

10. El uso de suelo sustentable y la agricultura sustentable de México: Desafíos ambientales y sociales



MIGUEL ALVARADO CARDONA*
J. AURELIO COLMENERO ROBLES**
OBED PARDO SANTOS***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.370.10>

Resumen

México se localiza al sur de América del Norte. La sustentabilidad es un principio con una estrecha relación entre la economía, la sociedad, el medio ambiente y la conservación de la biodiversidad. La agricultura sustentable, bajo este principio, se centra en satisfacer las necesidades alimentarias actuales sin comprometer la de las futuras generaciones. Las técnicas de sustentabilidad agrícola desarrollan programas de conservación y protección del suelo, pero su implementación es atomizada, de tal forma que origina problemáticas de suelo que se manifiestan en tipos de degradación física (erosión), química (sales y compuestos tóxicos) y biológica (pérdida de flora y fauna). Lo anterior supone que estos tipos de degradación limitan el desarrollo de una agricultura sustentable.

Con el fin de mostrar que en México la agricultura sustentable no se ha desarrollado plenamente en la actualidad, se llevó a cabo una recopilación de información, caracterización y una etapa de análisis. La superficie agrí-

* Maestro en Ciencias. Profesor del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9747-260X> ; correo electrónico: maalvarado@ipn.mx

** Licenciado en Biología. Analista en la Secretaría de Investigaciones y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4959-7963>

*** Maestro en Administración y Políticas Públicas. Investigador en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4341-9368>

cola en México es de 32.1 millones de hectáreas, el 26.8% es de riego y el 73.2% es de temporal; un aspecto adicional consiste en que el 85% de los suelos presenta degradación física y el 95% degradación química: la superficie dedicada a la agricultura orgánica es de 169 000 ha y 47 795 ha suelen considerarse sustentables. Si los suelos se encuentran en fase de degradación física y química, la agricultura sustentable no existe.

Palabras clave: *agricultura sustentable, degradación física y química, México, agricultura orgánica, conservación de suelos.*

Introducción

Localización

México se localiza al Sur de América del Norte, con coordenadas geográficas de 32° 43' 06" latitud norte, 14° 32' 27" latitud sur, 118° 22' 00" y 86° 42' 36" longitud oeste. La superficie territorial cubre una extensión de 1 959 248 km². Comparte frontera al norte con los Estados Unidos de América y al sur con Guatemala y Belice, distribuidos de la siguiente forma: con Estados Unidos cubre la línea fronteriza a lo largo de 3 152 km; con Guatemala cubre una línea fronteriza de 956 km de extensión y con Belice la división territorial es de 193 km lineales (Semarnat, 2010).

Conceptos

La sustentabilidad consiste en el hecho que la economía y la sociedad se desarrollan sin degradar la biodiversidad, el suelo y el clima, a lo largo de 3 152 km, desde el Monumento 258, al noroeste de Tijuana, hasta la desembocadura del río Bravo en el Golfo de México. El río Bravo, también conocido como Río Grande, cubre el 70.4% de esta línea divisoria internacional, 2012). La agricultura sustentable se centra en satisfacer las necesidades alimentarias actuales, sin comprometer la disponibilidad para las de futuras generaciones. La conservación del suelo es un conjunto de prácticas esen-

ciales para la agricultura sustentable. Los organismos internacionales como ODSN, CIGA, IG, PUEIS y la FAO sostienen que la sustentabilidad de los suelos contribuye a la producción alimentaria (Alcaldía de Medellín, 2025).

El problema

En México la aplicación de técnicas de sustentabilidad agrícola, los programas de conservación y protección del suelo, el uso del suelo, llevados a cabo de manera inadecuada, han originado una problemática que se manifiesta en degradación física (erosión), química (sales) y biológica (pérdida de cobertura vegetal, pérdida flora y fauna) de persistir esta tendencia las generaciones futuras no dispondrán de una seguridad alimentaria.

Hipótesis

Esta investigación caracteriza los diferentes tipos de agricultura, en particular la sustentable, mediante un análisis sobre la conservación, el uso actual, la degradación física y química del suelo como un recurso natural; lo anterior presupone que la agricultura en México se encuentra en riesgo de no lograr la sustentabilidad.

Objetivo general

En esta investigación se llevará a cabo la recopilación de información a partir de la obra editorial de organismos públicos y privados que caracteriza a la agricultura sustentable, para revisar los distintos usos de suelo a nivel nacional de todos aquellos factores que determinan la degradación de física, química y biológica.

Objetivos específicos

- Mostrar las características de los tipos de agricultura en México.
- Identificar los suelos que hay en México.
- Presentar la degradación de los suelos por entidad federativa a nivel nacional.
- Identificar qué técnicas y programas aplicados a la conservación de suelos.
- Mostrar que en México la agricultura no es sustentable.

Desarrollo de la metodología

Para probar la hipótesis y cumplir con los objetivos, se aplicó un procedimiento metodológico integrado por varias etapas: la primera fue recopilación de la información, como bibliografía, cartografía, fotos aéreas e imágenes de satélite, la siguiente es la descripción de las características de la agricultura de temporal, riego, orgánica y la sustentable, de los grupos de uso de suelo en México, para esto se utilizó la información recopilada, en la última etapa se analizó de degradación y conservación para mostrar que la agricultura en México no es sustentable.

Fase recopilación de información

Para cumplir con los objetivos y probar la hipótesis, se recopiló información bibliográfica, obtenida a partir de consulta en la web, como tesis, artículos, capítulos de libro, blog, cartografía de temáticas, edafológicas, topográficas, fotos aéreas de escalas 1:50 000 e imágenes Landsat del portal web Google Earth Pro. Se consultaron las obras editoriales de organismos tanto públicos como privados: INEGI, Conapo, Semarnat, Conabio, Sagarpa, SADER y FAO.

Fase de caracterización

La agricultura

La agricultura también comprende el cultivo de distintas plantas ornamentales como claveles, rosas, semillas de girasol, calabaza y nueces, frutos de mango, manzanas, para proveer de alimentos al ser humano o al ganado y de materias primas a la industria, México es cuna de la agricultura mesoamericana donde se domesticaron plantas como el maíz, el frijol, el chile, el tomate verde y las calabazas (INEGI, 2022).

En México se dispone, principalmente, de cuatro tipos de agricultura: de temporal, de riego, orgánica y sustentable.

Agricultura de temporal

La SADER (2016) ha documentado que, en la agricultura de temporal la producción depende de los elementos del clima como la lluvia, la capacidad del suelo para captar el agua y la fertilidad. La inversión económica es menor al no tener que invertir en el tema de riego. Los cultivos con ciclo temporal anual son maíz, limón, sorgo, trigo, garbanzo y frijol. Esta clase de agricultura ocupa una superficie del 74.20% a nivel nacional (Bastida, 2023).

La agricultura de riego

Este tipo de agricultura no depende de la temporada de lluvias, ya que se dispone de un sistema de riego para la producción agrícola, con esto se asegura el suministro permanente de agua, cultivándose alfalfa, tomate, jitomate, chiles, forrajes, entre otros. En este tipo de agricultura, los sistemas de riego optimizan la disponibilidad del agua. La superficie de irrigación ocupa una superficie de 66 839 km² (26%) (INEGI, 2022).

La agricultura orgánica

Es un sistema de producción agrícola que prioriza el uso de métodos naturales y la salud del suelo, evitando el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos, promoviendo la biodiversidad y la sustentabilidad.

Principales características

Se basa en el uso de insumos agrícolas que se adapten a las condiciones regionales, se enfoca en la productividad sustentable, se basa en la rotación de cultivos, preserva la calidad de los alimentos, disminuye los costos energéticos. En este tipo de agricultura sobresalen: café, aguacate, cártamo, mango, chía, zarzamora, naranja, garbanzo, tomate y maíz. Chiapas, Baja California y Oaxaca son los estados con mayor producción de cultivos orgánicos, la superficie cultivable es de 169 000 ha dedicadas a este tipo modalidad (SADER, 2022).

Agricultura sustentable

La agricultura sustentable se centra en satisfacer las necesidades actuales sin comprometer a las futuras generaciones. Se manifiesta en la conservación y protección de la biodiversidad, la preservación de semillas nativas y el fomento de la agricultura orgánica. Los principales objetivo de esta modalidad de agricultura son el desarrollo rural sustentable, aumentar la producción de alimentos y mejorar la seguridad alimentaria.

Como la agricultura sustentable depende en gran medida de los servicios proporcionados por los ecosistemas, este tipo agricultura debe reducir al mínimo los impactos ambientales negativos y simultáneamente, optimizar la producción protegiendo, conservando y mejorando los recursos naturales y utilizándolos en forma eficiente (FAO, 2015).

Fase de análisis

Conservación de suelos

La conservación del suelo y del agua (swc, Asociación Mundial de la Conservación del Suelo y del Ambiente). En el contexto de WOCAT, se define como: las actividades a nivel local que mantienen o aumentan la capacidad del suelo. Las tecnologías de swc son medidas agronómicas, vegetativas, estructurales, la gestión que controlan la degradación del suelo y aumentan la productividad del campo, adicionalmente, incluye la prevención o la reducción de erosión del suelo, y la consolidación.

Programa de Agricultura Sostenible

El gobierno de México tiene varios programas para promover la agricultura sustentable; además, ha propuesto varios programas para fomentar la agricultura sustentable en el país, para brindar asistencia técnica y capacitación a los agricultores en prácticas agrícolas sostenibles y se han establecido incentivos económicos para promover la adopción de prácticas sostenibles (The Food Tech, 2023). El Programa de Rehabilitación y Conservación de Suelos, para el año de 2001 permitió el apoyo de 54 solicitudes en labores y prácticas para el mejoramiento y recuperación de suelos (Sagarpa Jalisco, 2002).

Programa de Sustentabilidad Agrícola

El objetivo del Programa de Sustentabilidad Agrícola es generar productos alimenticios de alta calidad, evitando alterar el equilibrio del medio ambiente, utilizando adecuadamente los recursos naturales y manteniendo su integridad para generaciones futuras. Los principales beneficios del programa incluyen: la reducción de costos para el proveedor, la reducción del impac-

to ambiental y la generación de materias primas agrícolas de mayor calidad (World Resources Institute, 2025).

Los programas operados por la Semarnat (incluyendo los de la Conafor, Sagarpa y Conaza) brindan apoyo económico y técnico a los productores, para la realización de obras hidráulicas, de reforestación, de conservación y restauración de suelos y manejo de tierras agrícolas que contribuyan a la conservación de este importante recurso natural.

En México, cinco estados concentran la mayor producción agrícola, Jalisco, Veracruz, Oaxaca, Chihuahua y Sinaloa. La agricultura sustentable promueve técnicas de conservación de suelos como rotación de cultivo, franjas en contorno, cercas vivas, presas de gavión, siembra al voleo, por citar algunas.

Técnicas de conservación de suelos

La conservación del suelo es un punto clave de la agricultura tradicional, la agricultura ecológica y sustentable, dando lugar a la conservación del suelo apropiada, obteniéndose buenos rendimientos tanto en el presente como el futuro, sin tener que depender de productos químicos, reduciendo la erosión y manteniendo la fertilidad. El concepto de conservación del suelo hace referencia a un conjunto de técnicas y prácticas agrícolas que evitan la degradación mediante la labranza de conservación, siembra directa, rotación de cultivos, no usar agroquímicos, agricultura de contorno, cultivos en franja, cultivos de cobertura, conservación de los organismos del suelo, por citar algunas (Cherlinka, 2025).

La conservación del suelo: cómo manejarla e implementarla

Las entidades federativas que aplican técnicas de conservación de suelos son puntuales, los ejemplos representan algunos sitios de Chipas, Oaxaca, Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, Guanajuato, Colima, Querétaro, Aguas calientes, Querétaro, Puebla y Tlaxcala.

Degradación de los suelos

El reconocimiento de los 32 grupos de suelos que considera la FAO (2014), en México predominan los Leptosoles, Phaeozem y Vertisoles, el primero presenta limitantes para actividad agrícola por la degradación física (erosión) y química (contaminación), los dos siguientes presentan las mejores condiciones de fertilidad para el desarrollo de cultivos.

Limitantes de la agricultura sustentable

Para que un suelo agrícola sea sustentable es necesaria su conservación y evitar su degradación, a continuación, se presentan las principales causas (tabla 10.1).

Tabla 10.1. *Limitantes que inciden en la agricultura sustentable*

<i>Limitantes físicas</i>	<i>Limitantes químicas</i>	<i>Limitantes biológicas</i>
Erosión de suelos	Fertilizante	Pérdida de fauna y flora
Compactación	Plaguicidas	Pérdida de hongos y bacterias
Pérdida de poros	Herbicidas y metales pesados	
Pérdida de la capacidad en la fertilidad	Presencia de hidrocarburos	
Pérdida de almacenamiento agua	Aguas residuales	

Fuente: elaboración propia.

Degradación física

Esta condición se define como la pérdida de la calidad de la estructura del suelo. Se observa tanto en la superficie como en el surgimiento de finas costras. La deforestación, la erosión hídrica, eólica, falta de rotación de cultivos, labranza excesiva y el uso prácticas agrícolas intensivas inadecuadas, han llevado a una disminución significativa de la fertilidad del suelo. La pérdida de nutrientes y la compactación del suelo reducen la capacidad de los cultivos contribuyendo, todo esto a una agricultura insustentable. La degradación del suelo es otro el reto que enfrenta la agricultura mexicana.

Erosión hídrica

La pérdida de las capas superficiales del suelo favorece el desplazamiento del agua sobre la superficie, desfavoreciendo la capacidad de humedad en sus capas internas. En México el caso de la erosión hídrica representa el 88% de la superficie nacional.

Erosión eólica

Etimológicamente la palabra eólica viene derivada de Eolo, dios del viento. Cuando hablamos de erosión eólica nos referimos a aquellos procesos de deterioro o degradación que vienen dados por la acción del viento, evento que modifica el relieve de la corteza terrestre (Roper, 2020).

En México, la erosión eólica, causada por el viento, afecta aproximadamente el 23.25% de la superficie nacional, especialmente en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. Se estima que 18.12 millones de hectáreas, lo que equivale al 9.5% del territorio.

Degradación física

En la tabla 10.2 se observa el uso del suelo por estado, grados y formas de erosión.

Tabla 10.2. *Degradación física del suelo en cada entidad federativa*

Estado	Uso del suelo y vegetación	Grados de erosión	Formas de erosión
Baja California	Bosque, agricultura y ganadería	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas. Erosión eólica y dunas.
Baja California Sur	Bosque, agricultura y ganadería	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas. Erosión eólica, dunas.

<i>Estado</i>	<i>Uso del suelo y vegetación</i>	<i>Grados de erosión</i>	<i>Formas de erosión</i>
Sonora	Agricultura, ganadería y bosque	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas. Erosión eólica: dunas.
Chihuahua	Agricultura y ganadería y bosque	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas. Erosión eólica: dunas.
Coahuila	Bosque, agricultura y ganadería	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: cárcavas, láminas y barrancas. Erosión eólica: dunas.
Nuevo León	Bosque, agricultura y ganadería	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión, hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
Tamaulipas	Agricultura, ganadería y bosque	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
Sinaloa	Agricultura, ganadería y bosque	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
Durango	Agricultura, ganadería y bosque	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
Zacatecas	Agricultura, ganadería y bosque	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
San Luis Potosí	Bosque, agricultura y ganadería	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: cárcavas, láminas y barrancas.
Nayarit	Bosque, agricultura y ganadería	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión, hídrica: barrancas, cárcavas y laminas.
Aguascalientes	Agricultura, ganadería y bosque	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
Jalisco	Agricultura, ganadería y bosque	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
Guanajuato	Agricultura, ganadería y bosque	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: láminas, cárcavas y barrancas.
Querétaro	Bosque, agricultura y ganadería	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: láminas, cárcavas y barrancas.
Hidalgo	Bosque, agricultura y ganadería	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: láminas, cárcavas y barrancas.
Colima	Bosque, agricultura y ganadería	Moderada 51 a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: cárcavas, láminas y barrancas.

<i>Estado</i>	<i>Uso del suelo y vegetación</i>	<i>Grados de erosión</i>	<i>Formas de erosión</i>
Michoacán	Bosque, agricultura y ganadería	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
Estado de México	Agricultura, ganadería y bosque	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: cárcavas, láminas y barrancas.
Ciudad de México	zona urbana, bosque y agricultura	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: láminas, cárcavas y barrancas.
Morelos	Bosque, agricultura y ganadería	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
Tlaxcala	Agricultura, ganadería y bosque	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: cárcavas, láminas y barrancas.
Puebla	Bosque, agricultura y ganadería	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
Veracruz	Agricultura y ganadería y bosque	Ligera 0 a 50 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
Guerrero	Bosque, agricultura y ganadería	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y laminas.
Oaxaca	Bosque, agricultura y ganadería	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y laminas.
Tabasco	Bosque, agricultura y ganadería	Ligera 0 a 50 ton/ha/año	Sin erosión aparente.
Campeche	Agricultura, ganadería y bosque	Ligera 0 a 50 ton/ha/año	Sin erosión aparente.
Chiapas	Bosque, agricultura y ganadería	Fuerte > a 100 ton/ha/año	Erosión hídrica: barrancas, cárcavas y láminas.
Yucatán	Bosque, agricultura y ganadería	Ligera 0 a 50 ton/ha/año	Erosión hídrica: láminas, cárcavas y barrancas.
Quintana Roo	Bosque, agricultura y ganadería	Ligera 0 a 50 ton/ha/año	Sin erosión aparente.

Fuente: elaboración propia con información de las imágenes del satélite Landsat, Google Earth (2024).

Degradación química

En la tabla 10.3 se tiene los usos del suelo y vegetación, principales contaminantes y ubicación en cada uno de los 32 estados de México.

Tabla 10.3. *Los estados de México con suelos afectados por degradación química*

<i>Estado</i>	<i>Usos del suelo y vegetación</i>	<i>Principales contaminantes y grado de alteración</i>	<i>Ubicación</i>
Baja California	Agricultura	Sales y sodio, moderada, agricultura intensiva, carbonatos, fósforo, cadmio, cloro, plomo, mercurio y zinc.	Desierto del Vizcaíno, Mexicali, Ciudad Coahuila y San Quintín.
Baja California Sur	Agricultura	Sales y sodio, moderada alcalinización, carbonatos, fósforo, cadmio, cloro, plomo, mercurio y zinc.	Desierto del Vizcaíno, Zaragoza, Ciudad Insurgentes, Ciudad Constitución y El Pescadero.
Sonora	Agricultura	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio, cloro, plomo, mercurio y zinc.	Desierto de Altar, Miguel Alemán, Hermosillo, Villa Juárez y Ciudad Obregón.
Chihuahua	Agricultura	Sales y sodio, contaminación por carbonatos, fósforo, cadmio, cloro, plomo, mercurio, zinc, materia orgánica, grasas y aceites.	Norte y Sur de Chihuahua, Ascensión, Janos, Moctezuma, Sueco, Santana, Oasis y Delicias.
Coahuila	Agricultura y ganadería	Sales y sodio, materia orgánica, materia orgánica, grasas y aceites.	Boquillas del Carmen, Torreón, Francisco Madero y Matamoros.
Nuevo León	Agricultura y ganadería	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio, cloro, plomo, mercurio, zinc, materia orgánica, grasas y aceites.	Dr. Arroyo, Mier y Noriega, José Quintero, El Puerto, Anáhuac, Genaro Pérez, El Arroyo de los Sauces, Ciudad General Terán y Los Herrera.
Tamaulipas	Agricultura	Sales y sodio, materia orgánica, grasas, aceites, materia orgánica, grasas y aceite.	Camargo, Baladeces, Ciudad Gustavo Díaz Ordaz, Empalme, Valle Hermoso, El Moquetito, La Lomita y Ejido Miguel Hidalgo.
Sinaloa	Agricultura	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio, zinc, plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas, aceites y agricultura intensiva.	El Fuerte, Los Mochis, Guamúchil, Culiacán, Costa Rica, Dimas y El Quelite.
Durango	Agricultura y ganadería	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio, zinc, plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas, aceites y agricultura intensiva.	Gómez Palacio, Santiago Papasquiaro, El Nayar, Guadalupe Victoria, Canatlan, Villa Unión y Vicente Guerrero.

<i>Estado</i>	<i>Usos del suelo y vegetación</i>	<i>Principales contaminantes y grado de alteración</i>	<i>Ubicación</i>
Zacatecas	Agricultura	Sales y sodio, contaminación por arsénico y plomo, sobre, orgánica, grasas, aceites y agricultura intensiva.	Norte del estado, Juan Aldama, Chahuities, Frenillo y Víctor Rosales.
San Luis Potosí	Agricultura y ganadería	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio, zinc, plomo y mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites	Villa de la Paz y Mathuala, Charcas, Salinas Hidalgo, Ahualulco, Río Verde y Cárdenas.
Nayarit	Agricultura y ganadería	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio, zinc, plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Llanuras Costeras del Pacífico, Tecuala, Santiago Ixcuintla, Tepic, Ixtlán del Río y Punta Mitla.
Aguascalientes	Agricultura	Plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Valle de Aguascalientes, Rincón de Romos, Calvillo y Jesús María.
Jalisco	Agricultura	Sales y sodio, plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Llanuras de Sayula, Tecuala, Zapopan, Tepatitlán, Lagos de Moreno y Ameca.
Guanajuato	Agricultura	Sales y sodio, plomo, mercurio cloro, materia orgánica, grasas y aceites	Al Este del estado, Irapuato, Moro León, Salamanca, Pénjamo y Acámbaro.
Querétaro	Agricultura y ganadería	Sales y sodio, plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	San Juan del Río, Colón, Tequisquiapan, Cadereyta y Chichimequillas.
Hidalgo	Agricultura	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites	Oeste del estado, Valle de Tulancingo y el Altiplano, el estado presenta un 95% de degradación.
Colima	Agricultura	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro y materia orgánica.	Armería, Colima, Cómala, Tecomán e Ixtlahuaca.
Michoacán	Agricultura	Sales y sodio, carbonatos, fosforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites	Lago de Pátzcuaro, Miramar, con 55% de la superficie del estado.
Estado de México	Agricultura	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Chalco y Cuautitlán.

<i>Estado</i>	<i>Usos del suelo y vegetación</i>	<i>Principales contaminantes y grado de alteración</i>	<i>Ubicación</i>
Ciudad de México	Agricultura y pastizales	Sales y sodio, plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Lago de Texcoco.
Morelos	Agricultura	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Yecapixtla, Tepalcingo, Tepoztlán y Jojutla.
Tlaxcala	Agricultura	Sales y sodio, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Tlaxco, Terrenate y Calpulalpan.
Puebla	Agricultura y ganadería	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Sur del estado, Atlixco, Tecamachalco, Cholula, Tehuacán y Libres.
Veracruz	Agricultura	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Costera, Panuco, Temporal, Naranjos y Álamo.
Guerrero	Agricultura y ganadería	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio plomo, orgánica, grasas y aceites.	Papantla, Coyuca de Benítez, Tlapa, Taxco y Ciudad Altamirano.
Oaxaca	Agricultura	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Colotepec, Miahuatlán, Santa Cruz, Oaxaca de Juárez, Asunción y Nochixtlán.
Tabasco	Agricultura y ganadería	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Laguna de Términos, Comalcalco, Las Choapas, La Venta. Macuspana y Frontera.
Campeche	Agricultura	Sales y sodio, carbonatos, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Palizada, Candelaria, Palizada, Sabancu y Hopelchen. El 70% de los suelos presenta degradación.
Chiapas	Agricultura y ganadería	Sales y sodio, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Chapa de Corzo, Villa flores y Pichucalco. El 70% de los suelos con degradación, Puerto Arista y Pijijiapan.
Yucatán	Agricultura	Sales y sodio, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	Llanura Costera, Maxcanú, Dzidzantún, Buctzotz y Tekax.

<i>Estado</i>	<i>Usos del suelo y vegetación</i>	<i>Principales contaminantes y grado de alteración</i>	<i>Ubicación</i>
Quintana Roo	Agricultura y ganadería	Salas y sodio, fósforo, cadmio plomo, mercurio, cloro, materia orgánica, grasas y aceites.	San Fernando, Progreso, Juárez y Emiliano Zapata.

Fuente: elaboración propia con información del proyecto clave SIP 20180582 “Conservación y uso sustentable de los suelos de México” del IPN.

Compactación del suelo

En México, los suelos compactados son un problema común que afecta significativamente la agricultura y el desarrollo de las plantas. Se estima que cerca del 64% de los suelos en México están deteriorados. La compactación es un factor que alcanza el 83.3 y el 94.6% en el subsuelo (piso de arado). La compactación se presenta en las zonas agrícolas de riego donde se utiliza maquinaria pesada como sembradoras, cosechadoras, pulverizadoras y maquinaria de labranza. Los estados con agricultura de riego son Chihuahua, Michoacán, Sinaloa, Durango, Tamaulipas, Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo, Puebla, Chiapas, Nuevo León y Oaxaca (Semarnat, 2010).

Degradación biológica del suelo

La degradación biológica implica la disminución de la actividad microbiana debido a reacciones bioquímicas, especialmente en las tierras desnudas y/o desprotegidas, reduce el rendimiento y hace que la tierra sea menos apta para el cultivo (Kogut, 2025). El suelo erosionado pierde la cobertura vegetal y en el subsuelo disminuye la presencia de hongos y bacterias.

El impacto ambiental de la actividad agrícola

La actividad agrícola tiene impactos ambientales significativos, tanto positivos como negativos. Entre los impactos negativos se encuentran la contaminación del agua y el suelo por el uso de fertilizantes y pesticidas. Entre

otras causas, incluye la deforestación, la erosión y pérdida de nutrientes, la emisión de gases de efecto invernadero, por ejemplo el metano. Por otro lado, la agricultura puede tener impactos positivos como la captura de carbono, la mejora de la infiltración del agua, la conservación de paisajes rurales y seguridad alimentaria.

Aguas residuales

Son las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos domésticos, municipales, industriales, comerciales, servicios generales, agrícolas, pecuario y en general de cualquier otro uso (Cisneros y Saucedo, 2016). El exceso de contenido de metales pesados puede degradar químicamente el suelo a través del riego por esta clase de aguas, por lo tanto, afectan la calidad y seguridad de los alimentos, cuando se aplican incorrectamente en la agricultura. Asimismo, el uso de aguas residuales, dependiendo del nivel de tratamiento, aún puede contener patógenos (virus, bacterias y protozoos), por ello, son un grave riesgo para la salud humana (Mendoza, 2021).

Uso del agua residual en la agricultura

Se estima que más de 300 mil hectáreas de tierras agrícolas en todo el país se riegan con aguas residuales. La agricultura puede resultar en la transmisión de enfermedades a través de los alimentos, la contaminación de los suelos y cuerpos de agua cercanos (Evaristo, A. 2024). Los estados de la República Mexicana que utilizan aguas residuales en la agricultura son Jalisco, Hidalgo, Querétaro, Oaxaca, Estado de México, Tlaxcala y Sonora.

Algunos estudios de caso

Los suelos de planicie aluvial costera de Colotepec, Oaxaca, con deficiente drenaje natural, irrigados con aguas de pozo de moderada salinidad acumulan sales en sus 20 cm superiores del suelo. Como alternativa de uso

sustentable se recomienda la remoción de las sales mediante su lixiviación con aguas residuales tratadas (Sánchez et al., 2012).

En el estado de Puebla existen gasoductos que atraviesan muchas localidades, entre ellas se encuentra Acatzingo, donde se han detectado varios derrames de hidrocarburos de mediano y alto peso molecular. Este tipo de hidrocarburos corresponde a los poliaromáticos, que tienen una naturaleza química hidrofóbica y son adsorbidos en el suelo (Cavazos et al., 2014).

En el municipio de Tepeaca (Puebla)

Se han utilizado plaguicidas organoclorados en el cultivo de alfalfa, maíz, col (repollo) y coliflor, los cuales se mantienen en el suelo la concentración inicial de hidrocarburos y los plaguicidas OCs como heptacordo, aldrín y transclordano (Islas, 2015).

En la Ciudad de Oaxaca

En una Zona Conurbada de la Ciudad de Oaxaca (ZIARM) se utiliza en la alfarería el óxido de plomo como esmalte, en el análisis de suelo se observa que las concentraciones de Ba y Be fueron mayores; en cambio, el contenido de manganeso fue significativamente alto, bajo en las arcillas bajo pH medianamente alcalino y altas concentraciones de materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y Ca_2^+ y Mg_2^+ intercambiables (Bautista et al., 2010).

Ciudad Industrial Xicohténcatl I (Tlaxcala)

Esta zona industrial es el corredor principal con alrededor de 52 empresas del tipo metalmecánico, químico, textil, metal básico, eléctrico y mineral no metálico. Este complejo industrial genera una importante cantidad de aguas residuales con una alta concentración de elementos como Fe, Cu, Mn y Zn que contaminan el suelo (García, 2014).

Resultados

Los distintos datos expuestos en este estudio permiten considerar que el suelo presenta con mayor incidencia la degradación física y química. Se comprueba la hipótesis de que sí existe una problemática ambiental. La superficie agrícola de México es de 32.1 millones de hectáreas de acuerdo con el Censo Agropecuario realizado por el INEGI (2022). En ese año, el 26.8% correspondió a la superficie de riego y el 73.2% para la agricultura de temporal. En cinco estados: Jalisco, Veracruz, Oaxaca, Chihuahua y Sinaloa se concentra la mayor producción agrícola; sin embargo, solamente el 37% de las entidades federativas aplican técnicas de conservación de suelos.

La agricultura sustentable es prioridad para varios países como Francia, España, Colombia, Argentina y México. Las organizaciones gubernamentales de estos países argumentan que la conservación y las buenas prácticas agrícolas contribuyen a la producción y sustentabilidad alimentaria.

Los programas diseñados por la Semarnat, Conafor y Sagarpa están orientados a fomentar la agricultura sustentable, brindando asistencia técnica, capacitación e incentivos económicos y un cumplimiento mínimo de prácticas agrícolas sustentables; sin embargo, la superficie dedicada a la agricultura orgánica está representada en solo 69 000 ha; en tanto, la agricultura sustentable no rebaza la cantidad de 47 795 hectáreas.

Los programas de conservación de suelos no contienen propuestas de Técnicas de Agricultura Sustentable, entre las que destacan, la rotación de cultivos, conservación del suelo, uso de abonos orgánicos, siembra directa, compostaje, agroforestería y control integrado de plagas.

La información contenida en las tablas 2 y 3 corrobora que más del 85% de los estados del país presenta degradación física. Los estados con suelos con mayor degradación física son Tlaxcala, Puebla, Zacatecas, Durango, Querétaro, Nuevo León, Michoacán, Estado de México, Morelos, Baja California y Baja California Sur, con un valor de 51 a 100 ton/ha/año. Los menos erosionados (ligera 0 a 50 ton/ha/año) corresponden a Colima, Nayarit, Aguascalientes, Coahuila, San Luis Potosí, Chihuahua y Jalisco. El 83.3% del territorio mexicano presenta compactación superficial y 94.6% en el subsuelo (piso de arado).

En México, existen pocos casos exitosos en la implementación de prácticas agrícolas sustentables. En el estado de Oaxaca, un pequeño grupo de agricultores han adoptado técnicas agroecológicas. En Chiapas, otros productores también han aplicado las mismas técnicas.

Más de 300 mil hectáreas de tierras agrícolas en todo el país se riegan con aguas residuales principalmente en los estados Jalisco, Hidalgo, Querétaro, Oaxaca, Estado de México, Tlaxcala y Sonora, contaminando tanto el suelo como el agua.

La erosión hídrica es la dominante, ya que el 100% de los estados de la República Mexicana presentan erosión hídrica en diferente forma (láminas, cárcava y barrancas). Los grados de erosión hídrica se clasifican en la escala de fuerte, con la pérdida de suelos suele ser mayor a 100 ton/ha/año. La erosión eólica sólo representa el 18% en forma de dunas.

En México hay 22 grupos de suelo, el Leptosol es el tipo dominante y menos productivo, los Phaeozems y Vertisol tiene alto potencial agrícola. El 92% de los suelos de las entidades federativas de México están contaminadas con sales, sodio, carbonatos, fósforo, cadmio, cloro, plomo, mercurio y zinc. Los suelos de la planicie aluvial costera de Colotepec, Oaxaca, presentan un deficiente drenaje, son irrigada con aguas de pozo de moderada salinidad y acumulan sales en sus 20 cm superiores del suelo.

La degradación química

Por sus características, fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, aguas residuales y metales pesados son las principales sustancias que originan la degradación química. A nivel nacional, el 95% de los suelos presenta determinado nivel de degradación química.

Las entidades federativas de México que usan aguas residuales en la agricultura son Jalisco, Hidalgo, Querétaro, Oaxaca, Estado de México Tlaxcala y Sonora. En el estado de Puebla existen gasoductos que cruzan el Municipio de Acatzingo; ahí se han detectado varios derrames de hidrocarburos de mediano y alto peso molecular, entre ellos los compuestos poliaromáticos, los cuales tienen una naturaleza química hidrofóbica y son adsorbidos en suelos.

En el municipio de Tepeaca (Puebla), los productores utilizan ampliamente plaguicidas organoclorados sobre los cultivares de alfalfa, maíz, col (repollo) y coliflor. Estos compuestos también se incorporan al suelo.

Conclusiones

La agricultura de México es afectada por la degradación química del suelo al utilizar agroquímicos como fertilizantes, herbicidas y fungicidas; los suelos son afectados físicamente por la erosión y la compactación; asimismo los suelos se degradan biológicamente cuando se erosionan, pierden su cobertura vegetal, fauna, flora microscópica como hongos y bacterias, con esto se prueba la hipótesis de que la agricultura en México no es sustentable.

Se cumple con objetivo general al demostrar que la degradación física, química y biológica de los suelos es producto de la actividad agrícola de México llevada a cabo de manera inadecuada. En el plano gubernamental se presenta la carencia de programas y escasas técnicas de conservación de suelos; si se continua con esta tendencia, las generaciones futuras no contarán con alimentos de buena calidad con lo que se pone en riesgo la seguridad alimentaria en nuestro país.

Referencias

- Alcaldía de Medellín. (2025). La agricultura sostenible: Clave en el bienestar de las sociedades. <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/la-agricultura-sostenible-clave-en-el-bienestar-de-las-sociedades>
- Bastida, A. (2023). Qué es la agricultura de temporal y cuál es su importancia. <https://blogagricultura.com/importancia-agricultura-temporal>
- Bautista, A., Arnaud, M. y Carrillo, R. (2010). Elementos traza en dos áreas agrícolas. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 123-131. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v29n2/2395-8030-tl-29-02-00123.pdf>
- Cavazos, J., Pérez, B. y Mauricio, A. (2014). Afectaciones y consecuencias de los derrames de hidrocarburos en suelos agrícolas de Acatzingo, Puebla, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 11, 539-550. <https://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v11n4/v11n4a6.pdf>

- Cherlinka, V. (2025). Conservación del suelo: Cómo manejarla e implementarla. *EOS Data Analytics*. <https://eos.com/es/blog/conservacion-del-suelo>
- Cisneros Estrada, O. X. y Saucedo Rojas, H. (2016). *Reúso de aguas residuales en la agricultura*. IMTA / Semarnat. https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/riego-drenaje/reuso-aguas-residuales.pdf
- Evaristo, A. (2024, 28 de septiembre). Aguas negras en el campo mexicano. *Milenio*. <https://www.milenio.com/opinion/alejandro-evaristo/pa-no-molestar/aguas-negras-en-el-campo-mexicano>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022a). *Censo Agropecuario (CA) 2022: Resultados definitivos*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022b). *Usa la estadística y la geografía para descubrir México*. <https://beta.cuentame.inegi.org.mx/descubre/economia/agricultura/>
- Islas, G. (2015). *Biorremediación de suelos agrícolas contaminados con plaguicidas e hidrocarburos* [Tesis de doctorado]. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco, México.
- Kogut, P. (2025). Degradación del suelo: Técnicas para evitar sus efectos. *EOS Data Analytics*. <https://eos.com/es/blog/degradacion-del-suelo/>
- Landsat. (2024). *Imágenes satelitales obtenidas de Google Earth*.
- Mendoza, S., Cervantes, M., Valenzuela, A., Guzmán, T., Orona, C. y Cervantes, T. (2022). Uso potencial de las aguas residuales en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(1), 117-128. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2789>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). Base referencial mundial del recurso suelo: 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). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/dea292cb-370d-46c7-a44d-59a617953c3b/content>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Sustainable agriculture: A tool to strengthen food security and nutrition in Latin America and the Caribbean: 2014-2015 highlights*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/201efc50-b231-4e00-b601-6717e43cf5c3/content>
- Quadri, G. (2012). *Defender el medio ambiente*. Trillas.
- Ropero, S. (2020, 12 de febrero). Erosión eólica: Definición, tipos y ejemplos. *Ecología Verde*. <https://www.ecologiaverde.com/erosion-eolica-definicion-tipos-y-ejemplos-2566.html>
- Sánchez Bernal, E. I., Ortega Escobar, H. M., Sandoval Orozco, G. T., Hernández, Viruel, R. A. y Estrada Vázquez, C. (2012). Lavado de sales en suelos aluviales costeros de Oaxaca, México, con aguas residuales municipales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(4), 343-360. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n4/v28n4a10.pdf>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Jalisco. (2002). *Programa Rehabilitación y Conservación de Suelos*. <https://www.agricultura>

- gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2018/11/20/1547/20112018-2001-fa-jal-recs.pdf
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). *Tipos de cultivos estacionalidad y cíclicos*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/tipos-de-cultivo-estacionalidad-y-ciclos>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *Productos orgánicos, naturalmente importantes*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/productos-organicos-naturalmente-importantes>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). *Producción de alimentos orgánicos, tendencia exitosa para México*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/produccion-de-alimentos-organicos-tendencia-exitosa-para-mexico>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023, 17 de mayo). *Agricultura, clave para combatir el cambio climático: Villalobos Arámbula* (Comunicado). <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/agricultura-clave-para-combatir-el-cambio-climatico-villalobos-arambula>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Suelos. En *Informe de la situación del medio ambiente en México* (pp. 153-190). <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap3.html>
- Sistema de Investigación y Posgrado. (2018). *Proyecto de investigación Conservación y uso sustentable de los suelos de México* (Clave SIP 20180582). IPN.
- The Food Tech. (2023). *Agricultura sostenible en México para un mejor futuro alimentario*. <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/agricultura-sostenible-en-mexico-para-un-mejor-futuro-alimentario/>
- World Resources Institute. (2025). *Programa de Agricultura Sostenible*. <https://es.wri.org/proyectos/programa-de-agricultura-sostenible>