ESTRATEGIA NACIONAL DE SUELO PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE (ENASAS)

GOBIERNO DE MÉXICO

AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:
Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear
de la República Federal de Alemania

ESTRATEGIA NACIONAL DE SUELO PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE (ENASAS)

Primera edición
Estrategia Nacional de Suelo para la Agricultura Sostenible (ENASAS), 2022.

El Gobierno de México promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Producido y publicado por:
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (AGRICULTURA)
www.gob.mx/agricultura

Instituciones representadas en el Grupo de Asesores que desarrolló la ENASAS:
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias (INIFAP)
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)
Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial (Centro Geo)
Colegio de Postgraduados (COLPOS)
Instituto Politécnico Nacional (IPN)
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV)
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
Centro de Geociencias
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán
Programa de Estudios Interdisciplinarios del Suelo (PUEIS)
Panel Técnico Intergubernamental de Suelos de la AMS (ITPS, por sus siglas en inglés)
Pilares de la Alianza Mundial por el Suelo (AMS) de la Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura (FAO)
Unión Internacional de las Ciencias del Suelo (IUUS, por sus siglas en inglés)
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. (SMCS A.C.)
Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia A.C. (CIDECALLI A.C.)

Instituciones y organismos que aportaron elementos para el fortalecimiento de la ENASAS:
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA)
Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA)
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)
Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)

Esta publicación fue apoyada por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de la República Federal de Alemania en el marco del proyecto “Integración de la Biodiversidad en la Agricultura Mexicana (IKI-IBA)” que forma parte de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI) y es implementado por la Cooperación Alemana a través de la GIZ – *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GmbH)”.

PRESENTACIÓN

La Estrategia Nacional de Suelo para la Agricultura Sostenible (ENASAS) surge como respuesta a la necesidad de organizar, coordinar y fortalecer la implementación de acciones dirigidas al manejo sostenible de los suelos agropecuarios del país, que permitan su conservación y el mantenimiento de sus funciones elementales para la agricultura, la seguridad alimentaria y el bienestar de la población. Considerando que la salud y calidad de los suelos agropecuarios se encuentra bajo la presión constante de diversos factores, principalmente antropogénicos, la ENASAS tiene como objetivos fundamentales conservar este recurso mediante su manejo sostenible e identificar, detener y revertir las causas involucradas en los procesos de degradación desde una perspectiva sistémica. Bajo esta óptica, la participación de diferentes actores en el manejo sostenible del suelo permite integrar distintos enfoques, prácticas, técnicas y conocimientos que coadyuven a concientizar a toda la población sobre la importancia que tiene este recurso. Por otra parte, dada las limitaciones de información necesarias para sustentar la toma de decisiones y evaluar el resultado de las acciones implementadas, la ENASAS impulsa la generación de datos confiables y actualizados respecto a las condiciones de los suelos agropecuarios del país, mediante el uso de diversas herramientas. En el mismo sentido, esta estrategia fomenta el desarrollo de investigaciones científicas y tecnológicas, la integración de conocimientos, así como la transferencia de innovaciones que atiendan las necesidades de las agricultoras y agricultores, particularmente los que realizan sus actividades a menor escala.

ÍNDICE

1. Introducción. **7**

2. Objetivo general. **11**

3. Visión. **13**

4. Misión. **15**

5. Marco de referencia. **17**
5.1 Enfoque sistémico del suelo. 17
5.2 Sostenibilidad del suelo. 21
5.3 Suelo y cambio climático. 24
5.4 Gobernanza del suelo. 27

6. Alineación con el programa sectorial. **29**

7. Ejes estrategicos de la ENASAS. **31**
7.1 Eje estratégico 1: Manejo sostenible del suelo. 31
7.2 Eje estratégico 2: Restauración de suelos degradados. 35
7.3 Eje estratégico 3: Información y monitoreo. 37
7.4 Eje estratégico 4: Educación, concientización y participación. 40
7.5 Eje estratégico 5: Conocimientos, investigación, innovación, desarrollo y transferencia tecnológica. 44
7.6 Eje estratégico 6: Coordinación y cooperación. 48
7.7 Eje estratégico 7: Armonización y actualización normativa. 51

8. Anexo. **53**
Proceso de desarrollo de la ENASAS. 53

1

INTRODUCCIÓN

Los suelos son fundamentales para la vida en el planeta. Se relacionan de forma directa e indirecta con la supervivencia humana y con la integridad estructural y funcional de los ecosistemas, particularmente los terrestres (FAO, 2015). No obstante, mientras que el clima, el agua y la biodiversidad se perciben como elementos que soportan la vida en la Tierra, los suelos generalmente no se aprecian como un recurso vivo y complejo con múltiples interacciones y funciones indispensables para los sistemas socioecológicos y el planeta, dentro de las que se encuentran la captura de carbono, la purificación de agua, el hábitat para la biodiversidad y la regulación del clima. Por esta razón, este recurso fundamental no ha sido suficientemente valorado ni protegido, por lo que en muchas ocasiones las decisiones antropogénicas los modifican de manera negativa, detonando procesos de degradación física, química y biológica. En el último caso, la introducción de hongos, nematodos, bacterias y otros microorganismos, impactan la salud del suelo y reducen la capacidad productividad de los sistemas.

El concepto suelo comúnmente se ha vinculado de forma casi exclusiva a la producción de cultivos y alimentos, debido a que 95 % del suministro mundial de alimentos depende del funcionamiento de este recurso y de la relación inherente suelo-agua-planta. En las últimas décadas, la conciencia sobre la relevancia de este recurso más allá de su función productiva comenzó a desarrollarse a partir de iniciativas internacionales como la Unión Internacional de las Ciencias del Suelo (1924), la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (1994),

el Apoyo del Manejo Sostenible de Tierras en el Fondo Mundial del Medio Ambiente (2002) y la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). Por su parte, desde su fundación, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha integrado a la calidad y evaluación de las tierras como temas relevantes dentro de sus programas. De esta forma, la FAO, el Banco Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Comisión sobre Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (CDS), promovieron el desarrollo de conceptos, principios y definiciones relacionados con el suelo, su tipo de uso, calidad, clasificación y procedimientos de evaluación (SEMARNAT, 2011).

En 2012, con la aprobación del establecimiento de la Alianza Mundial por el Suelo (AMS) por parte de la FAO, los esfuerzos se centraron en fortalecer la gobernanza de este recurso, incrementar la concientización de su importancia y enfrentar y revertir los procesos de degradación ocasionados por las actividades humanas en diversos sectores, mediante el establecimiento de estrategias regionales basadas en el manejo sostenible del suelo (Muñiz-Ugarte, 2017). Bajo este marco, en 2019 se estableció la Alianza por los Suelos de América Latina y el Caribe (ASLAC), con el objetivo de facilitar el intercambio de conocimientos y el fortalecimiento de capacidades técnicas, de información e inversión para afrontar los desafíos que enfrentan los países de la región latinoamericana y el Caribe. Además, la AMS, con la misión de posicionar al recurso suelo en la agenda global mediante acciones colectivas, cuenta con un Panel Técnico Intergubernamental de Suelo (ITPS, por sus siglas en inglés), redes de trabajo, en donde destaca la Red Global de Laboratorios de Suelo (GLOSOLAN), así como iniciativas y materiales técnicos y de difusión dirigidos a fomentar el manejo sostenible del recurso suelo.

En 2020, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Dr. Rattan Lal, a través del Centro de Gestión y Secuestro de Carbono de la Universidad de Ohio, lanzaron la iniciativa "Suelos Vivos de las Américas", con el objetivo de articular esfuerzos públicos y privados en el combate a la degradación de los suelos. Dicha iniciativa plantea que la salud humana es un reflejo de la salud de los suelos, siendo esencial el carbono orgánico para mantener a los suelos vivos y saludables y con ello, contribuir a la biodiversidad y la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios, la seguridad alimentaria, la dinamización de la economía y el bienestar de la humanidad (*Lal et al.*, 2021).

A partir de los esfuerzos iniciales, en las iniciativas actuales el suelo se relaciona con una multitud de procesos y la generación de bienes y servicios esenciales para los ecosistemas y el bienestar humano (Lehmann *et al.*, 2020). En esta óptica los suelos se reconocen como un recurso cuyo cuidado y adecuada administración permite enfrentar los desafíos globales, como la inseguridad alimentaria y la desnutrición, la contaminación del agua y el aire, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático. Al mismo tiempo, se ha hecho evidente la naturaleza no renovable y frágil de este recurso natural que se encuentra bajo una presión en constante incremento, por lo que es prioritario enfrentar, detener y revertir los procesos de degradación mediante el establecimiento de prácticas de manejo sostenible del suelo, con la adecuada orientación ecológica, económica, social y cultural.

La diversidad de suelos en México incluye a 25 de los 32 grupos reconocidos por la Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo (INEGI, 2013; *IUSS Working Group WRB*, 2015), que, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), representan 87% de los tipos de suelo que hay en nuestro planeta (INEGI, s.f.). Estos suelos se distribuyen en los 1.9 millones de kilómetros cuadrados de superficie continental que conforman al país. De esta superficie, 12 % son suelos aptos para la agricultura de cultivos anuales y perennes, mientras que el resto muestra aptitud para la producción y extracción de recursos forestales, pastoreo o forman parte de ecosistemas no modificados que sirven de reservorios para la biodiversidad (Etchevers *et al.*, 2020). En la dinámica actual del

país, la superficie arable promedio por habitante disminuye al ritmo que la población se incrementa y se pierde suelo fértil por procesos de cambio de suelo agrícola a urbano, entre otros factores. A nivel nacional 64% de los suelos muestran algún nivel de degradación, escenario en donde 38% de dicha condición se asocia al impacto de las actividades agrícolas (Ortiz *et al.*, 2022), mientras que 28% de las unidades de producción presentan como principal problema la pérdida de fertilidad del suelo (INEGI, 2019). En el caso específico de los Distritos de Riego, 20% de la superficie presenta problemas de salinidad, procesos que se incrementan en contextos de cambio climático (Pulido *et al.*, 2009; Pulido, 2016; Pulido, 2018). En consecuencia, existe el grave riesgo de que tanto la superficie arable como la calidad de los suelos que actualmente se emplean para la agricultura, sean insuficientes para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales y de las futuras.

Por otra parte, además de la calidad de los suelos, se debe de considerar a la salud del suelo, concepto que se refiere a la capacidad constante del suelo para funcionar como un recurso vivo que determina los sistemas de uso del suelo y las fronteras para sustentar la productividad biológica, promover la calidad del aire, agua y mantener la salud de plantas, animales y humanos (Doran *et al.*, 2002). Por esta razón es importante, determinar cuándo un suelo pierde dicha capacidad por contaminantes, falta de nutriente o por la presencia de especies plaga para los vegetales o animales.

Con base en esta realidad, las necesidades nacionales y la importancia del suelo para la agricultura, la alimentación y el bienestar de la población mexicana, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (AGRICULTURA) elaboró, en colaboración con expertos en ciencias del suelo y agrícolas de instituciones académicas, de investigación, del gobierno federal y de organizaciones internacionales, la presente Estrategia Nacional de Suelo para la Agricultura Sostenible (ENASAS). La ENASAS, que tiene como finalidad promover la conservación y rehabilitación de las múltiples funciones del suelo para contribuir a la seguridad alimentaria y el bienestar de la población, está estructurada por siete ejes estratégicos dirigidos al manejo sostenible del recurso, la restauración de suelos degradados, el monitoreo y generación de información útil para la toma de decisiones, el fortalecimiento de la educación, concientización y participación de diversos actores, el fomento al desarrollo de investigación científica y tecnológica y la integración de conocimientos ancestrales, tradicionales y locales, la coordinación y cooperación, así como la actualización normativa en la materia, todos sobre la base de la gobernanza del suelo (Figura 1).

Figura 1. Estructura de la Estrategia Nacional de Suelo para la Agricultura Sostenible (ENASAS).

2

OBJETIVO GENERAL

La Estrategia Nacional de Suelo para la Agricultura Sostenible tiene como objetivo fomentar, fortalecer y coordinar acciones para promover e incrementar el manejo sostenible de los suelos agropecuarios del territorio nacional, que contribuya a la seguridad alimentaria y el bienestar de la población, mediante la conservación de sus múltiples funciones y la restauración de suelos agropecuarios degradados. Como parte del objetivo, la ENASAS promueve la educación y concientización social sobre la importancia del suelo para la vida, con la participación de diversos actores, particularmente locales. De igual forma, fomenta la generación e integración de conocimientos tradicionales y científicos con el objeto de propiciar innovaciones tecnológicas adaptadas a distintos contextos socioecológicos, que atiendan las necesidades específicas de los territorios y poblaciones en el país.

3

VISIÓN

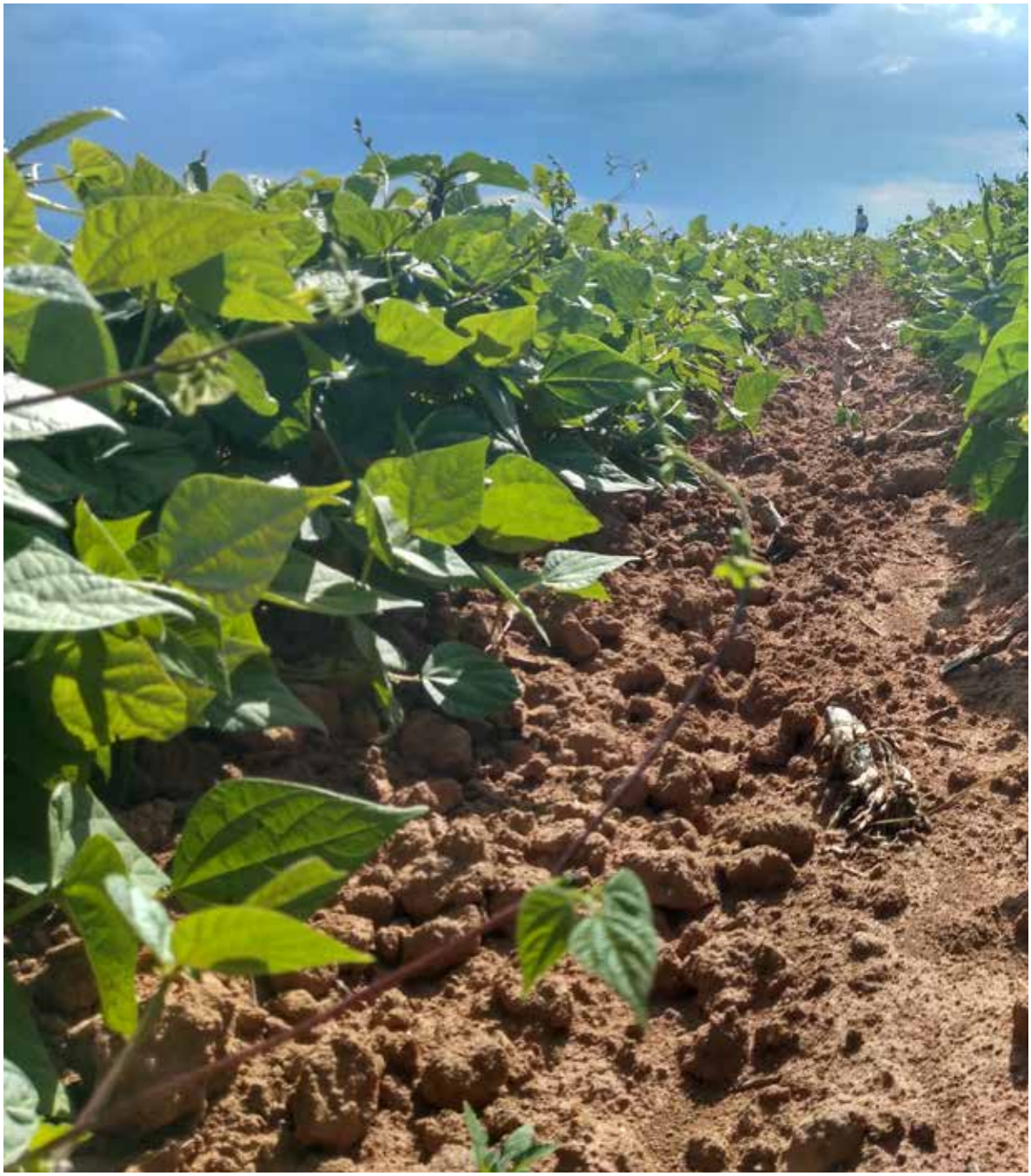
La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural integra en la ENASAS una visión sistémica e incluyente que parte del reconocimiento de los múltiples servicios ecosistémicos del suelo para la agricultura, referida ésta en su sentido más amplio (agricultura, ganadería y agroforestería). Consecuentemente, detener y revertir los procesos de degradación que afectan a los suelos agropecuarios del país, mediante acciones integrales y participativas que mejoren y restauren su salud y calidad, forma parte del enfoque sistémico de la ENASAS, orientado a fortalecer la gobernanza de este recurso.

En esta visión, la conservación de la salud y calidad de los suelos agropecuarios, la rehabilitación de los suelos degradados del país, con miras a procurar un sector con una degradación neutra del suelo, y el fortalecimiento del papel de este recurso en la mitigación del cambio climático y su potencial para incrementar la resiliencia y el bienestar de la población del país, particularmente la rural, forman parte de las metas a concretar en el corto (2022),mediano (2024) y largo plazo (2030), con miras a que la ENASAS constituya la hoja de ruta para el desarrollo de las acciones e instrumentos a implementar más allá de la Agenda 2030 y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Tomando en cuenta que el manejo sostenible del suelo para su conservación involucra la participación de múltiples actores de diversos sectores, tanto representantes de gobierno como productores agropecuarios, instituciones académicas y de investigación, organizaciones de la sociedad civil y el

sector privado, entre otras, que interactúan a diferentes escalas, la ENASAS busca constituirse como un instrumento integrador y coordinador de los múltiples esfuerzos realizados para la conservación de los suelos agropecuarios, así como para la construcción y consolidación de la gobernanza del suelo, con énfasis en una gobernanza local, equitativa y efectiva, reconociendo la vasta diversidad socioecológica presente en distintas regiones del país, que dan lugar a un mosaico amplio de condiciones agroecológicas.

En este enfoque, la gobernanza del suelo, que en parte involucra un proceso de integración de los saberes ancestrales, tradicionales y locales con los conocimientos e innovaciones tecnológicas y científicas, bajo el acompañamiento gubernamental, contribuirá a satisfacer las necesidades de agricultores y técnicos en las metas del manejo sostenible y restauración del suelo.



4

La ENASAS tiene la misión de fomentar la conservación de la salud y calidad de los suelos agropecuarios de la nación por medio de su manejo sostenible y fomentar la aplicación de las acciones y procedimientos conducentes para el mejoramiento y rehabilitación de los suelos degradados[1]. Con dicho propósito, AGRICULTURA pone a disposición de los productores, instancias de los tres órdenes de gobierno, académicos, el sector privado y la ciudadanía en general, los lineamientos establecidos en la presente Estrategia con la finalidad de integrar y coordinar la participación de todos los actores involucrados en el manejo sostenible del suelo para su conservación.

MISIÓN

[1] Con base en el artículo 35, fracción XII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (DOF, 11/01/21).

5

MARCO DE REFERENCIA

5.1 Enfoque sistémico del suelo

Los suelos forman parte de sistemas terrestres complejos con múltiples componentes y dinámicas interconectadas que, en el caso de la agricultura, ilustran de forma explícita la relación inherente de los humanos con la naturaleza. Desde un enfoque sistémico, la complejidad de los suelos agropecuarios puede caracterizarse por las relaciones no lineales, múltiples niveles de organización, vínculos entre diferentes escalas, ciclos de retroalimentación y una evolución conjunta que resulta en una interdependencia entre las esferas social y ecológica (Preiser *et al*., 2018). Dado que los sistemas cuentan con capacidades adaptativas, es posible que cambien y evolucionen a través del tiempo en respuesta a retroalimentaciones y modificaciones en los componentes o condiciones del sistema. Por lo tanto, el conocimiento de las interacciones y cambios en las propiedades del suelo es un aspecto fundamental para determinar su funcionalidad en el tiempo y predecir los resultados que se presentarán como consecuencia de las intervenciones que se implementen con un fin determinado (Folke *et al*., 2005; Preiser *et al*., 2018). Bajo la óptica del enfoque sistémico, las funciones del suelo, particularmente los agropecuarios, emergen a partir de la auto-organización de sus componentes a diferentes escalas y de la interacción con múltiples factores dentro de un contexto social y biofísico particular (Folke, 2006). De esta forma, el concepto de sistemas permite ampliar el enfoque tradicional del estudio del suelo, en donde los humanos y los factores sociales son externos a los ecosistemas, hacia el análisis e

implementación de acciones que no se centran en las propiedades del suelo per se, sino en las relaciones interdependientes que influyen en su calidad y salud, y por lo tanto en su función (Anderies *et al*., 2004; Berkes *et al*., 2000; Folke *et al*., 2005; Loewy. 2021; Vogel *et al*., 2018).

En esta óptica, el concepto de la salud de los suelos se inserta de manera natural, considerando que ésta se define como la capacidad del suelo, como entidad dinámica y biológicamente activa dentro de los paisajes naturales gestionados, para sostener múltiples servicios ecosistémicos, incluida la productividad primaria neta, la seguridad alimentaria y nutricional, la biodiversidad, la purificación y renovación del agua, el secuestro de carbono, la calidad del aire y la química atmosférica, ciclos elementales para los seres humanos y su bienestar, así como para la conservación de la naturaleza.

Por lo tanto, el enfoque sistémico es fundamental para el manejo sostenible de los suelos agropecuarios del país, si se considera la necesidad de distinguir el estado de los diferentes tipos de suelo presentes en diversas regiones biogeográficas, climáticas y contextos sociales del país, sujetos a condiciones de manejo particulares. En este escenario, el funcionamiento del suelo es una respuesta no lineal a la interacción entre múltiples componentes internos del sistema y factores externos, como los climáticos, macroeconómicos y políticas globales (Vogel *et al*., 2018). En esta aproximación sistémica, el enfoque de cuenca hidrográfica es importante dado que el agua constituye el eje integrador del territorio que vincula e interconecta los elementos naturales, sociales y económicos. Por lo tanto, las cuencas hidrográficas constituyen las unidades territoriales idóneas para la planeación y gestión integral del recurso suelo, con la participación de diversos actores (Cotler *et al*. 2010).

5.1.1 Suelo y sistemas socioecológicos

Los suelos son el soporte estructural y funcional de todos los ecosistemas terrestres, incluyendo los socioecosistemas en los que se producen energía, alimentos, fibras y madera (Cotler y Cuevas, 2017). Si bien 95 % de los alimentos que se consumen en el mundo provienen de los suelos, la comprensión de la relevancia de este recurso debe partir de la valoración de sus múltiples funciones, además de su uso como sustrato de plantas cultivadas. Dentro de éstas, destacan su papel en los ciclos del agua, aire, nutrientes y otros servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano (FAO & MADS, 2018; Lehmann *et al*., 2020). Por otra parte, en las últimas dos décadas se ha destacado la relevancia de las funciones del suelo para contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático (Wiese *et al*., 2021).

La agricultura es la actividad que ejemplifica de una forma inequívoca la relación inherente entre la humanidad y los ecosistemas, debido a que su desarrollo depende de múltiples factores bióticos, abióticos, sociales, económicos y culturales. El desarrollo de la actividad agrícola, circunscrita a los suelos acondicionados para dicha práctica, puede ser afectada directa o indirectamente por factores externos relacionados con el clima, la política y las fuerzas del mercado. Al interior de los sistemas agrícolas, los recursos disponibles y las prácticas de manejo implementadas son algunas de las variables que influyen en la calidad y salud de los suelos. Por lo tanto, en la realidad, la interacción dinámica entre los elementos externos e internos de los sistemas (incluyendo los agrícolas) disipa la división conceptual entre las esferas social y natural, por lo que es posible conceptualizar a los suelos como parte fundamental de un sistema socioecológico.

La influencia de la actividad humana es determinante para la funcionalidad y preservación de la salud del suelo. Lo anterior se desprende del hecho de que la actividad agrícola existe en un sistema de interacciones complejas e interdependientes entre distintos componentes de la esfera ecológica (físicos, químicos y biológicos) y social (Balvanera *et al*., 2017). El impacto de las actividades humanas en los suelos agropecuarios es inducido por el manejo realizado en un amplio rango de contextos

socioeconómicos, culturales y ecológicos (Vogel *et al.*, 2018), que incluyen desde sistemas tradicionales de subsistencia hasta sistemas altamente tecnificados. Por otra parte, se reconoce que el conjunto de las distintas funciones del suelo afecta los recursos humanos, particularmente aquellos relacionados con la seguridad alimentaria (incluyendo a la nutrición y la salud) y el funcionamiento de los ecosistemas. En la Figura 2 se muestra desde una aproximación socioecosistémica, las interacciones generales y los ciclos de retroalimentación entre el suelo y los factores sociales y económicos, expuestos a diversas variables climáticas y ambientales, así como a dinámicas globales. En este enfoque, la calidad y salud del suelo, dependiente de diversas propiedades, determinan su funcionalidad, con énfasis en la prestación de servicios ecosistémicos (SE). Dichos bienes y servicios impactan de forma directa en la disponibilidad de recursos y el bienestar de la sociedad, misma que toma decisiones sobre el manejo del suelo con base en impulsores políticos, económicos y culturales, con resultados directos e indirectos en el estado del suelo.

AGRICULTURA tiene el propósito de afrontar los retos del sector, particularmente los orientados al manejo sostenible de los suelos, desde una perspectiva sostenible e incluyente. En este escenario, la integración de un enfoque sistémico en la ENASAS brinda la oportunidad de considerar las distintas dimensiones, factores y actores relacionados con la conservación y restauración de los suelos agropecuarios, en el objetivo de transitar hacia una agricultura más productiva, sostenible e incluyente, que contribuya a la seguridad alimentaria y el bienestar de la población mexicana.

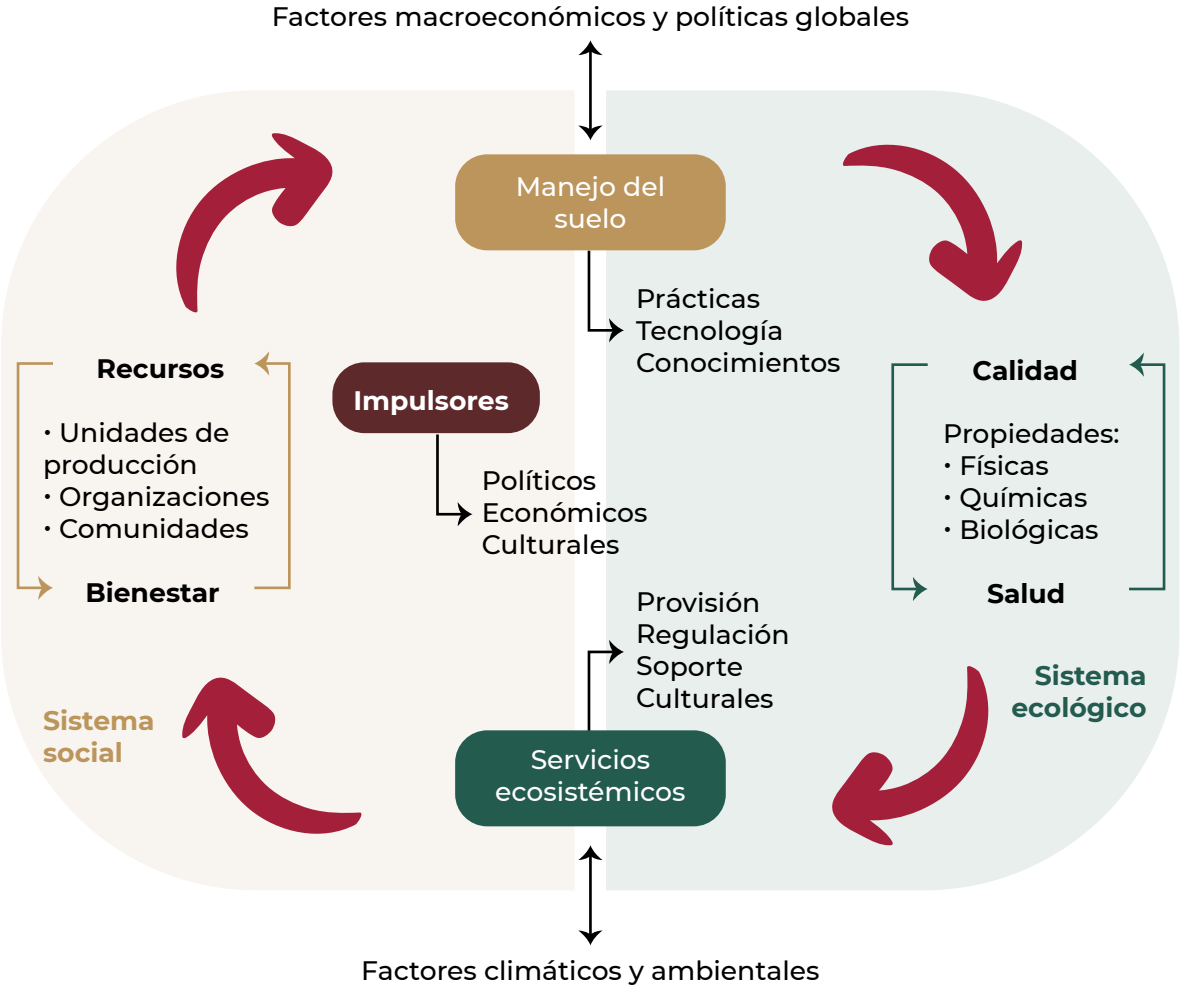


Figura 2. Interacciones del suelo desde el enfoque de socioecosistemas.

5.1.2 Funciones del suelo y servicios ecosistémicos

El funcionamiento del suelo está estrechamente conectado con el bienestar humano, el clima y la biodiversidad, tomando en cuenta que este recurso juega un papel crítico como sistema de soporte de la vida, así como soporte básico para la provisión de alimentos, fibras y combustibles, la regulación del clima, la purificación del agua, el mantenimiento de la biodiversidad y el almacenamiento de carbono, entre muchos otros servicios fundamentales (Hussain *et al*., 2021).

De acuerdo con ITPS de la FAO (2015), el análisis de las amenazas para los suelos y el diseño y desarrollo de acciones para su conservación implica necesariamente identificar las funciones que desempeña. Los esfuerzos realizados con este objetivo han determinado siete grupos de funciones:

1) Producción de biomasa, incluyendo a la agricultura.
2) Almacenamiento, filtrado y transformación de nutrientes, sustancias y agua.
3) Reservorio de biodiversidad, considerando hábitats, especies y genes.
4) Ambiente físico y cultural para los humanos y las actividades humanas.
5) Fuente de materia prima.
6) Reservorio de carbono.
7) Acervo del patrimonio geológico y arqueológico.

En el Cuadro 1 se integran los servicios ecosistémicos relacionados con las funciones del suelo, conforme a la identificación realizada por la FAO y el ITPS (2015).

Servicio ecosistémico	*Función del suelo*
Servicios de soporte	
Formación de suelo	• Meteorización de minerales primarios y liberación de nutrientes. • Transformación y acumulación de materia orgánica. • Desarrollo de estructura. • Desarrollo de carga superficial por retención e intercambio de iones.
Producción primaria	• Medio para la germinación de semillas y desarrollo de raíces. • Fuente de nutrientes y agua para las plantas.
Ciclo de nutrientes	• Transformación de materiales orgánicos por los organismos del suelo. • Retención y liberación de nutrientes en superficies con carga.
Servicios de regulación	
Regulación de la calidad del agua	• Filtrado y amortiguamiento de sustancias. • Transformación de contaminantes.
Regulación del suministro de agua	• Regulación de infiltración de agua en el suelo y flujo de agua en el perfil de los suelos. • Drenaje de excesos de agua fuera del suelo en agua subterránea y superficial.

Regulación del clima	• Regulación de emisiones de CO_2, N_2O y CH_4. • Captura de CO_2.
Regulación de la erosión	• Retención de suelo en la superficie de las áreas.
Servicios de provisión	
Suministro de alimentos	• Provisión de agua, nutrientes y soporte físico para el desarrollo de plantas para consumo humano y animal.
Suministro de agua	• Retención y purificación de agua.
Suministro de fibra y combustible	• Provisión de agua, nutrientes y soporte físico para el desarrollo de plantas para bioenergéticos y fibras
Fuente de materia prima	• Provisión de agregados, turba, etc.
Estabilidad superficial	• Soporte de infraestructura.
Refugio	• Hábitat para fauna edáfica, aves, etc.
Recursos genéticos	• Fuente de materiales biológicos únicos.
Servicios de regulación	
Estéticos y espirituales	• Preservación de diversidad de paisajes culturales. • Fuente de pigmentos y tintas.
Herencia	• Preservación del registro arqueológico.

Cuadro 1. Servicios ecosistémicos y funciones del suelo. Fuente: FAO e ITPS, 2015.

5.2 Sostenibilidad del suelo

A más de 30 años de que en el Informe Brundtland se definió al desarrollo sostenible como el desarrollo que asegure la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias (CMMAD, 1988), es posible mencionar que en términos generales, la sostenibilidad contempla el aprovechamiento de una base finita de recursos, examina sistemáticamente las opciones futuras y adapta las estrategias para alcanzar un estado donde el bienestar sea mayor, se avance en la equidad social y se proteja la integridad ecológica (Redman, 2014).

En términos operativos, la sostenibilidad puede conceptualizarse de dos maneras: 1) como una cuestión de suficiencia de recursos y 2) como un tema de integridad funcional de un sistema auto regenerativo (Thompson, 2007). La primera aproximación se relaciona con la velocidad en la que una práctica de producción o consumo utiliza y agota los recursos disponibles; mientras que, en el segundo caso, una práctica que amenace la capacidad del sistema para mantener sus funciones es considerada como insostenible. Bajo esta óptica, la sostenibilidad del recurso suelo depende de la integridad de sus componentes (minerales, agua, aire y materia orgánica) y propiedades físicas, químicas y biológicas (e.g. textura, estructura, pH, contenido de carbono, equilibrio de nutrientes, biodiversidad asociada), así como del resultado de las interacciones y procesos de retroalimentación entre dichos componentes y propiedades con los factores sociales y económicos que influyen y determinan la funcionalidad del suelo. De esta manera, tanto la disponibilidad de recursos como el funcionamiento de los sistemas son esenciales para mantener la prosperidad y viabilidad de las dimensiones ecológica, económica y social, incluyendo los valores culturales, indispensables para el desarrollo sostenible de la agricultura (Folke *et al*., 2002).

Al respecto, México suscribió la Agenda 2030 y sus 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) promovida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), los cuales establecen rutas para alcanzar las metas del desarrollo sostenible a escala global, mediante acciones de seguimiento de un conjunto de indicadores ambientales, sociales y económicos definidos nacionalmente y con la participación de actores a todos los niveles. Si bien, la mayor parte de los ODS no señalan de manera explícita al suelo, las funciones y servicios ecosistémicos que este recurso provee fundamentan su importancia para un número significativo de estos objetivos (Etchevers *et al*., 2020).

5.2.1 Suelo y Objetivos del Desarrollo Sostenible

Las funciones y servicios que los suelos proporcionan tienen el potencial de contribuir a lograr los ODS a nivel nacional y regional, por lo que es importante incrementar el sentido de responsabilidad respecto a su cuidado (Lal *et al*., 2021a). La contribución de los suelos se observa principalmente para los ocho ODS señalados en el Cuadro 2.

Los suelos están relacionados con el ODS 1: Fin de la pobreza, dado el papel esencial

ODS	*Función*
1: Fin de la pobreza	Productividad y su relación con la generación de ingresos.
2: Hambre cero	Producción de alimentos sanos y nutritivos.
3: Salud y Bienestar	Reducción de contaminantes o la regulación de plagas.
6: Agua limpia y saneamiento	Calidad del agua asociado a la reducción de contaminantes.
8: Trabajo decente y crecimiento económico	Productividad y su relación con la generación de ingresos y empleos.

10: Reducción de las desigualdades	Incremento de productividad agrícola e ingresos.
13: Acción por el clima	Captura de carbono.
15: Vida de ecosistemas terrestres	Hábitat de biodiversidad.

Cuadro 2. ODS para los que contribuyen las funciones del suelo.

que tienen los suelos sanos y de calidad para los sistemas agroalimentarios que generan empleos, ingresos, divisas y promueven la actividad económica, contribuyendo en la superación de problemas asociados a la pobreza y marginación de pequeños productores y la población rural. Así mismo, existe una influencia directa del recurso sobre el ODS 2: Hambre cero, con base en el aporte de la agricultura y la producción de alimentos sanos y nutritivos, para avanzar en la seguridad alimentaria del país. Por otra parte, el ODS 10: Reducción de las desigualdades tiene relación estrecha con la productividad agrícola y el aumento en los ingresos en los hogares rurales asociada a los suelos sanos y fértiles que conserven sus funciones edáficas esenciales, lo que coadyuva significativamente con el bienestar de la población y, por lo tanto, en la reducción de la desigualdad en la población rural, particularmente en pequeños productores. Estos aspectos también abonan a lograr el ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico, así como el ODS 3: Salud y Bienestar. Además, es importante considerar la contribución que los suelos manejados de forma sostenible aportan a los ODS, mediante la reducción de contaminantes o la regulación de plagas que los inhabilita para la producción agropecuaria (Ortiz *et al*., 2022).

Una de las funciones del suelo asociadas a los servicios ecosistémicos de regulación que ha cobrado mayor relevancia en los últimos años debido a la crisis climática global, es su papel como reservorio limitado de carbono. Los suelos manejados de forma sostenible en donde se favorecen prácticas de recarbonización, inciden directamente en el ODS 13: Acción por el clima, al igual que aquellos en donde se realizan prácticas encaminadas a reducir las emisiones de N_2O y CH_4. Por su parte, la regulación de la calidad del agua realizada por el suelo a partir del filtrado y transformación de sustancias y contaminantes contribuye al ODS 6: Agua limpia y saneamiento ya que la funcionalidad de un suelo saludable fortalece la sustentabilidad del ciclo del agua. Si bien los ODS referidos anteriormente no señalaban explícitamente al recurso suelo, el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, el cual se relaciona de manera directa con el suelo al ser hábitat de un porcentaje importante de la biodiversidad del planeta, incluye la meta 15.3, que establece que para 2030 se debe luchar contra la desertificación, rehabilitar tierra y los suelos degradados, incluidas tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones y procurar lograr un mundo con una degradación neutral del suelo (Etchevers *et al*., 2020).

5.2.2 Manejo sostenible del suelo

De acuerdo con la Carta Mundial de los Suelos (FAO, 2015), la gestión de suelos es sostenible si se mantienen o mejoran los servicios ecosistémicos de soporte, provisión, regulación y culturales que éstos proporcionan, sin afectar significativamente a las funciones del suelo que hacen posible dichos servicios y a la biodiversidad. La Carta señala que es materia de especial preocupación el equilibrio entre los servicios de soporte y provisión para la producción vegetal y los servicios reguladores que el suelo proporciona para la calidad y disponibilidad del agua, y para la composición de los gases atmosféricos de efecto invernadero.

Considerando la multitud de factores, componentes, interacciones y procesos de retroalimentación involucrados en la funcionalidad de los suelos, la disponibilidad y calidad de los datos e información técnica y científica es fundamental, así como el rescate, y valoración de los conocimientos ancestrales, tradicionales y locales que hayan mostrado su efectividad o cuenten con el potencial para contribuir al manejo sostenible y la restauración de este recurso. En conjunto, dicha información y conocimientos son indispensables para apoyar el manejo sostenible de suelos, particularmente para detectar patrones de degradación, identificar alternativas y fortalecer la política pública relacionada con la conservación y restauración de suelos.

5.2.3 Suelo y resiliencia

La resiliencia de un sistema se entiende como la habilidad para retornar a un estado previo a la ocurrencia de disturbio, así como la capacidad del sistema para mantener su estructura y función a pesar de las perturbaciones. La resiliencia frecuentemente es medida en términos de la cantidad de cambio que el sistema puede experimentar mientras mantiene su integridad (identidad estructural y funcional) o un estado deseable en donde conserve su función. En otros términos, la resiliencia se relaciona con la capacidad del sistema para adaptarse en función de su flexibilidad y habilidad para aprender en respuesta a los disturbios (y realizar los ajustes necesarios para prepararse anta disturbios o estresores futuros), así como su capacidad para moverse o recuperarse de un estado vulnerable (a amenazas, perturbaciones o estresores específicos) a un estado anterior (IPCC, 2014; Redman, 2014).

La resiliencia del suelo se encuentra estrechamente ligada a las variables climáticas, tipo de suelo, composición del ecosistema, intensidad de degradación, extensión afectada y potencial productivo que éste tenga. Con base en la capacidad de mantener la prestación de servicios ecosistémicos, los suelos pueden presentar resiliencia alta o baja. Los suelos con mayor resiliencia tienen una alta capacidad de amortiguamiento, altas tasas de recuperación y son muy estables. Los suelos con baja resiliencia son inestables y extremadamente susceptibles a cambios; después de un disturbio, no logran recuperar su estado inicial y pueden perder parte o la totalidad de sus funciones originales (Molina-Guerra *et al*., 2012).

Independientemente de su nivel de resiliencia, la mayoría de los suelos, cuando presentan niveles extremos de degradación, requieren de largos períodos para recuperar su condición original cuando no se realiza ninguna intervención, más que la remoción de la actividad, práctica o agente de disturbio. Desde un enfoque sistémico, las acciones que se realicen tendientes a incrementar la capacidad de resiliencia del suelo, deben considerar la extensión y severidad del impacto dentro y fuera del sitio; los factores y procesos de degradación de la salud y calidad del suelo; la tasa de degradación pasada y actual para la determinación de umbrales; el tipo de suelo y vegetación y el uso del suelo. En el caso de los suelos agropecuarios, si bien las gestiones para la rehabilitación de suelos degradados suelen ir dirigidas a recuperar la productividad, las acciones para incrementar la resiliencia deben considerar la restauración integral de las propiedades del suelo (físicas, químicas y biológicas) y sus múltiples funciones (Lal, 1997; Molina-Guerra *et al*., 2012).

A nivel sistémico, las acciones orientadas a rehabilitar los suelos degradados y al manejo sostenible de este recurso, inciden directamente en la resiliencia de los socioecosistemas agrícolas ante diversos factores de impacto y estrés, particularmente en contextos de cambio climático (Altieri, 2013).

5.3 Suelo y cambio climático

El suelo cuenta con un papel central en los procesos biogeoquímicos fundamentales del planeta, por lo que los efectos negativos de las intervenciones humanas sobre este recurso pueden tener un impacto a nivel global. En los sistemas terrestres el suelo, bajo cualquier uso, es el principal emisor de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera, derivado de la actividad de microrganismos heterótrofos que forman parte del sistema del suelo, al oxidar el carbono (C) orgánico para sus propias funciones metabólicas. Al mismo tiempo, el suelo provee el soporte para el crecimiento de los organismos autótrofos

(plantas con clorofila) que desarrollan el proceso inverso por medio de la fotosíntesis y reducen el CO_2 atmosférico a C orgánico en sus tejidos, mismos que son la principal fuente de aportación de C al suelo (además del C de origen microbiano y residuos de animales). Por tanto, es relevante comprender que la única forma de lograr incrementar los niveles de C en el suelo de uso agrícola es por medio del retorno de la mayor cantidad posible de residuos de cosecha para que este C forme materia orgánica y sobre todo, que esta se estabilice en el suelo por medio de prácticas sostenibles, y se reduzca la tasa de mineralización hacia la atmósfera buscando un equilibrio dinámico semejante a los ecosistemas naturales.

La mayor oportunidad de almacenar C en los suelos y coadyuvar con la mitigación del cambio climático es precisamente en los suelos más pobres en C que después de decenas de años de uso agrícola con bajas aportaciones de C vegetal, han mermado sus niveles de C orgánico a mínimos de <1%. Al mismo tiempo, este proceso resulta en suelos de baja fertilidad al contar con escasas reservas para mineralizar nutrientes como el nitrógeno (N) y fósforo (P). Afortunadamente esta pérdida es reversible, ya que se ha demostrado que en pocos años, con adecuadas práctica de manejo, es posible revertir esta tendencia y lograr acumular C a niveles de 2 a 4%, lo cual representa, dependiendo de las condiciones físico-químicas del suelo y las condiciones climáticas locales, decenas de toneladas de C orgánico en la capa arable del suelo.

Por otra parte, el aumento de temperaturas del aire en 1 a 2 °C ocasionadas por el cambio climático, representa también mayores temperaturas en el suelo, lo cual ocasionará el incremente de las tasas de mineralización del C orgánico hacia la atmósfera derivado de la mayor actividad microbiana. Por tanto, para atender medidas de mitigación y adaptación, se deben buscar especies con mayor tolerancia a altas temperaturas (adaptación), y que incluso, produzcan más materia seca en estas condiciones, como es el caso de especies de gramíneas con vía de fotosíntesis de cuatro carbonos (C4).

5.3.1 Carbono orgánico en suelo

Las reservas de carbono orgánico del suelo (COS) son indicadores clave de la salud y fertilidad del suelo (McBratney *et al*., 2014). Estimaciones recientes sugieren una disminución del COS entre 1991-2010 debido a la intensificación del uso del suelo y al cambio climático (Guevara *et al*., 2020). La degradación de un tercio de los suelos del mundo ha llevado a la liberación de 70-80 gigatoneladas (Gt) de CO_2 (Rattan Lal, IICA, 2020). Las emisiones de carbono del suelo a la atmósfera pueden mitigarse mediante la implementación efectiva de prácticas sostenibles de suelo (FAO, 2020a). Un gran desafío para México es identificar las áreas con potencial de captura de carbono del suelo, que mediante prácticas sostenibles ayuden a mitigar las emisiones de carbono a la atmósfera.

En México, los estudios se han centrado en comprender la dinámica del COS a distintas escalas y utilizar una variedad de medidas analíticas y estimaciones modeladas del COS (Zamora *et al*., 2019). Menos estudios se han centrado en predecir las tendencias del COS a nivel nacional (Balbontín *et al*., 2010). La investigación del COS en México es extensa pero fragmentada y los esfuerzos de síntesis (Programa Mexicano del Carbono) son importantes para aumentar la calidad, cantidad y acceso a datos e información del COS (Paz *et al*., 2018).

Mantener la cobertura natural y biodiversidad del suelo puede reducir las emisiones de carbono y afectar positivamente las reservas de COS. En México, estudios previos han mostrado un potencial de captura de carbono del suelo con valores alrededor de 0.35 Mg C ha^{-1} $año^{-1}$ en ambientes áridos y semiáridos (limitados por la disponibilidad de agua) (Návar *et al*., 2008). Estos valores cambian a aproximadamente 1.3 Mg C ha^{-1} $año^{-1}$ en manglares y pantanos de turba (Adame *et al*., 2015). Asimismo, estudios recientes también destacan el potencial de los enfoques agroforestales para la implementación de prácticas sostenibles del suelo (sin labranza o labranza reducida), para mantener las reservas de COS en diferentes tipos de suelos y cultivos

(González-Molina *et al*., 2020; Burbano-Orjuela, 2018; Cotler *et al*., 2016). Para contribuir a determinar el estado actual de captura de COS, es necesario comparar y probar múltiples enfoques y formar equipos científicos interdisciplinarios que colaboren de una escala local a la nacional (Zamora *et al*., 2019).

Bajo este contexto, AGRICULTURA en colaboración con la AMS de la FAO, generaron una serie de mapas digitales con escenarios de potencial de captura de carbono (versión 0) en las regiones con uso de suelo agrícola del territorio nacional. Los escenarios que arrojan estos mapas de potencial de captura de carbono representan, por un lado, una herramienta para la toma de decisiones en el desarrollo de una gestión sostenible del suelo y por otro lado, son una base para identificar áreas de oportunidad donde, mediante prácticas de manejo sostenible, se pueda aumentar el COS dentro de la frontera agrícola (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

5.4 Gobernanza del suelo

La gobernanza del suelo se entiende como el conjunto de instituciones formales e informales normativas, de política, económicas y sociales relacionadas con los procesos de toma de decisiones por parte de actores gubernamentales y no gubernamentales a diferentes niveles (Juerges y Hansjürgens, 2018). En esta suma de instrumentos e interacciones, los mecanismos de innovación, competitividad y sostenibilidad forman parte de la gobernanza, sobre la base de una visión compartida construida por los actores que la conforman (IICA, 2019).

La gobernanza del suelo es un elemento transversal en la ENASAS, considerando las oportunidades que ésta ofrece para que las acciones implementadas cumplan con la meta de transitar hacia una agricultura sostenible (Montanarella y Vargas, 2012; Weigelt *et al*., 2015). Para la construcción de la gobernanza del suelo, es relevante analizar la interacción entre dichas instituciones, quiénes las implementan y a qué nivel y escala operan. Además, es necesario conocer qué aspectos del suelo se incluyen en los arreglos institucionales y evaluar cuál es su resultado sobre en la salud, calidad y funcionamiento del suelo (Ortiz *et al*., 2022). De esta forma, la ENASAS promueve la gobernanza con base en las particularidades y prioridades de los suelos agropecuarios nacionales, así como en las necesidades de todos los actores involucrados, particularmente los dueños y usuarios de este recurso.

5.4.1 Gobernanza multinivel

La FAO (2015) señala que la buena gobernanza del suelo requiere que las medidas adoptadas a todos los niveles —por los Estados y, en la medida de sus posibilidades, por otras autoridades públicas, organizaciones internacionales, individuos, grupos y empresas— se inspiren en los principios de la gestión sostenible del suelo y contribuyan al logro de un mundo con una degradación neutral del suelo en el contexto del desarrollo sostenible.

Sin embargo, la implementación de una gobernanza efectiva y equitativa de los suelos agropecuarios presenta retos importantes, particularmente en contextos socioecológicos con suelos degradados, problemas fitosanitarios, pobreza, asimetrías socioeconómicas (e.g. derechos, género y acceso a capacitación, financiamiento, tecnologías), inseguridad alimentaria, marginación, expansión urbana y alta vulnerabilidad al cambio climático. La complejidad se incrementa considerando la condición multi escala relacionada con la gestión del suelo, así como con el carácter multi nivel y multi actor de la gobernanza (Juerges y Hansjürgens, 2018; Ortiz *et al*., 2022; Weigelt *et al*., 2015).

El país presenta múltiples necesidades relacionadas con la gobernanza del suelo. En principio, se pueden mencionar a los sistemas con dinámicas productivas que agotan este recurso finito, ampliamente implementados en la agricultura del país. Dichas dinámicas persisten en contextos con diferentes regímenes de tenencia de la tierra, frontera agrícola difusa y renta de tierras agrícolas bajo acuerdos desfavorables para los propietarios. En este escenario,

donde el factor común es la reducción de la salud y calidad agrícola del suelo y de su capacidad funcional para la prestación de servicios, es relevante implementar acciones específicas orientadas a revertir los procesos de degradación y fomentar el manejo sostenible del recurso a partir de la gobernanza.

La legislación relativa al suelo agrícola es amplia y se encuentra fragmentada en múltiples instrumentos con objetivos que pueden resultar complejos de operar de manera conjunta (por tenencia de la tierra, desarrollo sustentable, ordenamiento y equilibrio ecológico, cambio climático, uso de suelo y organización del espacio territorial). Estos instrumentos legales coexisten con los compromisos internacionales de los que el país es parte, regulaciones locales, acuerdos comerciales, arreglos verbales, así como percepciones y actitudes colectivas e individuales sobre el suelo. En este marco, es necesario desarrollar instrumentos que vinculen de forma efectiva y justa las instituciones formales e informales asociadas a la toma de decisiones sobre el suelo, particularmente respecto a su manejo sostenible entre diferentes actores a diferentes niveles y escalas.

La gobernanza del suelo requiere moldear las relaciones sociales, impulsando la participación efectiva de todos los actores, particularmente los locales (Weigelt *et al*., 2015). Este aspecto es relevante, particularmente en territorios bajo un régimen de uso colectivo, como es el caso de los ejidos y comunidades en México, donde se cuenta con experiencias importantes que abonan a la gobernanza local, como en el caso de la Estrategia Nacional REDD+ (Trench *et al*., 2017). Al respecto, en México, el 51% del territorio corresponden a la propiedad social (CEDRSSA, 2015), por lo cual, cualquier estrategia nacional que busque combatir la degradación de los suelos y su recuperación productiva, debe considerar la atención este aspecto. En este sentido, la ENASAS busca propiciar y fortalecer, mediante la operación de los diferentes ejes estratégicos, la toma de decisiones por parte de los actores locales, que contribuyan al manejo sostenible de los suelos, con base en el desarrollo de una gobernanza multinivel efectiva. Iniciativas como el programa Doctores de los Suelos impulsado por la AMS, que fomentan la interacción de agricultor a agricultor para el manejo sostenible del suelo, con la participación de académicos, técnicos agropecuarios, instancias de gobierno y el sector privado, ofrecen elementos para la construcción y fortalecimiento de la gobernanza del suelo desde la escala local (FAO, 2020b).

6

ALINEACIÓN CON EL PROGRAMA SECTORIAL

El marco para la implementación y operación de los ejes estratégicos la ENASAS y sus objetivos particulares, así como a las líneas de acción orientadas a la conservación de los suelos agropecuarios, tanto en términos de su manejo sostenible como de restauración de los suelos degradados, tiene relación con las acciones puntuales establecidas en las estrategias prioritarias del Objetivo prioritario 3 del Programa Sectorial de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural 2020 – 2024 (Cuadro 3).

• Objetivo prioritario 3.- Incrementar las prácticas de producción sostenible en el sector agropecuario y acuícola-pesquero frente a los riesgos agroclimáticos.

- Estrategia prioritaria 3.1 Instrumentar una política de uso, conservación y recuperación del suelo y agua agrícolas para la sustentabilidad de los recursos naturales.
- Estrategia prioritaria 3.2 Promover acciones de adaptación y mitigación al cambio climático para el manejo integral de riesgos.

Estrategia Prioritaria	*Acciones Puntuales Objetivo Prioritario 3*
3.1 Instrumentar una política de uso, conservación y recuperación del suelo y agua agrícolas para la sustentabilidad de los recursos naturales.	**3.1.2 Fomentar** los sistemas de captación, almacenamiento y cosecha de agua y las **prácticas que incrementen la disponibilidad de agua.**
	3.1.4 Contribuir a la **conservación y restauración de agroecosistemas, suelos y cuencas.**
	3.1.5 Fomentar **prácticas de conservación y restauración de suelos** para mejorar su fertilidad y disminuir su erosión.
	3.1.7 Promover el uso de **mejoradores de suelo e incremento de la materia orgánica** en los suelos agrícolas, la rotación de cultivos y la inoculación de los suelos con microorganismos.
	3.1.8 Favorecer la incorporación y **aprovechamiento de los esquilmos agrícolas y evitar las quemas agropecuarias.**
3.2 Promover acciones de adaptación y mitigación al cambio climático para el manejo integral de riesgos.	**3.2.1 Fortalecer las capacidades de adaptación y la resiliencia del sector** para hacer frente a **riesgos** múltiples y a los **asociados al cambio climático.**
	3.2.2 Reducir la emisión de gases efecto invernadero de las actividades agropecuarias y pesqueras.
	3.2.4 Fomentar **prácticas de producción sustentable para la captura y almacenamiento de carbono en suelos.**
	3.2.5 Promover el acceso a esquemas de **compensación por emisiones evitadas** en sistemas agroforestales, de comunidades, ejidos y organizaciones económicas de productores del sector.

Cuadro 3. Acciones del Objetito prioritario 3 enfocadas en los suelos agropecuarios.

7

EJES ESTRATEGICOS DE LA ENASAS

Se presentan los ejes estratégicos, líneas de acción y acciones puntuales, señalando su horizonte para el desarrollo de actividades, considerando el corto plazo (C): 2022, mediano plazo (M): 2024 y largo plazo (L): 2030.

Dada la relevancia del manejo sostenible de los suelos agropecuarios del país, las acciones asociadas al corto o mediano plazo no implican la finalización de procesos, sino que son acciones que, dada su importancia, grado de operatividad o encadenamiento con el desarrollo de acciones subsecuentes, es posible o necesario realizarlas en la temporalidad establecida. Por lo tanto, la meta de conservar las funciones y servicios ecosistémicos de los suelos agropecuarios del país requiere la continuidad a largo plazo de las acciones que se desarrollarán en el marco de la ENASAS.

7.1 Eje estratégico 1: Manejo sostenible del suelo

Objetivo específico: Promover, facilitar e implementar acciones orientadas a preservar las funciones fundamentales del suelo mediante su cuidado, mejoramiento, incremento de su calidad y conservación de su salud y biodiversidad, con el propósito de mantener la prestación de servicios ecosistémicos para la agricultura, la alimentación y el bienestar de la sociedad.

Línea de acción 1.1 Asegurar el funcionamiento de los procesos edáficos esenciales del suelo mediante la conservación del equilibrio y flujo de nutrientes, la fertilidad, las propiedades físicas y químicas y la biodiversidad del suelo, así como la reducción de los procesos de degradación al mínimo posible.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 1.1.1 Fomentar y mantener el equilibrio y flujo de nutrientes con base en el uso sostenible de compuestos e insumos orgánicos e inorgánicos, de acuerdo con las necesidades de los cultivos, las características y condiciones del suelo y los patrones climáticos a nivel local, con el fin de preservar y/o incrementar la fertilidad física, química y biológica de los suelos agropecuarios.			
Acción 1.1.2 Promover el uso sostenible del suelo mediante un enfoque agroecológico que contribuya a conservar la biodiversidad, salud, funciones del suelo y su productividad.			
Acción 1.1.3 Prevenir y reducir al mínimo la presencia de contaminantes químicos y biológicos en los suelos agropecuarios y promover la sustitución de plaguicidas peligrosos por insumos, técnicas y prácticas que permitan conservar la biodiversidad del suelo.			
Acción 1.1.4 Prevenir y disminuir la erosión hídrica y eólica del suelo, con énfasis en terrenos agrícolas con pendientes mayores a 20%, mediante la aplicación de tecnologías y prácticas que protejan la superficie y reduzcan las escorrentías.			
Acción 1.1.5 Diseñar e implementar programas de acompañamiento técnico con la participación de agricultores, técnicos y el sector privado, para el manejo sostenible del suelo que incluya planes de producción sostenible y de conservación a nivel de microcuenca, subcuenca o cuenca.			
Acción 1.1.6 Operar y promover el uso de una plataforma digital con información para el manejo sostenible de suelos útil para la toma de decisiones por parte de agricultores, técnicos e instancias de los tres órdenes de gobierno.			
Acción 1.1.7 Difundir entre agricultores y técnicos catálogos y materiales actualizados para la aplicación de técnicas de manejo sostenible del suelo disponibles a nivel de microcuenca, subcuenca o cuenca.			

Acción 1.1.8 Promover prácticas de conservación y manejo sostenible de suelos en agostaderos y praderas, que incluyan el establecimiento de sistemas agrosilvopastoriles, la determinación de carga animal adecuada, la rotación de potreros y la siembra de leguminosas forrajeras y pastizales que contribuya mejorar la calidad de los suelos.			
Acción 1.1.9 Establecer programas de incentivos para garantizar el manejo sostenible de los suelos agropecuarios en marco de las condiciones climáticas y socioecológicas a nivel regional.			
Línea de acción 1.2 Reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con base en el manejo agronómico, herramientas tecnológicas y soluciones basadas en la naturaleza.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 1.2.1 Reducir el uso excesivo de fertilizantes mediante el establecimiento de programas regionales con recomendaciones de dosis óptimas y el uso de aplicaciones divididas sincronizadas con base en el requerimiento nutrimental de los cultivos (tiempo) y técnicas adecuadas de aplicación (lugar).			
Acción 1.2.2 Promover la diversificación y aplicación de insumos de nutrición vegetal enfocados en la reducción de emisiones de GEI.			
Acción 1.2.3 Promover sistemas de labranza reducida de acuerdo con la capacidad de uso o unidad de suelo y fomentar prácticas para la retención y reincorporación residuos vegetales al suelo que incrementen el contenido de materia orgánica y coadyuve a la reducción de quemas agropecuarias, incluida la cosecha en verde de caña de azúcar.			
Acción 1.2.4 Promover el manejo continuo del suelo por medio de tecnologías adecuadas para diferentes regiones, con el fin de reducir las quemas agropecuarias.			
Acción 1.2.5 Promover estrategias de reducción de emisiones de GEI basadas en innovaciones, insumos y herramientas tecnológicas accesibles y pertinentes para distintos contextos socioecológicos.			
Acción 1.2.6 Promover el manejo tecnificado de excretas de origen pecuario para su uso en el mejoramiento de la fertilidad de los suelos, con el objeto de disminuir la emisión de GEI y reducir la contaminación de agua y suelo.			

Línea de acción 1.3 Realizar acciones para la recarbonización de suelos agrícolas y pecuarios.	Plazo		
	C	M	L
Acción 1.3.1 Identificar con base en la priorización regional y el contexto socioecológico y productivo, los sistemas y las prácticas de manejo sostenible enfocadas a incrementar la reserva de carbono orgánico del suelo (COS) adecuadas para su aplicación a nivel microcuenca, subcuenca o cuenca.			
Acción 1.3.2 Determinar regiones prioritarias para la recarbonización de suelos agropecuarios, con la participación de instancias de los tres órdenes de gobierno, académicos y técnicos.			
Acción 1.3.3 Capacitar a los agricultores y técnicos para la implementación de prácticas de manejo sostenible recomendadas para la recarbonización de suelos, por medio de cursos, talleres, recorridos en campo, manuales y otros materiales.			
Acción 1.3.4 Promover e incentivar entre agricultores la aplicación de prácticas recomendadas a nivel regional para la recarbonización de suelos, incluyendo el fomento de sistemas agroforestales y silvopastoriles, con la participación de organizaciones, académicos, técnicos y el sector privado.			

Línea de acción 1.4 Promover la retención de agua en el suelo y el manejo sostenible del agua para la agricultura.	Plazo		
	C	M	L
Acción 1.4.1 Difundir entre agricultores, técnicos, instancias de los tres órdenes de gobierno y el sector privado, materiales técnicos con sistemas, tecnologías y prácticas regionales para el manejo sostenible de agua que contribuya a la conservación de los suelos agropecuarios.			
Acción 1.4.2 Conservar o incrementar la capacidad del suelo para la captura, infiltración y almacenamiento de agua, mediante prácticas y tecnologías adecuadas para cada contexto socioecológico, como el policultivo, riego de conservación, retención de residuos de cosecha, cultivos de cobertura, adecuación de fechas de siembra, rotación de cultivos, terrazas, tinas ciegas, entre otras.			

Acción 1.4.3 Coordinar con autoridades, especialistas en riego, productores, directivos de distritos y unidades de riego, asociaciones de usuarios y el sector privado, la implementación de técnicas y sistemas eficientes para el uso de agua de riego, con base en las propiedades del suelo, el sistema de producción y los patrones climáticos, que contribuya a la conservación de los suelos agropecuarios y el manejo sostenible del agua en la agricultura.			
Acción 1.4.4 Fomentar la aplicación de prácticas y tecnologías para regular el régimen de humedad del suelo en zonas tropicales y subtropicales húmedas.			

7.2 Eje estratégico 2: Restauración de suelos degradados

Objetivo específico: Identificar de manera sistémica los factores asociados a la degradación de suelos con el propósito de promover, fomentar e implementar acciones concretas orientadas a la recuperación de la salud y calidad del suelo, mediante la rehabilitación integral de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, con el fin de rehabilitar los bienes y servicios ecosistémicos para la agricultura y el bienestar de la sociedad, considerando las condiciones específicas de cada territorio.

Línea de acción 2.1 Entender y atender las causas socioambientales de la degradación de suelos.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 2.1.1 Determinar mediante un enfoque sistémico y con la participación de diversos actores, los factores sociales, económicos e institucionales relacionados con los procesos de degradación de suelos a nivel de microcuenca, subcuenca o cuenca, para la definición de acciones pertinentes que atiendan las problemáticas.			
Acción 2.1.2 Zonificar en colaboración con el Comité Sectorial de Suelo para la Agricultura Sostenible, las áreas o regiones con necesidades de restauración o rehabilitación de suelos degradados, identificando el factor y tipo de degradación, para la priorización de acciones en función del grado de afectación que incrementen la resiliencia de los socioecosistemas.			
Línea de acción 2.2 Implementar acciones orientadas a detener y revertir los procesos de degradación física, química y biológica del suelo.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 2.2.1 Promover entre agricultores, técnicos, entidades de gobierno y el sector privado, las herramientas digitales, materiales técnicos y guías prácticas para la restauración de suelos degradados por diferentes factores.			

Acción 2.2.2 Definir e implementar, con la participación de productores agropecuarios, técnicos, académicos y el sector privado, los métodos, tecnologías y prácticas para rehabilitar de forma integral las propiedades físicas, químicas, biológicas y la funcionalidad del suelo, de acuerdo con el tipo y nivel de degradación.			
Acción 2.2.3 Promover métodos y tecnologías de biorremediación de suelos degradados enfocados en cada tipo y nivel de degradación, con énfasis en la recuperación de su biodiversidad.			
Línea de acción 2.3 Establecer acciones para recuperar la sostenibilidad de suelos degradados.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 2.3.1 Diseñar e implementar programas y planes de rehabilitación de suelos a nivel de microcuenca, subcuenca o cuenca, que incrementen su resiliencia, incluyendo el manejo sostenible del agua, insumos de nutrición vegetal y fitosanitarios, para la recuperación de la salud, calidad y productividad de los suelos agropecuarios.			
Acción 2.3.2 Facilitar el acompañamiento técnico para la rehabilitación de suelos degradados con base en las experiencias locales, los programas de la Secretaría y proyectos desarrollados en colaboración académicos y organismos nacionales e internacionales.			

7.3 Eje estratégico 3: Información y monitoreo

Objetivo específico: Generar y emplear información para el análisis de suelos y las herramientas pertinentes para desarrollar indicadores útiles para el monitoreo las prácticas de manejo y restauración de suelos degradados, así como para armonizar los métodos de análisis en laboratorios, a través de la participación con enfoque de género de agricultores, técnicos, académicos y el sector privado, con el fin de establecer sistemas y redes para el manejo sostenible de suelo y la rehabilitación de suelos degradados.

Línea de acción 3.1 Desarrollar el sistema de información geográfica de suelos para la agricultura de alta resolución espacial y temporal.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 3.1.1 Integrar, validar y actualizar periódicamente el mapa de captura potencial de carbono que contribuya a la toma de decisiones sobre la implementación de prácticas de manejo sostenible y recarbonización de suelos a diferentes escalas.			

Acción 3.1.2 Promover el desarrollo, validación y actualización de mapas de suelos agropecuarios, con énfasis en sus condiciones de fertilidad y nivel de degradación, que contribuyan a la toma de decisiones, priorizar las acciones de atención y el monitoreo para la rehabilitación de suelos degradados.			
Acción 3.1.3 Promover el desarrollo de mapas nacionales, regionales o locales sobre el estatus de la biodiversidad de suelo, que contribuya a priorizar las acciones de atención para su conservación y monitoreo.			
Línea de acción 3.2 Recopilar, sistematizar y difundir información para el manejo sostenible del suelo y la restauración de suelos degradados.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 3.2.1 Desarrollar una plataforma digital con información básica para el manejo sostenible y restauración de suelos degradados a nivel regional, que sea útil para la toma de decisiones por diferentes actores para la conservación y rehabilitación de suelos agropecuarios.			
Acción 3.2.2 Promover la participación de académicos, productores y técnicos en la recopilación de información y desarrollo de materiales que integren las prácticas y técnicas para el manejo sostenible de suelos y la restauración de suelos degradados disponibles a nivel local, para su difusión entre agricultores.			
Acción 3.2.3 Recopilar prácticas para la captación, retención de agua y de manejo sostenible de agua para agricultura e integrarlas en manuales, catálogos y materiales técnicos con el objeto de difundirlas entre agricultores, técnicos, instancias de gobiernos y el sector privado.			
Acción 3.2.4 Publicar en medios accesibles para diversas audiencias los resultados del monitoreo y del seguimiento de las prácticas de manejo sostenible de suelo y de restauración de suelos degradados, para su difusión, con énfasis en agricultores y técnicos locales.			
Línea de acción 3.3 Desarrollar el sistema de monitoreo de suelo para la agricultura y promover su uso por diversos actores.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 3.3.1 Habilitar, impulsar y facilitar el monitoreo del suelo para la agricultura por los actores locales, incluyendo agricultores, técnicos, académicos y el sector privado.			

Acción 3.3.2 Establecer e implementar los indicadores para el monitoreo regional de las prácticas de manejo sostenible de suelos y restauración integral de suelos degradados, con la participación de diversos actores, para el seguimiento anual de los resultados durante períodos mínimos de 5 a 10 años.			
Acción 3.3.3 Realizar la medición y monitoreo de los almacenes del COS y verificación de los cambios en estos almacenes a escala de parcela/ predio para la actualización del mapa de captura potencial de carbono.			
Acción 3.3.4 Implementar tecnologías de teledetección, percepción remota y análisis indirectos para cartografiar y monitorear el resultado de las acciones implementadas para el manejo sostenible de suelos y rehabilitación de los suelos degradados.			
Acción 3.3.5 Estructurar e integrar bases de datos del monitoreo de suelo y su biodiversidad a nivel cuenca, subcuenca o microcuenca, armonizadas con bases de referencia mundial, con la participación de académicos.			
Acción 3.3.6 Contribuir con los sistemas de Medición, Reporte y Verificación (MRV) y de Monitoreo y Evaluación (M&E) relacionados con los suelos agropecuarios.			
Línea de acción 3.4 Establecer el Grupo Directivo de la MEXSOLAN y coadyuvar en su coordinación.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 3.4.1 Establecer el Grupo Directivo de la Red Mexicana de Laboratorios de Suelos (MEXSOLAN) y coadyuvar en su coordinación.			
Acción 3.4.2 Desarrollar un censo de laboratorios y recursos humanos para determinar las capacidades e infraestructura nacional para realizar análisis de las propiedades del suelo, con énfasis en los métodos indirectos.			
Acción 3.4.3 Incentivar el Registro de laboratorios públicos y privados en la MEXSOLAN para su participación en diferentes proyectos y acciones relacionadas con el manejo sostenible y la restauración de suelos agropecuarios degradados.			
Acción 3.4.4 Realizar al menos dos reuniones anuales con los laboratorios registrados en la MEXSOLAN para la coordinación de acciones.			

Acción 3.4.5 Establecer programas para la capacitación de los integrantes de la MEXSOLAN, con base en las prioridades identificadas.			
Acción 3.4.6 Identificar los laboratorios con capacidad para impartir capacitaciones a nivel regional.			
Acción 3.4.7 Promover el desarrollo de ejercicios periódicos de intercomparación entre los miembros de la MEXSOLAN, así como con laboratorios internacionales.			
Acción 3.4.8 Armonizar los métodos o modelos de muestreo y de análisis de las propiedades de suelos disponibles para su aplicación por los miembros de la MEXSOLAN.			

7.4 Eje estratégico 4: Educación, concientización y participación

Objetivo específico: Fomentar, promover e implementar acciones participativas, incluyentes y con enfoque de género, dirigidas a educar y concientizar a los agricultores, académicos, estudiantes, autoridades de gobierno, sector privado y ciudadanos en general, con el propósito de desarrollar la apropiación cultural ciudadana del concepto suelo como un recurso natural no renovable, indispensable para la existencia de la vida en el planeta y, por lo tanto, un bien común a preservar.

LÍNEA DE ACCIÓN 4.1 Fortalecer la educación e incentivar la participación de todos los ciudadanos con relación al recurso suelo, con énfasis en los actores locales, agricultores y autoridades.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 4.1.1 Fortalecer la educación y concientización de la sociedad en general sobre las funciones del suelo, resaltando el papel de su biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos para la agricultura y la seguridad alimentaria.			
Acción 4.1.2 Coordinar la realización de mesas y talleres temáticos locales y regionales sobre las funciones del suelo y su manejo sostenible dirigidas a agricultores y promover la participación de académicos y técnicos para fomentar el intercambio de conocimientos y experiencias.			
Acción 4.1.3 Promover la participación de la sociedad, con énfasis en el aporte de mujeres y jóvenes, en las acciones de educación sobre el recurso suelo.			

Acción 4.1.4 Socializar la ENASAS entre instituciones académicas y de investigaciones relacionadas con las ciencias agrícolas y pecuarias, con énfasis en aquellas que colaboran con asociaciones y cooperativas de productores agropecuarios, para el desarrollo de acciones coordinadas orientadas al manejo sostenible del suelo.			
LÍNEA DE ACCIÓN 4.2 Fomentar, la integración y participación de investigadores y estudiantes de todos los niveles educativos con programas de estudio relacionados al tema suelo, en las actividades educativas y concientizadoras.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 4.2.1 Impulsar la participación activa de los científicos del suelo en acciones y programas de educación en ciencia del suelo.			
Acción 4.2.2 Desarrollar programas y talleres de capacitación, con módulos de manejo sostenible del suelo, evaluación del suelo, manejo sostenible de insumos de nutrición vegetal y fitosanitarios.			
Acción 4.2.3 Vincular los programas educativos de niveles técnico y superior, especialmente aquellos programas relacionados con suelo, ciencias agrícolas y pecuarias, para el desarrollo de actividades educativas y concientizadoras a nivel regional.			
LÍNEA DE ACCIÓN 4.3 Vincular y fomentar el fortalecimiento de los temas de suelo en los programas educativos de todos los niveles.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 4.3.1 Vincular y colaborar con los programas educativos de los niveles técnico y superior, con énfasis en la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM), para el fortalecimiento de los temas de suelo en sus programas educativos.			
Acción 4.3.2 Impulsar la colaboración con la Secretaría de Educación Pública (SEP) para incluir el tema suelos y su importancia para el bienestar de la sociedad, en todos los niveles de enseñanza de forma transversal e interdisciplinaria.			
LÍNEA DE ACCIÓN 4.4 Desarrollo de materiales educativos y concientizadores para su difusión por todo medio de comunicación.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 4.4.1 Promover el desarrollo de materiales gráficos y la grabación y trasmisión de programas educativos para televisión, radio y medios digitales, para su difusión a toda la sociedad, con énfasis en comunidades rurales e indígenas.			

Acción 4.4.2 Impulsar la publicación de números especiales sobre el suelo y la ciencia del suelo en revistas de divulgación.			
LÍNEA DE ACCIÓN 4.5 Impulsar y realizar actividades que socialicen y difundan la importancia del recurso suelo y sus servicios ecosistémicos como elementos indispensables para la realización de toda actividad y para la existencia de la vida en el planeta.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 4.5.1 Impulsar y realizar los festejos del Día Mundial del Suelo como una actividad de difusión, fuertemente educativa y concientizadora y promover la participación de académicos, técnicos y agricultores.			
Acción 4.5.2 Promover concursos y actividades que fomenten la participación de personas de diferentes edades, dirigidas a difundir la relevancia del suelo y sus servicios ecosistémicos y crear conciencia sobre la necesidad de preservar este recurso natural imprescindible para la vida.			
Acción 4.5.3 Fomentar el desarrollo de ferias regionales sobre el recurso suelo, con la participación de agricultores, estudiantes y académicos.			
LÍNEA DE ACCIÓN 4.6 Promover la implementación del Programa de Doctores de los Suelos.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 4.6.1 Promover la certificación de formadores del Programa Doctores de los Suelos en diferentes regiones del país.			
Acción 4.6.2 Implementar el Programa de Doctores de los Suelos mediante la participación de académicos, estudiantes, técnicos y agricultores, en regiones identificadas como prioritarias.			
Acción 4.6.3 Promover el diseño, uso, facilitación y adopción de los materiales para capacitar a los participantes en el Programa Doctores de los Suelos.			
Acción 4.6.4 Identificar a agricultores locales que implementen prácticas de manejo sostenible de suelos y enfoque agroecológico, así como productores cuyos conocimientos y tecnologías innovadoras y sostenibles puedan formar parte del programa de enseñanza, material didáctico o como sitio de enseñanza, para su formación como Doctores de los Suelos.			

Acción 4.6.5 Impulsar la vinculación de los agricultores Doctores de los Suelos con instituciones académicas y organizaciones de asistencia técnica, para el fortalecimiento de capacidades.			
Acción 4.6.6 Promover el desarrollo de una plataforma virtual para la vinculación de los diferentes actores que participen en el Programa de Doctores de los Suelos, con el objeto de compartir experiencias y conocimientos, plantear inquietudes, aportar sugerencias y asesoría.			

7.5 Eje estratégico 5: Conocimientos, investigación, innovación, desarrollo y transferencia tecnológica

Objetivo específico: Fomentar la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación y promover acciones para vincular la experiencia de los agricultores (saberes ancestrales, tradicionales y locales), incorporándolos en los trabajos de investigación científica, particularmente los realizados a nivel de parcelas-ejidos, con el propósito de someterlas a pruebas de validación para propiciar innovaciones tecnológicas adaptadas a distintos contextos socioecológicos que atiendan las necesidades específicas de los territorios y poblaciones en el país.

LÍNEA DE ACCIÓN 5.1 Definir los temas de interés nacional de investigación científica y tecnológica para el manejo sostenible del suelo y su vinculación con instituciones de investigación.	Plazo		
	C	M	L
Acción 5.1.1 Definir en colaboración con el Comité Sectorial de Suelo para la Agricultura Sostenible, los temas de investigación científica y tecnológica para la restauración y manejo sostenible del suelo que requieren atención prioritaria a nivel de cuenca, subcuenca o microcuenca.			
Acción 5.1.2 Integrar en la política en materia de investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología para el desarrollo rural, líneas y estrategias de investigación sobre el manejo sostenible del recurso suelo y la restauración de suelos degradados			
Acción 5.1.3 Promover la innovación de los sistemas de riego, captación y reutilización de agua, así como de las tecnologías para mejorar la fertilidad de los suelos.			
Acción 5.1.4 Difundir y promover la adopción de resultados de la investigación científica y tecnológica para el manejo sostenible del suelo y la restauración de suelos degradados.			
Acción 5.1.5 Coordinar el desarrollo de estudios sobre el efecto del cambio climático en el incremento de la desertificación y su impacto en la calidad, salud y funciones de los suelos agropecuarios.			

Acción 5.1.6 Coordinar el desarrollo de diagnósticos sistémicos a nivel cuenca, subcuenca o microcuenca, sobre la calidad y salud de los suelos agropecuarios, considerando los riesgos y efectos del cambio climático, que apoyen la priorización e implementación de acciones para el manejo sostenible del suelo.			
LÍNEA DE ACCIÓN 5.2 Coordinar y vincular la Investigación científica y tecnológica y orientada al manejo sostenible del suelo para su conservación y la restauración de suelos degradados, con el propósito de hacer el mejor uso posible de los recursos humanos, materiales y económicos que dispone el país.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 5.2.1 Desarrollar y mantener actualizada una base de datos de las instituciones con programas de investigación sobre el suelo con el potencial de atender las demandas de conocimientos y las tecnologías requeridas por el Sector.			
Acción 5.2.2 Coordinar la elaboración de estudios y generación de prospección sobre el impacto de la degradación de suelos en la productividad agrícola y seguridad alimentaria del país y el efecto de las prácticas de manejo sostenible de suelos, en diferentes contextos socioecológicos y de cambio climático.			
Acción 5.2.3 Impulsar investigaciones basadas en la aplicación de sensores remotos para cartografiar la biodiversidad y fertilidad de los suelos, así como suelos con problemas de degradación.			
Acción 5.2.4 Impulsar la generación y validación de modelos nacionales sobre las propiedades y condición de los suelos agropecuarios desarrollados con algoritmos de aprendizaje automático, funciones de pedotransferencia, sensores remotos, análisis indirectos y datos de laboratorio, que permita la construcción de indicadores de salud, calidad y biodiversidad del suelo.			
Acción 5.2.5 Promover el desarrollo de modelos para la evaluación de factores de emisión utilizados en la cuantificación de emisiones de GEI del Sector.			
Acción 5.2.6 Promover el desarrollo de estudios de la calidad y sanidad de las aguas que se destinan al riego agrícola, en particular la proveniente de acuíferos sobreexplotados, y su impacto en propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.			

LÍNEA DE ACCIÓN 5.3 Coordinar y vincular la innovación y desarrollo tecnológico orientado al manejo sostenible del suelo y a la restauración de suelos degradados.	Plazo		
	C	M	L
Acción 5.3.1 Investigar, innovar y validar bioinsumos y técnicas agroecológicas para el manejo sostenible del suelo a nivel regional, considerando diferentes sistemas y escalas de producción.			
Acción 5.3.2 Impulsar el desarrollo, trasferencia y adaptación de herramientas tecnológicas y de biorremediación para el manejo y rehabilitación integral de las propiedades del suelo.			
Acción 5.3.3 Promover el desarrollo de tecnología para regular el régimen de humedad de suelos de acuerdo con los requerimientos de agua y los patrones de lluvia a nivel subcuenca y cuenca, con énfasis en regiones tropicales y subtropicales húmedas.			
Acción 5.3.4 Promover el desarrollo de innovaciones en los sistemas de captación de agua de lluvia, así como en prácticas de conservación y regulación de humedad en diferentes regiones, con énfasis en regiones con restricciones hídricas.			
Acción 5.3.5 Desarrollar tecnologías para el manejo de excretas de origen pecuario que mejore la fertilidad de los suelos, reduzca las emisiones de GEI del sector y evite la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.			

LÍNEA DE ACCIÓN 5.4 Recuperar, validar y fomentar la aplicación de conocimientos y saberes locales, tradicionales y ancestrales, así como y las lecciones aprendidas para el manejo sostenible del suelo y su posterior conservación.	Plazo		
	C	M	L
Acción 5.4.1 Vincular los conocimientos tradicionales y locales disponibles en diferentes regiones del país, con la investigación científica y tecnológica para el desarrollo y validación de tecnologías y prácticas de manejo sostenible de suelo.			
Acción 5.4.2 Promover investigaciones para recuperar los conocimientos y saberes locales, tradicionales y ancestrales orientados al manejo sostenible del suelo y fomentar su difusión entre agricultores y técnicos.			

LÍNEA DE ACCIÓN 5.5 Desarrollar programas permanentes de transferencia tecnológica y conocimientos locales y tradicionales debidamente probados, relacionados con la restauración, el manejo sostenible y la conservación del suelo.	Plazo		
	C	M	L
Acción 5.5.1 En colaboración con el Comité Sectorial de Suelo para la Agricultura Sostenible, generar recomendaciones a partir de los resultados obtenidos en la aplicación de diferentes técnicas y prácticas de manejo sostenible y rehabilitación de suelos, así como de conocimientos locales y tradicionales validados, para su aplicación en los diferentes cultivos, suelos y climas de México.			
Acción 5.5.2 Vincular las actividades de transferencia tecnológica para el manejo sostenible del suelo con los programas operados por la Secretaría, el programa Doctores de los Suelos y otros programas relacionados con el sector.			
Acción 5.5.3 Priorizar el establecimiento de programas de transferencia tecnológica y de conocimientos tradicionales validados para el manejo sostenible de suelos, en comunidades de alta y muy alta marginación.			

7.6 Eje estratégico 6: coordinación y cooperación

Objetivo específico: Implementar acciones dirigidas a la articulación de la ENASAS con diferentes instancias de los tres niveles de gobierno, agricultores, academia, sociedad civil, sector privado y organizaciones internacionales, mediante diferentes instrumentos, tanto administrativos y financieros como técnicos y normativos, con el propósito de realizar acciones coordinadas orientas al manejo sostenible de los suelos agropecuarios y la rehabilitación de los suelos degradados.

LÍNEA DE ACCIÓN 6.1 Establecer y coordinar el Comité Sectorial de Suelo para la Agricultura Sostenible.	Plazo		
	C	M	L
Acción 6.1.1 Convocar a representantes del Sector, el sector académico con expertos en ciencia del suelo, organizaciones de productores, organismos y asociaciones relacionadas con el suelo, al sector privado y otros actores relevantes, para la conformación del Comité Sectorial de Suelo para la Agricultura Sostenible.			
Acción 6.1.2 Establecer los lineamientos de operación del Comité Sectorial de Suelo para la Agricultura Sostenible y coordinar la participación de los integrantes en los subcomités, grupos y otras actividades relacionadas con el manejo sostenible de los suelos agropecuarios.			

Acción 6.1.3 Establecer y dar seguimiento a las variables e indicadores para monitorear y evaluar la implementación de la ENASAS, en coordinación con el Comité Sectorial de Suelo para la Agricultura Sostenible.			
LÍNEA DE ACCIÓN 6.2 Promover ante autoridades competentes de los tres órdenes de gobierno la implementación de conocimientos, prácticas y alternativas tecnológicas para la restauración y el manejo sostenible del suelo.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 6.2.1 Integrar las acciones de la ENASAS en los proyectos y programas agrícolas y pecuarios que impulse la Secretaría			
Acción 6.2.2 Impulsar el establecimiento de mecanismos de colaboración y coordinación con dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que fortalezca el manejo sostenible del suelo para la agricultura.			
Acción 6.2.3 Fomentar la inclusión del manejo sostenible del suelo y la restauración de suelos degradados en los programas de desarrollo estatal y municipal, con el objeto establecer acciones de coordinación y cooperación en los tres niveles de gobierno.			
Acción 6.2.4 Impulsar el acompañamiento técnico en coordinación con dependencias de los tres órdenes de gobierno, organizaciones de productores y el sector privado, para promover el manejo sostenible de los suelos agropecuarios del país.			
LÍNEA DE ACCIÓN 6.3 Impulsar la cooperación internacional en materia de restauración y manejo sostenible del suelo con énfasis en el nivel regional.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 6.3.1 Promover la integración de temas relacionados con el manejo sostenible del suelo en las actividades de AGRICULTURA con sus similares, en el marco de los acuerdos de cooperación internacional, con énfasis en los acuerdos regionales.			
Acción 6.3.2 Vincular a la Secretaría con instituciones, organizaciones y redes técnicas internacionales con el objeto de promover acciones de educación, investigación científica, innovación tecnológica y el manejo sostenible de suelos agropecuarios.			

Acción 6.3.3 Promover la vinculación y participación de la MEXSOLAN en las actividades de las redes regionales y globales y con proyectos relacionados con el análisis de suelos, así como con el manejo sostenible y restauración de suelos agropecuarios.			
Acción 6.3.4 Impulsar el desarrollo de proyectos y programas de colaboración con organismos internacionales para la obtención de cooperación financiera que contribuya a la investigación, monitoreo e implementación de prácticas de manejo sostenible y restauración de suelos agropecuarios.			
LÍNEA DE ACCIÓN 6.4 Promover y fortalecer los vínculos de la Secretaría con centros de investigación e instituciones de educación media y superior a fin de impulsar la investigación y educación sobre la ciencia del suelo.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 6.4.1 Promover convenios y esquemas para formalizar la colaboración y vinculación entre las instituciones de investigación y educación superior que permitan definir los servicios de investigación, desarrollo de tecnología, educación, capacitación y acompañamiento técnico para el manejo sostenible de suelos agropecuarios.			
Acción 6.4.2 Determinar y operar las estrategias de vinculación con la SEP, particularmente con la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM), para incluir el tema suelos en los programas de diferentes niveles educativos y promover su participación acciones dirigidas al manejo sostenible del suelo.			
LÍNEA DE ACCIÓN 6.5 Impulsar la colaboración y coordinación con autoridades de gobierno para la implementación de la ENASAS.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 6.5.1 Establecer acciones de colaboración con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI) para la difusión de campañas de información relacionada con el manejo sostenible de suelo en comunidades indígenas.			
Acción 6.5.2 Promover la colaboración con el Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI) para el desarrollo de materiales en diferentes lenguas indígenas que promuevan la difusión de información sobre el manejo sostenible del suelo.			

Acción 6.5.3 Establecer mecanismos de colaboración con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para la conservación de suelos agroforestales y silvopastoriles y promover la integración de la información en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos.			
Acción 6.5.4 Impulsar la colaboración con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para impulsar los mecanismos dirigidos al uso y manejo sostenible del agua, que contribuya a la conservación y rehabilitación de los suelos agropecuarios en distritos de riego y distritos de temporal tecnificado y al uso eficiente de los recursos hídricos.			
Acción 6.5.5 Promover la participación del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) en materia de manejo adecuado de plaguicidas y el diagnóstico fitosanitario de plagas y enfermedades con origen en el suelo, que afecten la biodiversidad y funcionalidad del suelo, con énfasis en la productividad agrícola.			
Acción 6.5.6 Establecer acciones con la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA) para reducir el impacto de la desertificación y evitar el deterioro de la calidad y salud de los suelos en zonas áridas, incluyendo prácticas para la captación y almacenamiento de agua lluvia.			
Acción 6.5.7 Integrar, con la participación del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), información estadística y geoespacial sobre la condición de los suelos agropecuarios y su manejo sostenible.			
Acción 6.5.8 Fomentar la colaboración con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para actualizar e integrar información sobre los suelos agropecuarios en los sistemas de información.			

7.7 Eje estratégico 7: Armonización y actualización normativa.

Objetivo específico: Implementar acciones orientadas a armonizar las disposiciones establecidas en instrumentos legales relacionados con el suelo y promover la actualización de la normativa vigente, con el objeto de fortalecer y proporcionar certeza jurídica a los objetivos de manejo sostenible y restauración del suelo.

LÍNEA DE ACCIÓN 7.1 Promover las acciones en materia de normalización que mejoren la fertilidad, conservación y restauración de los suelos agrícolas.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 7.1.1 Promover, con la participación de diversos actores, la actualización de las Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con los suelos agropecuarios.			

Acción 7.1.2 Promover el desarrollo de proyectos de Normas Oficiales Mexicanas o Normas Mexicanas orientadas a mejorar la salud y calidad de los suelos agropecuarios.			
LÍNEA DE ACCIÓN 7.2 Impulsar el desarrollo de la Ley General de Suelo.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 7.2.1 Integrar un Grupo de Coordinación para evaluar los mecanismos para el desarrollo de un proyecto de Ley General de Suelo, conformado entidades de la Administración Pública Federal competentes en materia de suelos, expertos en ciencias del suelo, organizaciones de la sociedad civil y otros actores relevantes.			
Acción 7.2.2 Desarrollar la propuesta de proyecto de Ley General de Suelo que atienda de manera sistémica la conservación y gestión sostenible del suelo, tomando como referencia los proyectos existentes y los instrumentos locales e internacionales en la materia.			
LÍNEA DE ACCIÓN 7.3 Proponer el desarrollo de la Comisión Nacional de Suelo.	**Plazo**		
	C	**M**	**L**
Acción 7.3.1 Integrar un Grupo de Trabajo para evaluar la viabilidad del proyecto de la Comisión Nacional de Suelo, conformado por representantes de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal con atribuciones y competencias sobre la gestión del recurso suelo.			
Acción 7.3.2 Desarrollar, en colaboración con el Grupo de Trabajo, el proyecto de Reglamento de la Comisión Nacional de Suelo.			

8

ANEXO

Proceso de desarrollo de la ENASAS

La idea de la estrategia se manifestó en diciembre de 2020 durante la conmemoración del Día Mundial del Suelo, como resultado de la evidente necesidad de conservar y rehabilitar los suelos agropecuarios del país, aspecto urgente señalado por los expertos en la ciencia del suelo y los representantes del Sector que participaron en dicha conmemoración.

Agricultura, como Punto Focal Nacional ante la Alianza Mundial por el Suelo (AMS) de la FAO, tomó el compromiso de desarrollar un instrumento orientado a impulsar el manejo sostenible de este recurso y restaurar los suelos degradados, que promueva la participación de todos los actores interesados, con el objeto de sumar los esfuerzos para lograr el objetivo de conservar los suelos agropecuarios del país.

Con el apoyo de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ), Agricultura convocó a expertos en la ciencia del suelo de instituciones académicas, de investigación, de gobierno y representantes de la sociedad civil, a conformar el Grupo de Asesores para el desarrollo de una estrategia de suelo y agua para la agricultura y la alimentación. En el proceso de desarrollo, los trabajos se enfocaron en el recurso suelo, surgiendo de esta manera la Estrategia Nacional de Suelo para la Agricultura Sostenible.

Dentro de los expertos que conformaron el Grupo de Asesores para la construcción de la ENASAS se contó con la colaboración de los Pilares de la AMS, integrantes del Panel Técnico Intergubernamental de Suelos (ITPS, por sus siglas en inglés) y de

la Unión Internacional de las Ciencias del Suelo (IUUS, por sus siglas en inglés). Las instituciones nacionales representadas en este proceso fueron la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), mediante el Programa de Estudios Interdisciplinarios del Suelo (PUEIS), el Centro de Geociencias y la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán; el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (IPN); la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN); el Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial (Centro Geo); el Colegio de Postgraduados (COLPOS); el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias (INIFAP); el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA); la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS); el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALLI A.C.) y consultores independientes.

En total, se realizaron nueve reuniones del Grupo de Asesores, realizadas durante los meses de marzo a octubre de 2021. Para la definición de los ejes estratégicos, líneas de acción y acciones, se conformaron grupos de asesoramiento específicos, cuyos trabajos se realizaron a la par de las reuniones del Grupo de Asesores, lo que permitió avanzar de manera puntual y establecer el consenso en las reuniones generales.

De forma paralela a la construcción de la ENASAS, con el apoyo de la GIZ se realizó el “Diagnóstico del conocimiento y situación actual de los suelos para la agricultura en México”, elaborado por Manejo Integral de Cuencas S.A de C.V., con el objeto de contar con información de referencia sobre la información disponible respecto a la condición de los suelos agropecuarios del país.

Glosario

Adaptación: Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos.

Agroecología: Es un enfoque integrado que aplica simultáneamente conceptos y principios ecológicos y sociales al diseño y la gestión de sistemas agrícolas y alimentarios sostenibles. Pretende optimizar las interacciones entre las plantas, los animales, los seres humanos y el medio ambiente, a la vez que aborda la necesidad de sistemas alimentarios socialmente equitativos en los que las personas puedan elegir lo que comen y, cómo y dónde se produce. La agroecología es a la vez una ciencia, un conjunto de prácticas y un movimiento social, que ha evolucionado como concepto en las últimas décadas para pasar de centrarse en los campos y las granjas, a abarcar la totalidad de los sistemas agrícolas y alimentarios. Representa un campo transdisciplinario que incluye las dimensiones ecológica, sociocultural, tecnológica, económica y política de los sistemas alimentarios, desde la producción hasta el consumo.

Biodiversidad: La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Cambio climático: El cambio climático hace referencia a una variación del estado del clima identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante períodos prolongados, generalmente décadas o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos, tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas y cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

Capacidad adaptativa: Capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias.

Degradación del suelo: Es un cambio natural o inducido en las condiciones del suelo que resulta en una disminución de su capacidad como parte del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios o mantener la biodiversidad natural. Los suelos degradados reducen la capacidad de proporcionar, hábitats naturales y merman la producción de los bienes y servicios normales en su ecosistema.

Desertificación: Se entiende como se entiende la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas: En este contexto, la degradación de las tierras se entiende como la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento, tales como la erosión

del suelo causada por viento y agua; el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo o de las propiedades económicas del suelo y a pérdida duradera de la vegetación natural.

Gases de efecto invernadero (GEI): Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Asimismo, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO_2, el N_2O y el CH_4, el Protocolo de Kyoto contempla los gases de efecto invernadero: hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). Véanse también Dióxido de carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido nitroso (N_2O) y Ozono (O_3).

Gobernanza del suelo: La gobernanza del suelo se entiende como el conjunto de instituciones formales e informales normativas, de política, económicas y sociales relacionadas con los procesos de toma de decisiones por parte de actores gubernamentales y no gubernamentales a diferentes niveles.

Mitigación: Intervención humana destinada a reducir las emisiones o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): Los ODS constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo. En 2015, todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas aprobaron 17 Objetivos como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en la cual se establece un plan para alcanzar los Objetivos en 15 años.

Resiliencia: Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un fenómeno, tendencia o perturbación peligroso respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conserven al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

Seguridad alimentaria: todas las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, y así poder llevar una vida activa y saludable.

Servicios ecosistémicos (SE): Proceso o función ecológica que tiene valor monetario o no monetario para las personas o la sociedad en general.

Sistema socioecológico: Son sistemas vinculados de personas y la naturaleza. El término enfatiza que los humanos deben ser vistos como parte de la naturaleza, no aparte de ella, que la delimitación entre los sistemas sociales y ecológicos es artificial y arbitraria. Los académicos también han utilizado conceptos como "sistemas humanos-ambientales acoplados", "sistemas ecosociales" y "sistemas socioecológicos" para ilustrar la interacción entre los sistemas sociales y ecológicos.

Sequía: En términos generales, la sequía es una “ausencia prolongada o insuficiencia acentuada de precipitación”, o bien, una “insuficiencia que origina escasez de agua para alguna actividad o grupo de personas”, o también “un período de condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado para que la ausencia de precipitación ocasione un importante desequilibrio hidrológico”.

Referencias

Adame, M. F., Santini, N. S., Tovilla, C., Vázquez-Lule, A., Castro, L., & Guevara, M. (2015). *Carbon stocks and soil sequestration rates of tropical riverine wetlands*. Biogeosciences, 12(12), 3805–3818. doi: 10.5194/bg-12-3805-2015.

AGRICULTURA (2021). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Potencial de captura de carbono. https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y-programas/potencial-de-captura-de-carbono.

Altieri, M. A. (2013). Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático, 94-104.

Anderies, J. M., Janssen, M. A., & Ostrom, E. (2004). *A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. Ecology and society,* 9(1).

Balbontín, Claudio & Cruz-Gaistardo, Carlos & Paz Pellat, Fernando & Etchevers, J. (2010). *Soil Carbon Sequestration in Different Ecoregions of Mexico*.

Balvanera, P., Astier, M., Gurri, F. D., & Zermeño-Hernández, I. (2017). Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos en México. Revista mexicana de biodiversidad, 88, 141-149.

Berkes, F., Folke, C., & Colding, J. (Eds.). *(2000). Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press*.

Burbano-Orjuela, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. Rev. Cienc. Agr. 35(1): 82-96. doi: http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.85.

CEDRSSA. (2015). La propiedad social rural y su perfil productivo. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/74Reporte%2030%20La%20Propiedad%20Social%20Rural.pdf.

CMMAD. (1988). Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Nuestro Futuro Común, publicado en castellano por Alianza Editorial S.A., Madrid, primera edición en 1988. Editada en inglés por Oxford University Press.

Cotler, H., & Cuevas, F. M. L. (2017). Estrategias de conservación de suelos en agroecosistemas de México. Fundación Río Arronte y Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable. CDMX, México.

Cotler, H., Martínez, M., Etchevers, J. D., Cotler, H., Martínez, M., & Etchevers, J. D. (2016). Carbono orgánico en suelos agrícolas de México: Investigación y políticas públicas. Terra Latinoamericana, 34(1), 125–138. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100125

Cotler, H., Garrido, A., Bunge, V., & Cuevas, M. L. (2010). Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones. Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización, 1, 210-215.

Doran, J.W., Stamatiadis, S. & Haberern, J. (2002). *Soil health as an indicator of sustainable management. Publications from USDA-ARS / UNL Faculty*. (También disonible en https:// digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/180).

Etchevers B., J. D., Cotler, H. & Hidalgo, C. (2020). Salir de la invisibilidad: nuevos retos para la ciencia del suelo. Terra Latinoamericana 38: 931-938. https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.867.

FAO. (2020a). *GSOCseq Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map Technical Manual*. G. Peralta, L. Di Paolo, C. Omuto, K. Viatkin, I. Luotto, Y. Yigini, 1st Edition, Rome.http://www.fao.org/3/cb0353en/CB0353EN.pdf.

FAO. (2020b). *Manual for the implementation of the Global Soil Doctors Programme at the country level - A farmer-to-farmer training programme. Rome.*

FAO y MADS. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. Bogotá, 2018.

FAO. (2015). Carta Mundial de los Suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.

FAO & ITPS. 2015. *Status of the World's Soil Resources* (SWSR) – *Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.*

Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., & Walker, B. (2002). *Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. AMBIO: A journal of the human environment,* 31(5), 437-441.

Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., & Norberg, J. (2005). *Adaptive governance of social-ecological systems. Annu. Rev. Environ. Resour., 30, 441-473.*

Folke, C. (2006). *Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. Global Environmental Change,* 16, 253-267.

González-Molina, Lucila & Espitia-Rangel, Eduardo & Pineda, Joel & Reyes, Erica & Garza, Martha & Garay, Alma. (2020). *Potential for organic carbon sequestration in quinoa simulated with the RothC*-26.3 model.

Guevara, M., Arroyo, C., Brunsell, N., Cruz, C. O., Domke, G., Equihua, J., Vargas, R. (2020). *Soil Organic Carbon Across Mexico and the Conterminous United States* (1991–2010). *Global Biogeochem. Cycles,* 34(3). doi: 10.1029/2019GB006219

Hussain, M. I., Abideen, Z., & Qureshi, A. S. (2021). *Soil degradation, resilience, restoration and sustainable use. In Sustainable Agriculture Reviews* 52 (pp. 335-365). Springer, Cham.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (s.f.) Suelo. https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/suelo.aspx?tema=T.

INEGI (2013). Conjunto De Datos De Perfiles de suelos. Escala 1:250 000. Serie II (Continuo Nacional). Disponible en https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825266707.

INEGI. (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. México.

IPCC. (2018). Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)].

IPCC. (2014). Anexo II: Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141.

IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma.Juerges, N., & Hansjürgens, B. 2018. *Soil governance in the transition towards a sustainable bioeconomy– A review. Journal of Cleaner Production*, 170: 1628-1639.

Juerges, N., & Hansjürgens, B. (2018). *Soil governance in the transition towards a sustainable bioeconomy–A review. Journal of Cleaner Production*, 170, 1628-1639.

Lal, R. (1997). *Degradation and resilience of soils. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 352(1356), 997-1010.

Lal, R., Bouma, J., Brevik, E., Dawson, L., Field, D. J., Glaser, B., ... & Zhang, J. (2021a). S*oils and sustainable development goals of the United Nations (New York, USA): An IUSS perspective. Geoderma Regional,* e00398.

Lal, R., Mello, F. F. D. C., Damian, J. M., Cherubin, M. R., & Cerri, C. E. P. (2021b). *Soil carbon sequestration through adopting sustainable management practices: potential and opportunity for the American countries.*

Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I., & Rillig, M. C. 2020. *The concept and future prospects of soil health. Nature Reviews Earth & Environment,* 1: 544–553.

Loewy, T. (2021). El enfoque sistémico como criterio operativo y geográfico: La sostenibilidad agrícola. Estudios económicos, 38(77), 83-98.

McBratney, A., Field, D. J., & Koch, A. (2014). *The dimensions of soil security. Geoderma*, 213, 203–213. doi: 10.1016/j. geoderma.2013.08.013

Molina-Guerra, V. M., Pando-Moreno, M., Sánchez-Salas, J., González-Rodríguez, H., Alanís-Rodríguez, E., & Cantú-Silva, I. (2012). La resiliencia del recurso suelo. Editorial Contenido, 6(1), 15.

Montanarella, L., & Vargas, R. (2012). *Global governance of soil resources as a necessary condition for sustainable development. Current opinion in environmental sustainability,* 4(5), 559-564.

Muñiz-Ugarte, O. (2017). La Alianza Regional por el Suelo en Centro América, México y el Caribe. Revista Ingeniería Agrícola, 7(3), 57-60.

Návar-Chaidez,J. (2008). *Carbon fluxes resulting from land-use changes in the Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico. Carbon Balance Manage.*3,6. doi:10.1186/1750-0680-3-6

Ortiz, G. S., Santillán, V. S., Bunge, B. V., Anglés-Hernánez, M., Pérez, M. E., & Prado, B. (2022). *Soil governance and sustainable agriculture in Mexico. Soil Security,* 100059.

Paz, F., A. Velázquez y M. Rojo (Editores). 2018. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2018. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Instituto Tecnológico de Sonora. Texcoco, Estado de México, México. ISBN pendiente. 686 p.

Preiser, R., Biggs, R., De Vos, A., & Folke, C. (2018). *Social-ecological systems as complex adaptive systems: organizing principles for advancing research methods and approaches. Ecology and Society*, 23(4).

Pulido, M. L.; J. G. Meraz y M. V. Pulido. 2009. Metodología para el diagnóstico, manejo y control de la salinidad, aplicada en el Distrito de Riego 038 Río Mayo, Sonora, México. Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XXIV, núm. 1, pp 55-72.

Pulido, M. L. 2016. Cambio climático, ensalitramiento de suelos y producción agrícola en áreas de riego. Terra Latinoamericana, Vol. 34, núm. 2, pp 2017-218.

Pulido, M. L. 2018. Ensalitramiento de suelos, producción agrícola y calentamiento global. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor., 200 p.

Redman, C. (2014). *Should sustainability and resilience be combined or remain distinct pursuits?. Ecology and Society,* 19(2).

SEMARNAT (2011). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Estrategia nacional de manejo sustentable de tierras. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Thompson, P. B. (2007). *Agricultural sustainability: what it is and what it is not. International Journal of Agricultural Sustainability,* 5(1), 5-16.

Trench, T., Larson, A. M., & Libert Amico, A. (2017). *Multilevel governance and land use in Chiapas and Yucatan: Lessons for REDD+ in Mexico* (Vol. 180). *Cifor.*

Vogel, H. J., Bartke, S., Daedlow, K., Helming, K., Kögel-Knabner, I., Lang, B., ... & Wollschläger, U. (2018). *A systemic approach for modeling soil functions. Soil,* 4(1), 83-92.

Weigelt, J., Müller, A., Janetschek, H., & Töpfer,

K. (2015). *Land and soil governance towards a transformational post-2015 Development Agenda: an overview. Current Opinion in Environmental Sustainability*, 15, 57-65.

Wiese, L., Wollenberg, E., Alcántara-Shivapatham, V., Richards, M., Shelton, S., Hönle, S. E., ... & Chenu, C. (2021). *Countries' commitments to soil organic carbon in Nationally Determined Contributions. Climate Policy*, 1-15.

Zamora-Morales, B. P., Mendoza-Cariño, M., Sangerman-Jarquín, D. Ma., Bravo, A. N., y Nolasco, A. Q. (2019). La investigación científica en México: secuestro de carbono orgánico en suelos agrícolas y de agostadero. 1., 10(1), 155–164. doi: 10.29312/remexca.v10i1.1733

Imágenes

Las fotografías proceden del Primer concurso de fotografía por el Día Mundial del Suelo 2021.

1era y 4ta de forros
Nombre: Ortiz Ortiz, Norberto
Año: 2021
Título: Las terrazas.
Lugar: San Pablo Ixayoc, Texcoco, Estado de México.

Página 4
Nombre: Montoya Magadan, José Pedro.
Año: 2021
Título: Huerto agroecológico en la mixteca.
Lugar: San Cristóbal Amoltepec, Oaxaca.

Página 6
Nombre: Estrada Ramírez, Karen Juliet.
Año: 2021
Título: Suelo y alimentación.
Lugar: Santana 4ta sección H Cárdenas, Tabasco.

Página 10
Nombre: Reynosa Sánchez, Yazuri.
Año: 2021
Título: Tierra de Volcán.
Lugar: Cumbres del Pico de Orizaba, Veracruz.

Página 12
Nombre: Álvarez Lagunes, Cristina.
Año: 2021
Título: Uso equivalente del suelo.
Lugar: San Pablo Ojo de Agua, Municipio. Omealca, Veracruz.

Página 14
Nombre: Flores Franco, Estephany Itze.
Año: 2021
Título: El camino del trabajo.
Lugar: Ocampo, Guajanuato.

Página 16
Nombre: Tovar Velasco, Joel Adrián.
Año: 2021
Título: Hongos (*Ramaria sp.*) y materia orgánica.
Lugar: Parque Ecológico Huayamilpas, Coyoacán, Ciudad de México.

Página 25
Nombre: De La Torre Ramírez, Montserrat.
Año: 2021
Título: Suelo de otoño.
Lugar: Villahermosa Centro, Tabasco.

Página 28
Nombre: Carmona Grijalva, Mariana.
Año: 2021
Título: El suelo que tenemos.
Lugar: Tlaxco, Tlaxcala.

Página 36
Nombre: Martínez García, J. Carme.
Año: 2021
Título: Girasol alto oleico.
Lugar: Llano Blanco, Calera, Zacatecas.

Página 40
Nombre: Bautista García, Germán.
Año: 2021
Título: Escarabajo en pupa.
Lugar: Paso de Ovejas, Veracruz.

Página 47
Nombre: Del Real Muro, José Luis.
Año: 2021
Título: Seres del bosque.
Lugar: Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California.

Página 54
Nombre: Camas Pereyra, Rausel.
Año: 2021
Título: Conservando el suelo alimentándolo.
Lugar: Villaflores, Chiapas.

gob.mx/agricultura