 hectáreas ocupadas por asentamientos humanos irregulares (SEDEMA, 2016).



Cambio climático. En el territorio nacional existen pérdidas y degradación del suelo debido al cambio climático. La disminución de las precipitaciones y de los recursos de agua dulce amenazan la agricultura de temporal y de riego. Los eventos de gran precipitación concentrados en espacio y tiempo provocan cada año desastres naturales que afectan infraestructura urbana, vías de comunicación e, incluso, lamentables pérdidas de vidas humanas.



Consecuencias de la pérdida del suelo. Tanto en México como en el mundo, el deterioro del suelo implica la pérdida de un recurso natural no renovable que proporciona los elementos necesarios para el sostenimiento de la vida, la escasez de producción de alimentos, la falta de soporte para mantener la calidad de agua y aire, así como la disminución en la resiliencia de la población al reducir su vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos extremos, los cuales afectan tanto la calidad del agua superficial como costera, ya sea por erosión o por eutrofización, lo que a su vez compromete la capacidad de almacenamiento y la calidad del agua en las presas.



Pérdida de suelo fértil. Actualmente, la superficie de la tierra arable en México es de 1 740 m² por habitante, valor que disminuye conforme la población se incrementa, lo que conlleva que la urbanización devore el suelo fértil. La consecuencia es que, a corto plazo, no se contará con la superficie de tierra necesaria para satisfacer las demandas actuales y las de futuras generaciones.



Valor económico de los servicios del suelo. El valor económico de los servicios de regulación que ofrece el suelo (Lara Pulido *et al.*, 2018) es superior al que tienen los servicios culturales y de aprovisionamiento. Un ejemplo de ello es la cuantificación comparativa entre los servicios que ofrecen los suelos de bosque respecto a los de cultivo, mismos que nos indican que deforestar el suelo para su conversión a la agricultura no es rentable, porque los servicios de regulación de los bosques son más valiosos que los de aprovisionamiento de cultivos. Se sabe que el costo estimado en México de los servicios de provisión que ofrecen las tierras cultivadas es de 144 dólares/ha/año, mientras que en el caso de los bosques es de 117 dólares/ha/año por servicios de provisión, más 205 dólares/ha/año por servicios de regulación, más 115 dólares/ha/año por servicios culturales (Lara Pulido *et al.*, 2018). En el caso de la captura de carbono, el costo del servicio de los bosques se estima en 7.45 dólares/ton CO_{2e} (Pérez-Verdin *et al.*, 2016).



De lo local a lo global, el suelo por sector

El suelo es relevante en todas las escalas y sectores; su degradación genera impactos en diferentes niveles: *local* (pérdida de fertilidad y, por tanto, de productividad), *regional* (eutrofización, azolve de corrientes superficiales de agua y presas, contaminación de cuerpos de agua), y *global* (incremento de gases de efecto invernadero, pérdida de biodiversidad, hambre, violencia, injusticia y desigualdad). En ese sentido, es claro que la diversidad de situaciones sociales, económicas, culturales y fisiográficas del país obliga a planear de forma local, en comunidades y municipios, las estrategias de manejo del suelo, considerado como elemento y recurso natural; mientras que las acciones regionales y globales obligan a establecer alianzas entre gobiernos estatales y países. La recuperación y manejo sostenible del suelo deben tomar en cuenta las condiciones socioeconómicas y culturales locales, así como considerar varias etapas de solución con diferentes grados de participación por actores y sectores involucrados en términos locales, regionales, nacionales y mundiales. Las etapas incluyen la cuantificación y evaluación de los procesos de degradación del suelo, la identificación de las causas (y sus detonadores), la incorporación de metodologías sostenibles y medidas correctivas, adaptadas a las situaciones locales, para detener la degradación y mejorar la gestión de suelos. Todo lo anterior mediante un soporte o estructura, que ya está construida, en la que los tomadores de decisiones pueden basarse con evidencias soportadas por la investigación generada desde la ciencia del suelo y ciencias afines.



En términos sectoriales, la academia debe realizar esfuerzos de articulación de sus investigaciones con enfoques trans, inter y multidisciplinarios. La industria y los empresarios deben asumir un interés genuino por la protección y, en su caso, restauración del suelo, al incorporar estándares de calidad internacionales (ISO 14001) en sus ciclos, tanto de procesos como de productos, considerando vías legales en el cumplimiento de sus obligaciones en materia ambiental. De esta manera se convertirán en socios solidarios de sus productores primarios y consumidores para establecer una cadena virtuosa y de compromiso.

La diversidad de situaciones naturales, sociales y económicas obliga a planear desde lo local con acciones de largo alcance para establecer alianzas intersectoriales e intergubernamentales.

Los dueños de la tierra son diversos y su conocimiento sobre el suelo, así como sus contextos sociales, posibilidades económicas y técnicas, difieren ampliamente. En líneas generales, podemos distinguir dos grandes grupos: por un lado, los que se benefician del suelo para desarrollar sus actividades cotidianas, tales como soporte para la vivienda en asentamientos urbanos o rurales, despliegue de infraestructura de comunicaciones, transporte, energía y agua, así como infraestructura industrial, educativa y de salud pública; en otras palabras, el grueso de la población de un país. Por otro lado, los grupos que se benefician del suelo para el desarrollo de sus actividades agropecuarias y forestales, productores bajo diversos regímenes de tenencia, que utilizan diferentes sistemas productivos, desde los irrigados a los de temporal, generando alimentos, fibras y otros productos o materias primas derivados de la actividad agropecuaria y forestal; en otras palabras, esa porción de la sociedad dedicada a las actividades primarias, a través de diferentes esquemas organizativos en la generación de riqueza.

El manejo del suelo requiere estrategias diferenciadas por región fisiográfica y condiciones sociales, económicas, culturales y técnicas. Dada la complejidad ambiental y cultural de México, la gestión debe reconocer estrategias diferenciadas, en especial para los

que desarrollan actividades agropecuarias y forestales estrechamente ligadas al suelo. Por tanto, las políticas públicas orientadas a un adecuado aprovechamiento del recurso deben ser sensibles a estas diferencias, sin por ello descuidar su conservación. De igual manera, estas políticas tienen que auspiciar la participación de los actores sociales y gubernamentales en instancias intersectoriales, a las escalas regionales o locales que correspondan. La construcción de gobernanza debe contemplar las diferencias, por ejemplo, entre pequeños productores de temporal en el sur y sureste tropical, frente a los productores medianos de agricultura irrigada del centro y norte. De especial interés resulta considerar el aporte del conocimiento local de los productores, que permite fortalecer las políticas públicas orientadas a un buen manejo del suelo. En particular, el conocimiento tradicional ambiental de los pequeños productores rurales, considerando a las mujeres, los jóvenes y a productores de comunidades indígenas y afrodescendientes, debe ser tomado en cuenta en el diseño e implementación de los instrumentos de política necesarios para los diferentes órdenes de gobierno.

Legislación del suelo, un tema pendiente

El suelo y sus servicios ecosistémicos se ven afectados por diversas actividades humanas; esto se complica por la falta de alineación y congruencia de la legislación en términos de sostenibilidad, lo que se traduce en una planeación insostenible que afecta al suelo, provocando contaminación, erosión, degradación, entre otras.

La gobernanza del suelo se refiere a las normas, procesos y estructuras a través de las cuales se adoptan decisiones relativas al acceso a la tierra y su uso, la manera en la que se ejecutan e imponen las decisiones, y la forma con la que se gestionan intereses contrapuestos relativos al suelo (FAO, 2009). No obstante, desde una perspectiva global, la gobernanza del suelo se ha centralizado en la agricultura debido a la inseguridad alimentaria en las regiones más pobladas de la tierra (<http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es>).

En México, el desarrollo legislativo del suelo se ha caracterizado por su fragmentación. Esto ha dado como resultado diversos enfoques de aproximación y, por ende, objetivos, aunque algunos son contradictorios. Desde una perspectiva ecológica, los esfuerzos se



enfocan en proteger el suelo al visualizarlo como un elemento del medio natural, pero son los menos; sin embargo, al conceptualizarse como un recurso natural susceptible de aprovechamiento, puede estar sujeto a abusos, que provocan degradación y contaminación, por tanto, a requerir medidas de restauración, recuperación o compensación. La restauración de un suelo degradado es prácticamente imposible de lograr, esto debido a los tiempos que se requieren para su formación. De igual manera, su recuperación a menudo involucra grandes esfuerzos técnicos y económicos, por lo que la legislación prevé acciones de compensación, las cuales no necesariamente se traducen en beneficios o mejoras del suelo afectado. La peor consideración, desde una óptica ambiental, es la que ubica al suelo en la categoría de bien inmueble, suelos susceptibles de apropiación con posibilidad de enajenación, sujetos a procesos de negociación y especulación (urbana, industrial, turística, minera, entre otras).

El desarrollo legislativo del suelo en México se ha caracterizado por su fragmentación, originada por el tipo de enfoque en su aproximación.

El siguiente esquema muestra los aspectos más relevantes de la legislación federal y general que inciden en el suelo.



Perspectiva integrada del suelo en la Legislación Federal y General Mexicana



COMO ELEMENTO NATURAL

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Reconoce los derechos a un medio ambiente sano y al agua.

LEY DE AGUAS NACIONALES

Alude al suelo al definir cuerpo receptor, cuenca hidrológica, humedales y servicios ambientales. Asimismo, declara de utilidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos.

LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE

Regula el manejo de hábitat con metas específicas de conservación, mantenimiento, mejoramiento y restauración.

LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

Considera, entre las acciones de adaptación, la determinación de la vocación natural del suelo, así como su manejo, protección, conservación y restauración. Además, plantea frenar y revertir la deforestación y la degradación de los ecosistemas forestales, ampliar las áreas de cobertura vegetal y el contenido de carbono orgánico en los suelos.

LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

Regula los mecanismos de remediación y compensación de daños al medio ambiente.

DESDE LA PERSPECTIVA DE LA PROPIEDAD

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Regula la propiedad originaria de la nación de los recursos naturales, la propiedad social y la propiedad privada; además de establecer las bases para el desarrollo urbano y la protección civil.

CÓDIGO CIVIL FEDERAL

Regula la propiedad privada, ubicando al suelo en la categoría de bien inmueble.

LEY GENERAL DE ASENTAMIENTOS HUMANOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO

Establece las provisiones, reservas, usos de suelo, así como los destinos de áreas y predios que regula la propiedad en los centros de población. Reglamenta la resiliencia urbana, la prevención y reducción de riesgos, el desarrollo urbano y las reservas territoriales.

LEY GENERAL DE BIENES NACIONALES

Regula los terrenos nacionales, baldíos y demás inmuebles declarados inalienables e imprescriptibles.

LEY GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL

Regula la reducción de riesgos, determinante para la regulación de los usos de suelo.

COMO RECURSO NATURAL

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Establece la rectoría del desarrollo nacional para que sea integral y sustentable.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE

Regula el ordenamiento ecológico del territorio, los asentamientos humanos, la evaluación del impacto ambiental, los estudios de riesgo, las áreas naturales protegidas, las normas oficiales mexicanas, la prevención y control de la contaminación, así como las actividades altamente riesgosas.

LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS

Regula la prevención y control de la contaminación del suelo, el manejo integral de los residuos y la responsabilidad tanto de la contaminación como de la remediación de sitios.

LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE

Provee los criterios de la política forestal, la planeación del desarrollo forestal, el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el Inventario Nacional Forestal, las áreas forestales protegidas y las normas oficiales mexicanas asociadas.

LEY DE DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE

Considera de utilidad pública del desarrollo rural sustentable. Plantea reorientar el uso del suelo cuando existan niveles altos de erosión o impacto negativo sobre los ecosistemas, así como la formulación de la Carta de Riesgo en cuencas hídricas, que incluyan obras de conservación de suelo.

LEY DE HIDROCARBUROS

Establece qué asignatarios y contratistas serán responsables de los desperdicios, derrames de hidrocarburos o demás daños que resulten de sus actividades. Regula las vías de negociación para el uso y ocupación del suelo entre los propietarios o titulares de terrenos, bienes o derechos (derechos reales, ejidales o comunales).

LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

Plantea considerar los cambios en el uso de suelo, como parte de la política climática.

CÓDIGO PENAL FEDERAL

Sanciona actividades tecnológicas y peligrosas que contaminan el suelo y los cambios del uso de suelo forestal ilícitos.

Esquema 3. Recapitulación de las diversas perspectivas, que reconoce la legislación, tanto federal como general de México, con respecto al suelo.

El suelo en la Agenda 2030

La Agenda 2030 con sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es un esfuerzo a nivel mundial para mejorar la vida de todos; incluye desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de género, la defensa del medio ambiente o el diseño de la gestión sostenible de las ciudades. El suelo juega un papel en el alcance de todos ellos, sin embargo, no es mencionado de forma explícita en el planteamiento de los ODS al mismo nivel que se hace con el agua, el aire y la biodiversidad. La publicación de los ODS, como metas para mantener la vida en el planeta, obliga a observar las funciones y los servicios ecosistémicos que brindan los suelos, ya que el cumplimiento de varios de ellos no puede suceder si no se hace mediante su restauración y manejo sostenible. Los ODS que solo pueden alcanzarse, si se preservan las funciones del suelo, son los siguientes: fin de la pobreza (ODS 1), hambre cero (ODS 2), salud y bienestar (ODS 3), agua limpia y saneamiento (ODS 6), energía asequible y no contaminante (ODS 7), acción por el clima (ODS 13) y vida de ecosistemas terrestres (ODS 15).

La función de producción de biomasa de los suelos, para asegurar alimentos, forrajes y generar energía renovable, establece su importancia para el cumplimiento de los ODS 2 y ODS 7. Abona al ODS 1 el manejo adecuado del suelo, que puede aumentar los ingresos de los agricultores y reducir la pobreza rural, evidente en México. La función del suelo de filtrar y amortiguar contaminantes, protegiendo la calidad del agua subterránea y la cadena alimentaria, es indispensable para dar cumplimiento al ODS 3, al ODS 6 y al ODS 14. En el ODS 15 se señala la importancia de los suelos para la vida en la Tierra, así como las funciones primordiales de los ecosistemas. En el ODS 13 y en los esfuerzos de la Alianza Mundial por el Suelo (GSP), que impulsa el proyecto de recarbonización de suelos RECSOIL a nivel mundial (FAO, 2020), se enfatiza que los suelos sanos contribuyen a mitigar el cambio climático, al capturar y almacenar carbono. Asimismo, el ODS 14, vida submarina, menciona de manera indirecta elementos asociados al manejo del suelo en tierra en la protección de la vida en el océano, un ejemplo de ello es la eutrofización ocasionada por el mal manejo de suelos.

En el cumplimiento de los ODS (ONU, 2015), además de aquellos con mayor trascendencia para la preservación



del suelo, el de igualdad de género y el de empleo digno y crecimiento económico son de importancia equivalente. Sin embargo, ninguno de los ODS puede alcanzarse si no se pone en marcha de forma seria y contundente el ODS 4, educación de calidad, que sostiene y vincula a los 16 restantes. Si no se cambian las metodologías, los contenidos y la intención pedagógica de la enseñanza, es imposible el cambio de conocimientos, actitudes, valores y principios, que modifiquen el comportamiento de la sociedad y ayuden a construir una cultura de preservación. La enseñanza se debe escalar de la práctica unidisciplinaria hacia una docencia sistémica e interdisciplinaria comprometida con los valores sociales, humanos y ambientales. Solamente de esta manera se alcanzará la paz y justicia reclamada por el ODS 16 a través de la construcción de alianzas intersectoriales (ODS 17).

El logro de los ODS solo es posible si se consideran y preservan las funciones del suelo en ellos.

Si bien existe una función del suelo, asociada al cumplimiento de los diferentes ODS, es necesario *mirarlo* como un cuerpo natural que cumple funciones vitales en los socioecosistemas. Su manejo debe hacerse de forma sostenible para preservar todas sus funciones, aunque se aproveche en mayor medida solo una de ellas. Por ejemplo, la producción de alimentos debe ocurrir sin limitar la función del suelo de regular el ciclo hidrológico, recargar el acuífero con agua libre de agroquímicos y mantener activos los ciclos biogeoquímicos; es decir, el manejo del suelo debe entenderse como un sistema integral. En este sentido, es que se definen conceptos como la agricultura sostenible, la cual se realiza de tal forma que la producción de biomasa (alimentos, forrajes y energías renovables) se asegura a través de prácticas que no afectan la provisión de agua subterránea, protegen la biodiversidad y controlan el clima.

¡Es momento de actuar!

Es urgente invertir la tendencia de degradación que amenaza al recurso en el país, misma que se puede lograr, desde los diferentes sectores, a través de una gestión sostenible que considere la diversidad fisiográfica y cultural mexicana.

Con base en la situación actual de los suelos en México, los desafíos que se buscan enfrentar son los siguientes:

1 Situar la conservación y la gestión sostenible del suelo en un lugar prioritario dentro de la Agenda de Desarrollo de México.

2 Conservar los suelos que aún no han sido afectados, y recuperar a los que se encuentran degradados para restablecer los servicios ecosistémicos actuales y para las futuras generaciones.

3 Lograr una gestión sostenible de los suelos.

4 Establecer una comisión legislativa que incorpore al suelo en las políticas públicas y defina los marcos legales para su óptima gobernanza.

5 Crear conciencia sobre la importancia del suelo en la población en general.

6 Generar vínculos academia-sociedad-gobierno para una toma de decisiones con evidencias e información confiables sobre la calidad de los suelos.

7 Proporcionar a agricultores y ganaderos indicadores de campo sobre la calidad de sus suelos.

8 Incluir el estudio del suelo como recurso natural imprescindible, de forma transversal, en los programas de educación básica y profesional.

9 Expresar el valor de los servicios ecosistémicos de manera integral (incluyendo la dimensión económica) como herramienta para crear conciencia y transmitirlo a los responsables de las políticas públicas, para que consideren su eficaz manejo y conservación.

10 Identificar los potenciales fondos de inversión —cada vez más limitados— de forma eficiente para maximizar la protección y restauración del recurso.

11 Invertir en desarrollo tecnológico para el monitoreo del suelo, con el propósito de dar seguimiento a los cambios en la salud de este ante los diferentes escenarios o cambios de uso de suelo en el territorio nacional.

12 Desarrollar equipos para el monitoreo nacional multipropósito y sistemas de monitoreo terrestre por satélites, para mantener actualizadas las bases de datos de potencial de captura de carbono, humedad del suelo, salinización, entre otros.

La articulación coordinada de los tres sectores garantizará alcanzar escenarios ideales en la gestión sostenible del suelo y su gobernanza.

Gobierno

Es urgente incluir y fortalecer el tema suelo como *el recurso natural no renovable que es*, y posicionarlo en la Agenda Nacional como *el elemento fundamental para la prosperidad social, económica, política y ambiental del país*. Se debe impulsar la creación de una estrategia nacional, a fin de abatir el gran deterioro de los suelos por diversos tipos de degradación, así como desarrollar políticas adecuadas para el uso, monitoreo, conservación y, en su caso, restauración, a través de delegaciones regionales (Anglés y Mora, 2015). Además, debe fortalecerse la emisión de normas técnicas que contribuyan a la protección y conservación de los suelos.

Academia

El estudio y la investigación interdisciplinarios de la ciencia del suelo son requisitos indispensables para su preservación. La riqueza cognitiva y la información, que sustentan propuestas y acciones fundamentadas desde las instancias educativas, deben permear en los sectores nacionales para garantizar su sostenibilidad. De igual manera, es trascendente educar y concientizar ambientalmente a los estudiantes de todos los niveles, desde preescolar hasta postdoctorado. A la UNAM, por su carácter nacional, le corresponde la extensión y difusión del valor del suelo hacia todos los ámbitos de la sociedad.

Sociedad

Es necesario comprender que del suelo depende la seguridad alimentaria, hídrica, de salud y energética de la población mundial. La suma de esfuerzos y voluntades entre gobierno, academia, iniciativa privada y sociedad genera cambios reales, pero es necesario trabajar en conjunto para diseñar y poner en marcha estrategias que permitan avanzar, de manera eficaz, hacia una gestión sostenible del suelo. En particular, desde el sector industrial y extractivo, se requiere mayor responsabilidad y compromiso en el cuidado del recurso, considerando procesos sostenibles en los ciclos productivos, y volviéndose socios solidarios del gobierno para activar las políticas públicas proyectadas.

Gobierno

Acciones concretas:

- Crear capacidades institucionales que promuevan la conservación y recuperación de suelos a nivel nacional, estatal y sobre todo municipal, que trasciendan los cambios sexenales.
- Realizar las inversiones en la preservación de los suelos, al reconocer su carácter urgente.
- Reconocer el valor económico de los suelos, al ser proveedor de servicios ecosistémicos y económicos, así como del manejo sostenible de la tierra en los mercados.
- Aumentar la inversión en la gestión sostenible del suelo, que incluya la tenencia de la tierra, así como el asesoramiento técnico, financiero y de innovación.
- Promover prácticas de gestión y manejo sostenible de los suelos para la adaptación y la mitigación ante el cambio climático.
- Identificar y atender los factores determinantes, como los sociales, económicos, políticos y ambientales, que ocasionan la degradación de suelo.
- Fomentar prácticas de manejo sostenible de la tierra y la restauración de los suelos degradados, a través de capacitación en fertilidad, uso eficiente del agua y el reciclaje de los subproductos agrícolas.
- Promover una agricultura sostenible basada en prácticas agroecológicas, innovaciones científicas y tecnológicas, a través de la eliminación de pesticidas tóxicos, en el uso adecuado de fertilizantes, sistemas agrosilvopastoriles, una ganadería regenerativa y silvopastoril, así como un manejo forestal sustentable, reconociendo el conocimiento de las comunidades y la diversidad de condiciones locales.
- Impulsar el desarrollo de sistemas nacionales de información de suelos como herramienta para la toma de decisiones sobre el uso sostenible de la tierra y los recursos naturales.
- Identificar las amenazas que enfrenta el suelo, con la finalidad de establecer estrategias de mitigación, conservación y recuperación.
- Evaluar el impacto de las políticas públicas sobre la calidad de los suelos.
- Reconocer y documentar el conocimiento tradicional en el manejo de la tierra y los suelos, e incorporarlo en los planes e instrumentos de política pública.
- Integrar diagnósticos y mapeos de suelos a los programas de ordenamiento ecológico y planeación territorial.
- Diseñar una regulación más estricta y efectiva para reducir la acumulación de contaminantes, así como crear un plan de remediación de los suelos contaminados.
- Incluir al suelo, de forma explícita, en la legislación mexicana, a través de la promulgación de una estrategia nacional para el manejo y protección de suelos.

Academia

Acciones concretas:

- Definir programas de investigación para comprender los procesos de degradación del suelo y los factores tanto regionales como locales que los determinan.
- Estudiar el suelo mediante un enfoque de los servicios ecosistémicos que brindan, así como el capital natural que aporta al bienestar humano, propiciando vínculos y sinergias entre la ciencia del suelo y otras disciplinas.
- Generar investigación transdisciplinaria con distintos actores involucrados en el manejo del suelo, que conlleve a su caracterización, recuperación y conservación.
- Promover la planeación del territorio, al incorporar la calidad y los servicios ecosistémicos de los suelos.
- Mejorar la información sobre los suelos y sus propiedades mediante levantamientos con técnicas eficientes y asequibles a una escala detallada.
- Establecer sistemas de monitoreo, que identifiquen cambios en propiedades clave del suelo a través del tiempo, con metodologías uniformes y accesibles.
- Incrementar la visibilidad a través de proyectos de comunicación educativa en las ciencias del suelo.

Sociedad

Acciones concretas:

- Hacer conciencia de la importancia del cuidado sostenible del recurso en las diferentes actividades que se llevan a cabo.
- Conocer y utilizar técnicas que eviten la pérdida de suelo para que conserven su calidad.
- Mantener los suelos cubiertos de vegetación para evitar su erosión y no contaminarlos, en zonas urbanas, áreas verdes y parques.
- Identificar cambios en patrones de consumo que hagan sinergias con las acciones de conservación y manejo sostenible de los suelos.
- Generar iniciativas, desde el sector industrial y extractivo, para financiar proyectos de investigación, implementar prácticas de manejo sostenible del suelo, adquirir maquinaria para labranza de conservación e incidir sobre patrones de consumo sustentables.

Aunque las funciones del suelo y sus servicios ecosistémicos hacen evidentes las aportaciones al bienestar humano, también resaltan su complejidad sistémica, por lo que para atenderla de manera integral, en relación con la gestión sostenible del suelo, es

necesario establecer niveles inter y transdisciplinarios en todos los ámbitos de intervención, mediante un enfoque transversal para encontrar sinergias que contribuyan a preservarlo y hacer sostenible la vida en la Tierra.

REFERENCIAS

- [1] Inglés, M. y Mora, C. J. (2015). Marco normativo de la contaminación y remediación del suelo en México. *Revista Iberoamericana de Derecho Ambiental y Recursos Naturales*, 6(16), 241-269.
- [2] Cotler, H., López, C. y Martínez-Trinidad, S. (2011). ¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelo agrícolas en México. *Investigaciones Ambientales*, 3(2), 31-43.
- [3] Cotler, H., Cram, Martínez-Trinidad, S. y V. Bunge. (2015). Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trincheras. *Investigaciones Geográficas*, (88), 6-18. <https://doi.org/10.14350/rig.47378>.
- [4] Cotler, H., Robles, H., Lazos, E. y Etchevers, J. (2019). Agricultura, alimentación y suelos. En: L. Merino-Pérez (coord.). *Crisis ambiental en México. Ruta para el cambio* (pp. 53-84). México: Secretaría de Desarrollo Institucional. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [5] Cotler, H., Corona, J. A. y Galeana-Pizaña, J. (2020). Erosión de suelos y carencia alimentaria en México: una primera aproximación. *Investigaciones Geográficas*, (101). <https://doi.org/10.14350/rig.59976>
- [6] Etchevers, J. D., Cotler, H. e Hidalgo, C. (2020). Salir de la invisibilidad: nuevos retos para la ciencia del suelo. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 931-938. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.867>
- [7] FAO. (2020). *Recarbonización de los suelos del mundo: una herramienta para implementar el programa de Trabajo Conjunto de Koronivia*. Italia: FAO.
- [8] Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á., Vázquez-Alarcón, A. y Ruíz-Puga, P. (2013). Los procesos de desertificación y las regiones áridas. *Revista Chapingo*. 19(1), 45-66.
- [9] INEGI. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2017*. México: INEGI.
- [10] INEGI. (2007). *Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250000, Serie II*. México: INEGI.
- [11] Lara-Pulido, J. A., Guevara-Sanginés, A. y Arias-Martelo, C. (2018). A meta-analysis of economic valuation of ecosystem services in Mexico. *Ecosystem Services*, A(31), 126-141.
- [12] Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SIODS). (enero, 2020). Agenda 2030 de desarrollo sostenible. Recuperado de <http://agenda2030.mx/#/home>
- [13] Ortiz-Solorio, C., et al. (2002). *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000*. México: SEMARNAT-CP.
- [14] Pérez-Verdin, G., Sanjurjo-Rivera, E., Galicia, L., Hernández-Díaz, J. C., Hernández Trejo, V., y Márquez-Linares, M. A. (2016). Economic valuation of ecosystem services in Mexico: current status and trends. *Ecosystem Services*, A(21), 6-19.
- [15] Reyes-Sánchez L. B. (2018). Edaphological approaches to advancing Sustainable Development Goals: an educational perspective to build a citizen preservation culture. En Lal, R., Horn, R., y Kosaki, T. (Eds). *Soil and Sustainable Development Goals*. Germany: Schweizerbart Sche Vlgsh.
- [16] SEDEMA. (2016). *Cuarto Informe de la Secretaría del Medio Ambiente de la CDMX*. Ciudad de México: SEDEMA. Recuperado de <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/5a147a/0a8/5a147a0a8a9bd000192323.pdf>
- [17] SEDATU. (2018). *Sistema Urbano Nacional 2018*. México: Secretaría de Gobernación, Secretaría General del Consejo Nacional de Población y Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400771/SUN_2018.pdf
- [18] SEDATU. (2021). *Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial*. México: SEDATU.

POR UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL SUELO

que promueva su
reconocimiento,
recuperación,
preservación y gobernanza



Dra. Marisol Anglés Hernández
Instituto de Investigaciones Jurídicas

Dr. Gerardo Bocco Verdinelli
Centro de Investigaciones en Geografía
Ambiental

Dra. Helena Cotler Ávalos
Centro de Investigación en Ciencias de
Información Geoespacial

Dra. Silke Cram Heydrich
Instituto de Geografía

Dr. William Henry Lee Alardín
Coordinación de la Investigación Científica

Dra. Sol Ortiz García
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Dra. Blanca Prado Pano
Instituto de Geología

Dra. Laura Bertha Reyes Sánchez
International Union of Soil Sciences

Dr. José Manuel Saniger Blesa
Coordinación de la Investigación Científica

Dra. Christina Siebe Grabach
Instituto de Geología

LIGAS DE INTERÉS

Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo (PUEIS)
<http://www.pueis.unam.mx>

Red SDSN México
<https://sdsnmexico.mx/>

CONTACTO

Las solicitudes, dudas o aclaraciones se canalizarán a través del correo electrónico
sid@cic.unam.mx
Secretaría de Investigación y Desarrollo

CITAR EL DOCUMENTO COMO:

Por una gestión sostenible del suelo que promueva su reconocimiento, recuperación, preservación y gobernanza. Anglés, M., Bocco, G., Cotler, H., Cram, S., Lee, W. H., Ortiz, S., Prado, B., Reyes, L. B., Saniger, J. M., Siebe, Ch. Vol. 2. Pronunciamento: Gestión sostenible del suelo. <http://www.cic-ctic.unam.mx/>



Atribución-NoComercial-SinDerivadas
CC BY_NC_ND