



Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura

Estado Mundial del Recurso Suelo

Resumen Técnico



© FAO / Giuseppe Bizzari



2015
Año Internacional
de los Suelos

Estado Mundial del Recurso Suelo

Resumen Técnico

Preparado por el Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo

Luca Montanarella (Presidente)

Dan Pennock (Autor principal)

Neil McKenzie (Autor Principal)

Seyed Kazem Alavipanah

Julio Alegre

Abdullah AlShankiti

Dominique Arrouays

Milkha Singh Aulakh

Mohamed Badraoui

Isaurinda Baptista

Helaina Black

Marta Camps Arbestain

Victor Chude

Elsiddig A. E. El Sheikh

David Espinosa Victoria

Jon Hempel

Carlos Roberto Henriquez

Suk Young Hong

Pavel Krasilnikov

Tekalign Mamo

Maria de Lourdes Mendonça-Santos

Jaroslava Sobocká

Miguel Taboada

Pisoot Vijarnsorn

Kazuyuki Yagi

Martin Yemefack

Gan Lin Zhang

Jefe de Redacción

Freddy Nachtergaele

Equipo Editorial

Lucrezia Caon

Nicoletta Forlano

Cori Keene

Matteo Sala

Alexey Sorokin

Isabelle Verbeke

Christopher Ward

Secretaría AMS

Moujahed Achouri

Ronald Vargas

Maryse Finka

Responsabilidad y derechos de autor

FAO y GTIS. 2015.

Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS) – Resumen Técnico.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo, Roma, Italia

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-308960-4

© FAO, 2016

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, imprimir y descargar el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO apruebe los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

Agradecimientos

El informe del Estado Mundial del Recurso Suelo fue posible gracias al compromiso y el trabajo voluntario de los principales científicos e investigadores del suelo del mundo y las instituciones a las que están afiliados. Queremos expresar nuestra gratitud a toda la coordinación de autores principales, autores que contribuyeron, editores y revisores.

También queremos agradecer al personal editorial y a la Secretaría de la AMS por su dedicación en la coordinación de la producción de este primer informe de evaluación.

Se expresa reconocimiento a muchos gobiernos que han apoyado la participación de sus científicos residentes en este importante emprendimiento. En particular, nuestra gratitud a la Comisión Europea quien financió el desarrollo y publicación de este informe.



Contenido

Prefacio	VI
Mensajes clave	VIII
1 Introducción	1
2 Impulsores del cambio mundial del suelo	6
3 Los suelos y la seguridad alimentaria	8
Erosión del suelo	10
Desequilibrio de nutrientes	10
Pérdidas de carbono del suelo y biodiversidad	11
Ocupación del territorio y sellado del suelo	12
Acidificación del suelo, contaminación y salinización	13
Compactación del suelo y anegamiento	15
Gestión sostenible del suelo	15
4 Los suelos y el agua	17
Erosión hídrica, regulación de la calidad del agua superficial y salud de los sistemas acuáticos	17
Filtrado y transformación de contaminantes y calidad del agua subterránea	18
Regulación de la cantidad de agua e inundaciones	19
5 Los suelos y la regulación del clima	21
Pérdida de carbono orgánico del suelo	21
Emisiones de metano del suelo	23
Emisiones de óxido nitroso del suelo	24
6 Los suelos y la salud humana	27
Contaminación del suelo	27
Tendencias	29
7 Los suelos y la biodiversidad	31
8 Tendencias regionales en las condiciones del suelo	33
África al sur del Sahara	36
Asia	40
Europa y Eurasia	44
América Latina y el Caribe	48
Cercano Oriente y Norte de África	52
América del Norte	56
Sudoeste del Pacífico	60
Antártida	64

9 Resumen global de las amenazas a las funciones del suelo	66
10 Política del suelo	68
Educación y sensibilización	68
Sistemas de monitoreo y pronóstico	69
Informar a los mercados	71
Incentivos y regulación apropiados	71
Asegurar la equidad intergeneracional	72
Apoyar la seguridad local, regional e internacional	72
Comprender interconexiones y consecuencias	73
Problemas transversales	74
11 El camino a seguir	76
Referencias	79

Lista de figuras y tablas

Figura 1 Regiones usadas para este informe.	34
Tabla 1 Resumen del estado de las amenazas al suelo, tendencias e incertidumbres en África al sur del Sahara	38
Tabla 2 Resumen del estado de las amenazas al suelo, tendencias e incertidumbres en Asia	42
Tabla 3 Resumen del estado de las amenazas al suelo, tendencias e incertidumbres en Europa y Eurasia	46
Tabla 4 Resumen del estado de las amenazas al suelo, tendencias e incertidumbres en América Latina y el Caribe	50
Tabla 5 Resumen del estado de las amenazas al suelo, tendencias e incertidumbres en el Cercano Oriente y Norte de África	54
Tabla 6 Resumen del estado de las amenazas al suelo, tendencias e incertidumbres en América del Norte	58
Tabla 7 Resumen del estado de las amenazas al suelo, tendencias e incertidumbres en el Suroeste del Pacífico	62
Tabla 8 Resumen de las condiciones y Tendencias para las 10 amenazas al suelo para las regiones (excluyendo la Antártida)	67

Prefacio

Este documento presenta la primera evaluación mundial sobre suelos y temas relacionados.

¿Por qué dicha evaluación no se ejecutó antes? Hemos pasado el suelo por alto durante mucho tiempo. Sin embargo, los suelos son el fundamento para la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, suministrando a las plantas nutrientes, agua y el soporte para sus raíces. Los suelos funcionan como el mayor filtro y tanque de almacenamiento de agua en la Tierra; contienen más carbono que toda la vegetación sobre la tierra, por lo tanto regulan la emisión de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero; y hospedan una tremenda diversidad de organismos de importancia clave para procesos de ecosistemas.

Sin embargo, hemos presenciado un cambio de actitud, especialmente a la luz de las serias preocupaciones expresadas por los profesionales del suelo en todas las regiones acerca de las amenazas severas a este recurso natural. Dado este contexto más auspicioso, en el que la comunidad internacional está reconociendo plenamente la necesidad de una acción concertada, el Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo (GTIS), principal órgano de asesoramiento científico para la Alianza Mundial por el Suelo (AMS) auspiciada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), tomó la iniciativa de preparar esta tan necesitada evaluación.

El lanzamiento de este primer informe “Estado Mundial del Recurso Suelo” fue programado muy apropiadamente con motivo del Año Internacional de los Suelos (2015) declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas. Su publicación fue posible por el compromiso y las contribuciones de reconocidos científicos de la ciencia del suelo y de sus instituciones. Nuestro agradecimiento a los autores principales, autores contribuyentes, editores y revisores que han participado en este esfuerzo, y en particular al Presidente de la GTIS, por su guía dedicada y seguimiento cercano.

Muchos gobiernos han apoyado la participación de sus científicos residentes en el proceso y han contribuido con recursos, garantizando así la participación de expertos de países en desarrollo y países con economías en transición. Adicionalmente, un Resumen Técnico fue aceptado por representantes de los gobiernos reunidos en la Asamblea Plenaria de la AMS, lo que indica su reconocimiento a los varios usos potenciales de este informe. Arreglos aún más comprensivos e inclusivos se buscarán en los preparativos de las versiones más actualizadas.

El informe está dirigido a científicos, políticos y legisladores por igual. Proporciona en particular un punto de referencia esencial, en contraste con la evaluación periódica, e informa de las funciones y la salud general del suelo a nivel mundial y regional. Esto es de particular relevancia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que la comunidad internacional se comprometió a alcanzar. De hecho, estos objetivos sólo pueden alcanzarse si los recursos naturales cruciales - de los cuales el suelo forma parte - son gestionados de forma sostenible.

El mensaje principal de esta primera edición es que, a pesar de que existe una causa para el optimismo en algunas regiones, la mayoría del recurso suelo del mundo está en una condición aceptable, pobre o muy pobre. Hoy en día, el 33 por ciento de la tierra se encuentra de moderada a altamente degradada debido a la erosión, salinización, compactación, acidificación y la contaminación química de los suelos. Una mayor pérdida de suelos productivos dañaría severamente la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, incrementaría la volatilidad de los precios de alimentos, y potencialmente sumiría a millones de personas en el hambre y la pobreza. Pero el informe también ofrece evidencia de que esta pérdida del recurso suelo y sus funciones pueden ser evitadas. La gestión sostenible del suelo (entendida a su vez como el manejo sostenible del suelo), utilizando conocimiento científico, conocimiento local, y enfoques y tecnologías probadas, basadas en evidencia, pueden incrementar el suministro de alimentos nutritivos, proporcionar una valiosa herramienta para la regulación del clima y salvaguardar los servicios de los ecosistemas.

Podemos esperar que los extensos contenidos analíticos de este informe sean de gran ayuda en galvanizar acciones a todos los niveles hacia la gestión sostenible de los suelos, también en línea con las recomendaciones contenidas en la actualización de la Carta Mundial del Suelo y como una firme contribución para lograr los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Estamos orgullosos de hacer esta primera edición del informe del Estado Mundial del Recurso Suelo disponible para la comunidad internacional, y reiterar una vez más nuestro compromiso por un mundo libre de pobreza, el hambre y la malnutrición.

JOSÉ GRAZIANO DA SILVA
Director-General de la FAO



Los suelos son fundamentales para la vida en la Tierra

El objetivo del Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo (GTIS) en este primer informe del Estado Mundial del Recurso Suelo es establecer conexiones esenciales sólidas entre el bienestar humano y el suelo. El informe proporciona un punto de referencia frente al cual nuestro progreso colectivo para gestionar y conservar este recurso esencial pueda ser medido.

El informe sintetiza el trabajo de unos 200 científicos del suelo procedentes de 60 países. Esto proporciona una perspectiva global sobre el estado actual del suelo, su función de proporcionar servicios de ecosistemas, y las amenazas a la continua contribución a estos servicios. Las amenazas específicas consideradas en el informe son la erosión del suelo, compactación, acidificación, contaminación, sellado, salinización, anegamiento, desequilibrio de nutrientes (por ejemplo, tanto la deficiencia de nutrientes y el exceso de nutrientes), y las pérdidas de carbono orgánico del suelo (COS) y de la biodiversidad.

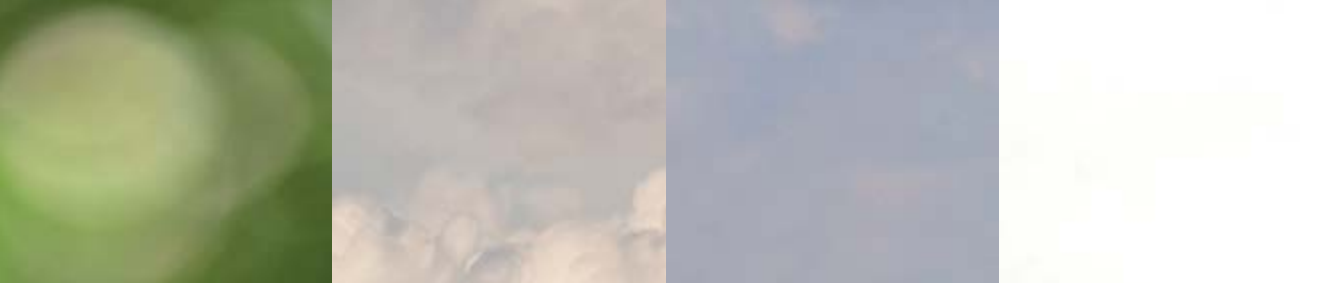
Mientras hay causas para el optimismo en algunas regiones, la abrumadora conclusión del informe es que la mayoría del recurso suelo del mundo está en una condición aceptable, pobre o muy pobre. Las amenazas más significativas para la función del suelo a escala global son la erosión del suelo, la pérdida del carbono orgánico del suelo (COS), y el desequilibrio de nutrientes. El panorama actual señala que el estado de los suelos se agravará cada vez más, salvo que individuos, e sector privado, gobiernos y organizaciones internacionales tomen acciones concertadas y acertadas hacia la gestión sostenible del suelo.

En general, el Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo considera que las siguientes cuatro acciones son las mayores prioridades:

1. La gestión sostenible del suelo puede incrementar el suministro de alimentos saludables y contribuir a reducir la inseguridad alimentaria de la población mundial. Específicamente, nosotros como población debemos minimizar la degradación de los suelos y restaurar la productividad de los suelos que ya están degradados, en aquellas regiones donde las personas son más vulnerables.
2. Los depósitos globales de materia orgánica en el suelo (por ejemplo, COS y organismos del suelo) deben ser estabilizados o incrementados. Cada nación debe identificar localmente prácticas de manejo apropiadas para la mejora del COS y facilitar su implementación. También deben trabajar hacia un objetivo a nivel nacional de lograr un balance neto estable o positivo de COS.
3. Existen evidencias convincentes que la humanidad está cerca de los límites globales para la fijación total de nitrógeno y los límites regionales para el uso de fósforo. Por lo tanto debemos actuar para estabilizar o reducir el uso global de fertilizantes con nitrógeno (N) y fósforo (P), y al mismo tiempo incrementar el uso de fertilizantes en las regiones con deficiencia de nutrientes. El incremento de la eficiencia en el uso del N y P por las plantas es un requisito clave para alcanzar este objetivo.
4. Las evaluaciones regionales en este informe frecuentemente basan sus evaluaciones en estudios de la década de 1990 basados en observaciones hechas en la década de 1980 o anteriores. Debemos mejorar nuestro conocimiento sobre el estado actual y las tendencias en las condiciones del suelo. Un énfasis inicial debe centrarse en la mejora de los sistemas de observación para supervisar nuestro progreso en el logro de las tres prioridades indicadas anteriormente.

Reconocemos que las respuestas de la sociedad requeridas para abordar estas prioridades son complejas y multifacéticas. La implementación de las decisiones sobre la gestión del suelo se realiza típicamente de manera local y ocurre dentro de contextos socioeconómicos muy diferentes. El desarrollo de medidas específicas apropiadas para su adopción por parte de las autoridades decisoras locales requiere iniciativas múltiples e interdisciplinarias de las muchas partes interesadas.

Esperamos que la producción de este primer informe del Estado Mundial del Recurso Suelo en 2015, el Año Internacional del Suelo, impulse nuestros esfuerzos colectivos para lograr la adopción global de la gestión sostenible del suelo.



Resumen Técnico

Estado Mundial del Recurso Suelo



© Matteo Sala



© Matteo Sala



© Matteo Sala



© Lucrezia Caon

Introducción

Los suelos son fundamentales para la vida en la Tierra, pero las presiones humanas sobre el recurso suelo está llegando a límites críticos. Una mayor pérdida de suelos productivos incrementará la volatilidad de precios de los alimentos y potencialmente causará que millones de personas vivan en la pobreza. Esta pérdida es evitable. La gestión cuidadosa del suelo puede incrementar el abastecimiento de alimentos, y provee una herramienta valiosa para la regulación del clima y un camino para salvaguardar los servicios de los ecosistemas.

Alcanzar una gestión sostenible del recurso suelo generará grandes beneficios para todas las comunidades y naciones. En algunas partes del mundo será clave para la prosperidad económica y en otros incluso será importante para su seguridad nacional a corto y medio plazo. Sea cual sea el contexto, una política efectiva basada en evidencias sólidas es esencial para un buen resultado.

La consideración del suelo en la formulación e implementación de políticas ha sido débil en la mayor parte del mundo. Las razones incluyen las siguientes:

- Falta de acceso rápido a las evidencias necesarias para la acción política.
- El reto de tratar con los derechos de propiedad para un recurso natural que a menudo es de propiedad privada y al mismo tiempo un importante bien público.
- Las largas escalas de tiempo involucradas en el cambio del suelo - algunos de los cambios más importantes ocurren durante décadas y pueden ser difíciles de detectar. Como resultado, comunidades e instituciones pueden no responder hasta que se hayan superado los umbrales críticos e irreversibles.

Tal vez, incluso aún más significativa para los políticos, es la desconexión entre nuestras crecientes sociedades humanas urbanizadas y el suelo. La proporción de trabajo humano dedicado a trabajar el suelo ha disminuido constantemente durante el siglo pasado, y por lo tanto la experiencia del contacto directo con el suelo ha disminuido en la mayoría de las regiones. El suelo es muy diferente en este sentido al alimento, energía, agua y aire, a los cuales cada uno de nosotros requiere un acceso constante y seguro. Más que nunca la sociedad humana en su totalidad depende de los productos del suelo, así como de los servicios intangibles que proporciona para el mantenimiento de la biosfera.

Nuestro objetivo en el informe del Estado Mundial del Recurso Suelo es dejar claro estas conexiones esenciales entre el bienestar humano y el suelo, y proporcionar un punto de referencia a partir del cual nuestro progreso colectivo por conservar este recurso imprescindible pueda ser medido.

Este informe proporciona un resumen de las principales recomendaciones del informe completo. Las referencias son hechas en el informe principal en forma de notas al pie. Por razones de legibilidad el texto del informe principal no siempre es citado según el texto original. El informe no presume ser prescriptivo. En cambio, su objetivo es proporcionar el contexto global necesario y una estructura preliminar para el desarrollo de respuestas políticas duraderas y efectivas a nivel nacional y regional.

La Gestión Sostenible del Suelo (GSS) es un concepto clave fundamental para este informe. La definición de GSS utilizada a través de este documento se extrae directamente de la Carta Mundial del Suelo 2015:

La Gestión del Suelo es sostenible si el apoyo, aprovisionamiento, regulación y servicios culturales proporcionados por el suelo son mantenidos o ampliados sin perjudicar de manera significativa, ya sea las funciones del suelo que permiten a dichos servicios o la biodiversidad.

Este informe se centra sobre diez amenazas para las funciones del suelo: erosión del suelo, pérdida del COS, desequilibrio de nutrientes, acidificación del suelo, contaminación del suelo, anegamiento, compactación del suelo, sellado del suelo, salinización y pérdida de la biodiversidad del suelo.

El desequilibrio de nutrientes ocurre cuando el suministro de nutrientes (a través de adiciones de químicos y fertilizantes orgánicos u otras fuentes) es: a) insuficiente para permitir que los cultivos alcancen su desarrollo y rendimiento o b) excesivo durante la cosecha de los cultivos. La insuficiencia de nutrientes contribuye a la inseguridad alimentaria. El exceso de nutrientes es un mayor contribuyente al deterioro de la calidad del agua y a las emisiones de gases de efecto invernadero (especialmente el óxido nitroso (N₂O)) a la atmósfera procedentes de fuentes agrícolas. .

La acidificación del suelo es la disminución del pH del suelo debido a la acumulación de iones de hidrógeno y aluminio en el suelo, y la pérdida asociada de cationes básicos tales como el calcio, magnesio, potasio y sodio del suelo debido a la lixiviación o remoción del producto.

La pérdida de la biodiversidad del suelo es una declinación en la diversidad de micro y macro-organismos presentes en el suelo.

La compactación del suelo es el incremento en la densidad y disminución de macroporosidad en el suelo, que resulta de la aplicación de presión a la superficie del mismo. La compactación impide las funciones de ambos, el suelo superficial y subsuelo, e impide la penetración de las raíces y el intercambio de agua y gases.

La contaminación del suelo es la adición de productos químicos o materiales al suelo que tienen un efecto adverso significativo sobre cualquier organismo o en las funciones del suelo. Un contaminante puede ser definido como cualquier químico o material fuera de lugar, o presente en concentraciones más altas que las normales.

La erosión del suelo es la remoción del suelo de la superficie de la tierra por el agua, viento o labranza. La erosión hídrica ocurre principalmente cuando el flujo superficial transporta partículas del suelo desprendidas por el impacto de las gotas de lluvia o la escorrentía superficial, a menudo dando lugar a canales claramente definidos, tales como surcos o cárcavas. La erosión eólica ocurre cuando el suelo seco, suelto, sin cobertura es sometido a fuertes vientos y las partículas de suelo se desprenden de la superficie del suelo y son transportadas a otro lugar. La erosión por labranza es el movimiento directo del suelo pendiente abajo por los implementos de labranza y resulta en la redistribución del suelo dentro de un campo. La erosión es un proceso natural pero la tasa de erosión es típicamente incrementada (o acelerada) por la actividad humana.

La pérdida de carbono orgánico del suelo (COS) es la pérdida de carbono orgánico almacenado en el suelo; ocurre principalmente debido a a) la conversión del carbono del suelo en dióxido de carbono (CO_2) o metano (CH_4), siendo ambos gases de efecto invernadero, y b) a la pérdida física de carbono del suelo por la erosión.

La salinización del suelo es la acumulación de sales en el suelo. Las sales acumuladas incluyen sodio, potasio, magnesio y calcio, cloruro, sulfato, carbonato y bicarbonato. La salinización primaria o natural involucra la acumulación de sales a través de procesos naturales debido al alto contenido de sal en el material de origen, aguas subterráneas, o la acumulación a largo plazo de las sales contenidas en las aguas de lluvia. La salinización secundaria o salinización inducida por el hombre es causada por las intervenciones humanas tales como las prácticas de riego inapropiadas, por ejemplo, el riego con agua rica en sal y/o drenaje insuficiente. Sólo la salinización inducida por el hombre es considerada como una amenaza para las funciones del suelo en este informe. La sodificación puede ser asociada con la salinización, y es la acumulación de sodio y/o sales de sodio en las fases sólidas y/o líquidas del suelo. El resultado del proceso de sodificación es la alta proporción de sodio intercambiable dentro del total de las bases intercambiables.

El sellamiento del suelo es la cobertura permanente de un área de la tierra y su suelo por material artificial impermeable (como asfalto y concreto): por ejemplo, a través de edificios y caminos. **La ocupación del territorio** es el incremento del área de asentamientos en el tiempo. Esto incluye el desarrollo de asentamientos dispersos en las áreas rurales, la expansión de las áreas urbanas en torno a un núcleo urbano, la conversión de la tierra dentro de un área urbana (densificación), así como la expansión de la infraestructura de transporte, tales como caminos, carreteras y vías férreas.

El anegamiento del suelo ocurre cuando el suelo está muy húmedo y es insuficiente el oxígeno en el espacio de los poros para que las raíces de las plantas puedan respirar adecuadamente. Otros gases perjudiciales para el crecimiento de raíces, tales como dióxido de carbono y etileno, también se acumulan en la zona de las raíces y afectan a las plantas. Muchos suelos son anegados naturalmente, y esto sólo es considerado como una amenaza cuando los suelos que fueron previamente aeróbicos (por ejemplo, con oxígeno adecuado en el espacio poroso) pasan a ser anegados.

En este informe, servicios de ecosistemas individuales (por ejemplo, regulación de la calidad del agua o el ciclo de nutrientes) son agrupados en temas más amplios para que la conexión entre los suelos y los mayores desafíos que enfrenta la humanidad quede más clara. Después de un breve resumen de las principales causas de la degradación del suelo, nos fijamos en las consideraciones de la seguridad alimentaria, el cambio climático, el agua, la salud humana y la conservación de la biodiversidad. En cada sección nos basamos en las evaluaciones regionales del informe principal para resumir las principales tendencias en el estado del suelo. Los resúmenes de cada evaluación regional se presentan en la sección 10, seguida por una sección que resume las vías políticas para mejorar la gobernanza del suelo. Los resúmenes regionales fueron desarrollados por los miembros del GTIS y otros reconocidos científicos del suelo de cada región, y sintetizan el estado y la tendencia de las amenazas del suelo en cada región. El resumen concluye con una serie de acciones a realizar por parte de diferentes actores que son requeridas para lograr la adopción de la gestión sostenible del suelo como se especificó en la Carta Mundial del Suelo.



Impulsores del cambio global del suelo

Los principales impulsores globales del cambio del suelo son el crecimiento poblacional y el crecimiento económico. Mientras el crecimiento económico puede eventualmente ser desacoplado de incrementos en el consumo de recursos, la generación de residuos continuará siendo un fuerte impulsor del cambio del suelo al menos durante las siguientes décadas. Factores relacionados e importantes en el cambio del suelo tales como educación, valores culturales, conflictos civiles, eficacia de los mercados y riqueza o pobreza de los usuarios de la tierra son discutidos en el informe principal.

El siglo XX ha presenciado el crecimiento extraordinario de población y la economía, y una revolución asociada en la agricultura. Entre 1961 y 2000, la población mundial creció un 98 por ciento pero la producción alimentaria aumentó en un 146 por ciento y la producción per cápita de alimentos se incrementó en un 24 por ciento. Los rendimientos de los cultivos se han más que duplicado y notablemente, el área de tierra cultivable en uso sólo se incrementó en un ocho por ciento. La tierra cultivable per cápita se redujo sustancialmente (de 0,45 a 0,25 ha). La clave de este período fue el incremento dramático de los insumos agrícolas y los avances en la mejora de cultivos. El uso de fertilizantes con nitrógeno se incrementó por un factor de siete, fertilizantes con fósforo por un factor de tres y el agua de riego por un factor de dos.

Se ha estimado que la población mundial de 7,2 billones a mediados de 2013 se incrementará en casi un billón para el 2025. Se espera que alcance 9,6 billones en el 2050 y 10.9 billones en 2100. La mayor parte de este crecimiento ocurrirá en los países de bajo-ingreso. Muchos de estos países (por ejemplo, en África occidental) tienen suelos infértiles y bajos niveles de productividad agrícola.¹

Las estimaciones de la demanda mundial de alimentos sobre la base de estas predicciones de población y en los cambios dietéticos esperados indican que la producción en el 2050 deberá incrementarse en un 40-70 por ciento en comparación con el 2010.²



Sin embargo, las estrategias del siglo XX que simplemente incrementan los insumos agrícolas son problemáticas debido a las implicaciones de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, la creciente escasez de insumos y la disponibilidad limitada de agua de bajo costo.

La población mundial también es cada vez más urbanizada. Una de las consecuencias es la expansión urbana invadiendo tierras agrícolas de buena calidad. La tasa de sellamiento del suelo (por ejemplo, la cobertura permanente de la superficie del suelo con materiales impermeables artificiales como el asfalto y concreto, típicamente relacionados al desarrollo urbano y la construcción de infraestructura) es ahora un serio problema mundial. Según las Naciones Unidas, el 54 por ciento de la población mundial residía en áreas urbanas en el 2014. Más aún, se espera que todas las regiones se urbanicen más y para el 2050, se estima que el 66 por ciento de la población mundial será urbana.³

El cambio climático es un fuerte impulsor adicional del cambio de suelo a través de sus efectos actuales y anticipados sobre el uso y la gestión de la tierra. El impacto del cambio climático sobre el funcionamiento del suelo es la mayor fuente de incertidumbre en cualquier proyección de las tendencias en los servicios de los ecosistemas claves proporcionados por el suelo. El cambio climático tendrá impactos significativos en el recurso suelo. Por ejemplo, el cambio en la disponibilidad de agua debido a cambios en la cantidad y el patrón de precipitación, y temperaturas más altas que implican una mayor demanda de evaporación, influirán en la tasa de evaporación real, recarga de aguas subterráneas, y la generación de escorrentía de acuerdo a condiciones locales. Los cambios inducidos por el calentamiento en la temperatura del suelo y regímenes de humedad pueden incrementar la tasa de descomposición del COS y la aceleración de los riesgos de erosión y desertificación que pueden tener una retroalimentación reforzada sobre el cambio climático. Un aumento del nivel del mar asociado con el cambio climático incrementará la erosión costera y el retroceso de la costa. En las tierras bajas costeras que están insuficientemente defendidas por el suministro de sedimentos o diques, inundaciones por mareas por agua salina tenderán a penetrar más hacia el interior que en el presente, extendiendo el área de suelos perennemente o estacionalmente salinos.⁴

Los suelos y la seguridad alimentaria

Existe consenso general sobre las estrategias relacionadas con el suelo para incrementar el suministro de alimentos mientras se minimizan los impactos ambientales dañinos.

La primera estrategia es evitar la pérdida de productividad debido a la degradación del suelo y restaurar la productividad de los suelos que previamente han experimentado pérdida de la misma. La reducción en futuras pérdidas de productividad debidas a la degradación es esencial para mantener el área actualmente usada para la producción del cultivo y por lo tanto, evitar las conversiones inadecuadas del uso de la tierra.

El mayor obstáculo para mejorar las funciones del suelo y otros servicios de los ecosistemas en muchos paisajes degradados es la ausencia de nutrientes y de insumos orgánicos. Incluso si los insumos están disponibles, la restauración de la productividad en los suelos degradados puede ser difícil porque los suelos podrían haber sido degradados hasta el punto en que no pueden responder fácilmente a las técnicas de manejo de mejora de la fertilidad.

La segunda estrategia, el cierre de la brecha en el rendimiento, es muy prometedora. La brecha de rendimiento es la diferencia entre el rendimiento de los cultivos observados en cualquier lugar dado y el rendimiento potencial del cultivo en el mismo lugar, si las mejores prácticas y tecnologías agrícolas fueran aplicadas. La mayor brecha de rendimiento se da en América Central, la mayor parte de África occidental y oriental, y el Este de Europa, debido primordialmente a las limitaciones de nutrientes. Problemas más pequeños relacionados con la limitación de nutrientes también existen en el Norte de la India y en toda China, aunque áreas más grandes experimentan un exceso de nutrientes en estos dos países.⁵

La tercera estrategia es asegurar que el uso del suelo y la gestión mantengan o amplíen el almacenamiento de carbono en el suelo y el conjunto de la biodiversidad. Por ejemplo, esto requiere promover prácticas agrícolas y gestión de tierras sostenibles en todas las regiones, deteniendo donde sea posible la expansión agrícola en objetivos sensibles de biomasa



(por ejemplo, la tala de bosques altos y bosques bajos, la conversión de pastizales en tierras de cultivo, o el drenaje de humedales) debido al daño ambiental por la liberación de carbono y el impacto sobre la biodiversidad. Igualmente, el sellado de suelos productivos agrícolas debe ser controlado.

La cuarta estrategia consiste en incrementar la eficiencia con la que los insumos agrícolas tales como el riego, fertilizantes y pesticidas son usados en los sistemas de agricultura. Esta estrategia reduce el impacto ambiental y a la salud humana de los sistemas agrícolas de altos insumos en lugar de aumentar el suministro de alimentos directamente, pero también incrementa el rendimiento económico a los productores por la aplicación de estos insumos.⁶ Muchas de las principales amenazas al suelo examinadas en este informe tienen implicaciones para la provisión de alimentos y se resumen brevemente en el resto de la sección 3.

Erosión del suelo

Una síntesis del meta-análisis sobre la relación erosión del suelo-productividad sugiere que una pérdida media mundial de 0,3 por ciento del rendimiento anual de los cultivos ocurre debido a la erosión.⁷ Si esta tasa de pérdida continúa sin cambios en el futuro, una reducción total del 10 por ciento del rendimiento potencial anual podría ocurrir para el año 2050. Esta pérdida de rendimiento debido a la erosión podría ser equivalente a la eliminación de 150 millones de ha de producción de cultivos o 4,5 millones de ha año⁻¹ (aproximadamente un campo de fútbol cada cinco segundos).⁸

En general existen mayores diferencias en la condición y la tendencia a la erosión del suelo en las diferentes regiones. Partes de Europa, Norteamérica, y el Sudoeste del Pacífico generalmente muestran una tendencia a mejorar, aunque esto viene tras muchas décadas de pérdida significativa del suelo debido a la erosión asociada con la expansión agrícola. África sub-sahariana tiene una tendencia variable a la erosión, mientras que Asia, Latinoamérica y el Caribe, el Cercano Oriente y Norte de África tienen condiciones de erosión pobre o muy pobre y una tendencia al deterioro. En esta última región, la erosión eólica es la principal causa de las muy pobres condiciones del suelo y su tendencia.

Mientras las tasas de erosión del suelo son todavía demasiado altas en áreas extensas de tierras de cultivo y pastizales, las tasas de erosión han sido significativamente reducidas en varias áreas del mundo en las últimas décadas. El mejor ejemplo documentado es la reducción de las tasas de erosión en las tierras de cultivo en los Estados Unidos. Las tasas medias de erosión hídrica en las tierras de cultivo fueron reducidas de 10,8 a 7,4 toneladas ha⁻¹ año⁻¹ entre 1982 y 2007, mientras que las tasas de erosión eólica se redujeron de 8,9 a 6,2 toneladas ha⁻¹ año⁻¹ durante el mismo lapso de tiempo.⁹ Aunque peor documentadas, disminuciones significativas en la erosión ocurren donde la labranza mínima ha sido adoptada, tal como en áreas grandes en América Latina.

Desequilibrio de nutrientes

Los suelos infértiles y el bajo suministro de nutrientes a cultivos en algunas regiones son un importante contribuyente a la brecha de rendimiento. Como se describió anteriormente, varios estudios recientes y las evaluaciones regionales preparadas para este informe indican que la diferencia de rendimiento es mayor en América Latina, gran parte de África occidental y oriental, y el Este de Europa.

El balance suelo-nutriente puede ser evaluado a través de un balance de masas de los aportes de nutrientes, las salidas y los cambios en el almacenaje en el suelo.¹⁰ Un balance negativo indica la extracción de los nutrientes del suelo. En 2010 un meta-análisis de 57 estudios en África encontró que los balances de N eran en gran parte negativos y los de P fueron negativos en el 56 por ciento de los estudios.¹¹ En Asia balances tanto fuertemente positivos como fuertemente negativos han sido reportados.¹²

Muchos estudios enfatizan la incapacidad de los fertilizantes minerales como única alternativa para incrementar significativamente la producción de alimentos en las regiones donde la brecha de rendimiento es mayor, a no ser que el aporte significativo de materia orgánica a través de los residuos de cultivo o abonos también ocurra. La eliminación de las limitaciones de los nutrientes a través de adiciones de fertilizantes minerales por sí sola también exacerbará el rango de problemas ambientales (por ejemplo, emisión de N₂O del N-fertilizante, contaminación de la superficie y aguas subterráneas) en todas las regiones de producción de alimento a no ser que la eficiencia de los insumos agrícolas pueda ser incrementada.¹³

Análisis recientes sugieren que globalmente mayores adiciones anuales de N en los sistemas agrícolas no pueden ocurrir sin causar daño ambiental significativo, y que las adiciones de P exceden los límites de seguridad en varias regiones agrícolas de importancia. En estas regiones, las mejoras en la eficiencia del uso de nutrientes son esenciales y deberían dar lugar a reducciones sustanciales en el uso de insumos agrícolas. Por el contrario, las regiones con los balances de nutrientes fuertemente negativos y grandes diferencias de rendimiento requieren incrementos en los insumos y un enfoque similar en la eficiencia del uso de nutrientes. Esta tarea es especialmente difícil en los países de bajos-ingresos, donde los agricultores de subsistencia no pueden pagar los insumos para mejorar la fertilidad de sus suelos empobrecidos.¹⁴

Pérdidas de carbono del suelo y biodiversidad

El carbono orgánico del suelo (COS) y la biodiversidad de los suelos son comúnmente vinculados a las tres dimensiones de la seguridad alimentaria: incremento de la disponibilidad de alimentos, la restauración de la productividad en suelos degradados, y la resiliencia de los sistemas de producción de alimentos.

El papel del COS y la biodiversidad del suelo en el incremento de la disponibilidad de alimentos están inextricablemente unidas -incremento en el COS y la biodiversidad son generalmente beneficiosos para la producción agrícola, y las disminuciones en ambos son igualmente perjudiciales para los cultivos; sin embargo proporcionar evidencia para estas cualitativas afirmaciones y el establecimiento de relaciones predictivas ha sido difícil porque el crecimiento del cultivo depende de una serie de factores que interactúan.

La investigación en las tierras tropicales y semi-tropicales ha establecido que los insumo de materia orgánica a través de la devolución de los residuos y fuentes externas de material orgánico, tales como el estiércol y abono al suelo, son esenciales para la restauración de la fertilidad en los suelos degradados, pero que la baja producción de residuos y el uso competitivo de residuos y abonos limita la adopción de estos enfoques para incrementar el COS.¹⁵ Alcanzar un aumento en las reservas de carbono sin una fuente externa de nutrientes es extremadamente difícil en suelos que están fuertemente degradados y son naturalmente infértiles.

Una última medida para la mejora del incremento del COS y el mantenimiento de la biodiversidad del suelo es incrementar la resiliencia del suelo para la producción de alimentos, especialmente su capacidad para soportar la interrupción debido al cambio climático inducido por el hombre. El carbono orgánico del suelo amortigua el impacto de los fenómenos climáticos extremos en los suelos y los cultivos por (i) la regulación del suministro de agua para las plantas, (ii) la reducción de la erosión a través de la disminución de la escorrentía, y (iii) proporcionando sitios para la retención y liberación de nutrientes.

Ocupación del territorio y sellado del suelo

La ocupación del territorio afecta a la seguridad alimentaria ya que en muchos países afecta preferentemente a las tierras agrícolas. Por ejemplo, el 70,8 por ciento de la ocupación del territorio en la Unión Europea entre 1990 y 2000 afectó a tierras agrícolas. Esto ha disminuido al 53,5 por ciento entre 2000 y 2006. El impacto fue estimado equivalente a una pérdida de más de 6 millones de toneladas de trigo durante el período completo (p. 170, informe principal) lo cual equivale a una pérdida del 1 por ciento del potencial de capacidad de producción. Mientras esto puede parecer una pérdida marginal, el efecto global de tales pérdidas en diferentes regiones hace que la tarea de incrementar la producción de alimentos en aproximadamente un 70 por ciento para el año 2050 sea mucho más difícil.

La ocupación del territorio y el sellado del suelo son considerados como la mayor amenaza para las funciones del suelo en Europa y Eurasia. La urbanización de la población está, sin embargo, incrementando en cada región, y por lo tanto la tendencia en cada región se está deteriorando. Un análisis del 2009 encontró que en el 2000 la extensión de las áreas urbanas fue globalmente 657.000 km², equivalente al 0,45 por ciento de la superficie de la Tierra. Siguiendo con las actuales tasas de urbanización, la pérdida debida al sellado del suelo podría duplicarse en los próximos 20 años e incluso triplicarse en los países en desarrollo para el 2030.¹⁶ Medidas de mitigación apropiadas puedan ser tomadas con el fin de mantener algunas funciones del suelo y reducir los efectos negativos sobre el medio ambiente y el bienestar humano.

Acidificación del suelo, contaminación y salinización

Estas tres amenazas conducen a cambios en la química del suelo que pueden, una vez se sobrepasan umbrales específicos, conducir a una disminución significativa en los rendimientos de los cultivos.

Los suelos naturalmente acidificados son comunes en áreas bien drenadas donde la precipitación excede a la evapotranspiración y causa la pérdida de cationes básicos del perfil del suelo. La acidificación de los suelos agrícolas inducida por el hombre está inicialmente asociada con la eliminación de productos o el incremento de aportes de nitrógeno (N) y azufre (S) (por ejemplo, pastos de leguminosas, insumos de fertilizantes o deposición atmosférica). Los suelos con baja capacidad amortiguadora del pH son los más prevalentes cuando tienen un bajo contenido en minerales no resistentes a la intemperie (por ejemplo, suelos antiguos fuertemente meteorizados o suelos desarrollados a partir de materiales ricos en cuarzo).¹⁷ La acidificación es una amenaza significativa para los rendimientos de los cultivos en países tales como Australia y en áreas de Sud América, el Sudeste de Asia y el África sub-Sahariana.¹⁸

La contaminación del suelo ocurre a partir de una amplia variedad de causas. En regiones con sectores industriales consolidados y un marco regulatorio bien desarrollado tales como Europa, Norte América, y partes del suroeste del Pacífico, el problema principal es la identificación y remediación de lugares legados con contaminación. Países con industrialización rápida continúan experimentando nuevos niveles de contaminación. Por ejemplo, en China un 19,4 por ciento de las tierras agrícolas han sido estimadas como contaminadas con cadmio, níquel y arsénico por el Ministerio de Protección Medio Ambiente.¹⁹

Las vías de contaminación pueden implicar la deposición atmosférica, aplicación de herbicidas y pesticidas, y metales pesados en los fertilizantes y en aplicaciones de residuos en tierra firme. La contaminación está examinada con más detalle en la Sección 6.1 de este Informe Resumido.

La salinización es una consecuencia de procesos naturales (primarios) e inducidos por el hombre (secundarios). A pesar de la extensión y la gravedad del problema, no hay estadísticas precisas y recientes que estén disponibles sobre la extensión global de suelos salinizados.²⁰ La salinización reduce los rendimientos de los cultivos y, por encima de ciertos umbrales, elimina completamente la producción de cultivos.

La principal causa antropogénica de la salinización son proyectos de riego a gran escala inadecuadamente diseñados. Actualmente, el riego de las tierras agrícolas es responsable del 70 por ciento de las extracciones de agua subterránea y superficial, y en algunas regiones la competencia por los recursos hídricos está obligando a los regantes a extraer agua a un ritmo insostenible. La utilización de aguas superficiales o subterráneas para el riego interrumpe el ciclo natural del agua y puede estresar ecosistemas y comunidades aguas abajo. El uso eficiente del agua en sistemas de riego puede ser mejorado a través de prácticas de gestión que reducen las pérdidas del sistema (por ejemplo, fugas de los sistemas de suministro), la evaporación del suelo y la propia infraestructura. El riego puede potencialmente incrementar la salinidad del suelo en las regiones secas con alto contenido de sal en el subsuelo. Donde ocurre la salinización, se necesita riego adicional para mover las sales más allá de la zona de las raíces de los cultivos, lo que puede exacerbar aún más el estrés hídrico, particularmente cuando se utilizan aguas subterráneas.²¹

La creciente escasez de agua para riego junto con los desafíos técnicos de la construcción de sistemas sostenibles son restricciones significativas en la expansión de los esquemas de riego convencional. Sin embargo, hay potencial significativo en África para el desarrollo de sistemas de riego diversificados de manera local que dependerían primordialmente de aguas subterráneas someras que son repuestas anualmente.

Compactación del suelo y anegamiento

Ambas amenazas crean problemas de enraizamiento en las plantas, reduciendo por tanto los rendimientos. El agotamiento de oxígeno asociado al anegamiento pueden también causar que contaminantes tales como el arsénico resulten móviles en el suelo, y una serie de problemas ambientales surgirán de este cambio de movilidad de los elementos tóxicos.

Las evaluaciones regionales muestran que la compactación es común y está deteriorando Asia, América Latina y el Caribe, y las regiones del Cercano Oriente y Norte de África, y se presenta en condiciones aceptables o buenas en las cuatro regiones restantes. El sobrepastoreo y la propagación de la agricultura mecanizada en regiones tales como Asia y América Latina y el Caribe son citados como factores principales que contribuyen a la compactación.

El anegamiento crónico no es considerado una amenaza principal en ninguna de las regiones. Sin embargo, el problema relacionado pero separado de la inundación es un problema mayor en varias regiones.

Gestión sostenible del suelo

Los principios generales de la gestión sostenible del suelo para apoyar el incremento de la seguridad alimentaria son, en su mayor parte, bien entendidos. Un número de amenazas al suelo pueden ser simultáneamente atendidas por la adopción de específicas prácticas de gestión. Las prácticas de mayor relevancia para los suelos son:

1. Nutrición mejorada de las plantas a través de medidas equilibradas que incluyen la rotación de cultivos con cultivos fijadores de N, un uso juicioso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, y enmiendas dirigidas, tales como la cal, para hacer frente a las condiciones químicas específicas del suelo (por ejemplo, una alta acidez);
2. Minimizar la perturbación del suelo evitando la labranza mecánica a través de la adopción de labranza de conservación y sistemas de no-labranza o labranza cero; y
3. Ampliar y mantener una cubierta orgánica protectora en la superficie del suelo usando cultivos de cobertura y los residuos de cultivos.

Estas prácticas de gestión están altamente interrelacionadas y todas minimizarán en el largo plazo amenazas específicas al suelo, tales como la erosión del suelo por el viento, el agua, y la labranza, la pérdida de COS (y por lo tanto reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera), y la compactación del suelo y su deterioro físico; también parece probable que estas medidas reducirían la pérdida de la biodiversidad del suelo. El uso acertado de fertilizantes con N también podría minimizar en lo posible las emisiones de N₂O de los suelos. La reducción de estas amenazas a su vez mejorará los servicios de apoyo ofrecidos por el suelo y por lo tanto servicios de regulación, aprovisionamiento y culturales que dependen de estos servicios de apoyo.



Los suelos y el agua

Las cantidades de agua dulce que se mueven hacia, a través y fuera del suelo cada año son realmente enormes. Se ha estimado que la precipitación total anual sobre las masas de tierra es de $116\,500 \pm 5\,100 \text{ km}^3 \text{ año}^{-1}$ - equivalente a aproximadamente cinco veces el agua almacenada en los Grandes Lagos de Norteamérica. El sesenta por ciento de dicha precipitación ($70\,600 \pm 5\,000 \text{ km}^3 \text{ año}^{-1}$) vuelve a la atmósfera a través de la evapotranspiración. El 40 por ciento restante ($45\,900 \pm 4\,400 \text{ km}^3 \text{ año}^{-1}$) abandona los continentes como escorrentía o volviendo a los cursos de agua a través del sistema de flujo de agua subterránea después de pasar a través del suelo.²³

Erosión hídrica, regulación de la calidad del agua superficial y salud de los sistemas acuáticos

El agua que no se infiltra y por lo tanto fluye sobre la superficie del suelo es el agente para la erosión hídrica del suelo y para el transporte de los componentes solubles del suelo incluyendo los contaminantes.

El suelo que es erosionado de los campos y llega a cursos de agua superficiales tiene mayores efectos negativos sobre la calidad del agua. La erosión hídrica se estima que transporta de 23 a 42 millones de toneladas de N y de 15 a 26 millones de toneladas de P fuera de las tierras agrícolas a nivel global. Estos flujos pueden ser comparados con las tasas de aplicación anual de fertilizantes, que son aproximadamente 112 millones de toneladas de N y 18 millones de toneladas de P.²³ Esta pérdida de nutrientes necesita ser reemplazada a través de la fertilización a un costo económico elevado de 33 a 60 billones de dólares para N y de 77 a 140 billones de dólares para el P.²⁴ La fracción de sedimentos y nutrientes perdidos de las tierras agrícolas que llega a cursos de agua superficiales varía mucho dependiendo de las características de la cuenca, pero en muchas regiones es lo suficientemente grande como para causar la eutrofización generalizada. Los cuerpos de agua afectados varían de pequeños humedales dentro de paisajes agrícolas hasta los paisajes de vasta hipoxia o zonas muertas en áreas marinas cerca a la costa.

Los efectos ambientales negativos del transporte de nutrientes a los cuerpos de agua por la erosión hídrica son los más grandes en áreas donde el exceso de aplicación de nutrientes en la agricultura y los altos niveles de erosión hídrica ocurren juntos.²⁵ Las evaluaciones regionales de las amenazas del suelo localizan esta correspondencia de alta erosión-alto exceso de desequilibrio de nutrientes en las regiones superiores del valle medio oeste y el valle de Mississippi de los Estados Unidos, el sur de Ontario en Canadá, áreas del Norte de Europa, una amplia zona en el norte de la India, y varias regiones de China. En las evaluaciones regionales de Norteamérica y Asia, la condición de desequilibrio de nutrientes es pobre y la tendencia marca su deterioro, lo cual indica la gravedad de la situación y la necesidad de una mejor gestión del suelo y de nutrientes.

El suelo erosionado de los paisajes agrícolas también contribuye a la sedimentación en los lagos y embalses, acortando su vida útil. La vinculación entre la erosión actual del suelo y la sedimentación en las llanuras de inundación y embalses es frecuente, sin embargo, compleja: la deposición de sedimentos y nutrientes en las grandes llanuras de inundación no está directamente vinculada a la erosión agrícola del suelo, siendo los sedimentos en la mayoría de los casos proporcionados por otras fuentes (erosión natural, deslizamientos), y el tiempo de residencia de tales sedimentos en grandes sistemas fluviales es de varios miles de años.

Filtrado y transformación de contaminantes y calidad del agua subterránea

Los suelos tienen una capacidad considerable para eliminar contaminantes del agua dentro del mismo suelo. Esto es muy evidente para metales cargados y compuestos orgánicos. Un mecanismo que evita que los contaminantes lleguen a las aguas subterráneas es la fuerte absorción de contaminantes por los suelos en la superficie del terreno. Esta absorción es mayor para los suelos que tienen una gran superficie y una alta densidad de superficies cargadas, como materia orgánica y arcilla. Existe también evidencia considerable sobre la transformación microbiana de contaminantes a formas no tóxicas en el suelo. El contenido de agua y tiempos de transmisión dentro del suelo son importantes para la función de filtrado del suelo porque el contacto con la superficie del suelo y tiempo de residencia en el suelo son controles importantes en la absorción de contaminantes.

Regulación de la cantidad de agua e inundaciones

La permeabilidad y capacidad de almacenamiento de agua en los suelos tiene una importante influencia sobre la capacidad de un paisaje para actuar como amortiguador. Si el suelo puede absorber las precipitaciones durante las lluvias de alta intensidad, entonces los caudales máximos e inundaciones en los cursos de agua serán menores. Igualmente, si el suelo puede almacenar agua y retenerla durante los períodos secos, entonces las plantas son protegidas frente a periodos cortos con déficit de precipitación.

La influencia de un suelo pobre y de la gestión de la tierra en la relación lluvia-escorrentía es ampliamente reconocida y a menudo implicada como un factor que incrementa los caudales máximos y los daños causados por las inundaciones. Sin embargo, estimaciones fiables de los costes y beneficios de la gestión del suelo para la regulación de inundaciones no están disponibles a escala regional o global. Un impacto importante del sellado del suelo (donde el suelo natural es cubierto con una superficie impermeable) es el gran incremento de la escorrentía, lo cual se convierte en crítico en paisajes donde una proporción significativa de la superficie de la tierra es afectada (por ejemplo, Europa y Eurasia).

Los sistemas de predicción de inundación requieren estimaciones fiables del contenido de agua-suelo a través de las cuencas hidrográficas. Sin embargo, información más precisa sobre los cambios en la gestión de la tierra y las condiciones del suelo es necesaria para mejorar estos sistemas de predicción de emergencia que operan en escalas de tiempo de horas a días. A escalas de tiempo más largas (semanas a meses), las predicciones del balance hídrico del suelo se utilizan para producir proyecciones estacionales para la agricultura, particularmente en los distritos con fluctuaciones inter-anales y donde las decisiones de gestión (por ejemplo, elección de variedades de cultivos o las tasas de aplicación de fertilizantes) están fuertemente influenciadas por las condiciones climáticas. La mejora de la eficacia de estos sistemas será importante para mejorar la eficiencia de nutrientes y uso de agua en la agricultura.



Los suelos y la regulación del clima

Los suelos juegan un papel importante en los procesos climáticos globales a través de la regulación de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), y de metano (CH₄). Las funciones específicas del suelo que regulan estas emisiones son complejas, e interactúan fuertemente con los procesos de ecosistema tales como la regulación del suministro de agua y el ciclo de nutrientes.

Pérdida de carbono orgánico del suelo

A escala global, los suelos son el mayor reservorio terrestre de carbono y por lo tanto tienen una mayor influencia en la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera. Estimaciones globales del almacenamiento de COS han sido publicadas durante muchas décadas. El Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (GICC) estimó el COS acumulado en el primer metro del suelo en 1 502 billones de toneladas. Las estimaciones mundiales actuales derivadas de la Base de Datos Armonizada de los Suelos del Mundo (BDASM) sugieren que aproximadamente 1 417 billones de toneladas de COS están almacenados en el primer metro de suelo y alrededor de 716 billones de toneladas de COS en los 30 cm superiores.

Globalmente el impulsor primario de la pérdida del COS del suelo es el cambio en el uso del territorio. Un meta-análisis realizado en 2014 y basado en 119 publicaciones mostró que el almacenamiento de COS se redujo en un 98 por ciento de los lugares en un promedio del 52 por ciento en las regiones templadas, 41 por ciento en las regiones tropicales, y 31 por ciento en las regiones boreales. Un meta-análisis de 74 publicaciones realizado en 2002 en las zonas tropicales y templadas mostró una declinación en el almacenamiento de C en el suelo después de la conversión de pastizales a plantaciones (-10 por ciento), bosques nativos a plantaciones (-13 por ciento), bosque nativo a cultivo (-42 por ciento), y pastizal a cultivo (-59 por ciento). El almacenamiento de C del suelo se incrementó después de las conversiones de bosque nativo a los pastos (+8 por ciento), cultivos a pastos (+19 por ciento), cultivos a pastizal (+18 por ciento), y cultivos a bosque secundario (+53 por ciento).²⁶ Los cambios relativos fueron igualmente altos tanto en el subsuelo como en la superficie del suelo.²⁷ La pérdida global del COS almacenado desde 1850 está estimada en alrededor de 66 ± 12 billones de toneladas.²⁸

Los factores determinantes de la magnitud y tasa del cambio en el COS dependen de ambas propiedades inherentes del suelo y de las prácticas de gestión. Las tasas de renovación del COS son mayores para los suelos en el trópico que para climas templados. También son mayores para suelos de textura gruesa que para los de textura pesada. La pérdida de COS en todas las regiones está exacerbada por el drenaje de los humedales, arado y la quema o remoción de la biomasa.²⁹

En las evaluaciones regionales de las amenazas del suelo (Sección 9 de este informe), la continua presión por convertir los bosques y praderas en tierras agrícolas fue identificada en África y América Latina y el Caribe como el mayor impulsor para las pobres condiciones de COS. La expansión de la agricultura en los trópicos es responsable de la mayoría de las emisiones totales de CO₂ debidas al desmonte de tierras, y varios estudios recientes han concluido que detener esta expansión es esencial para la reducción de emisiones de carbono.

En Europa, lo opuesto ocurre en algunas regiones – el abandono de tierras agrícolas en áreas del Este de Europa conduce al aumento del COS en dichas tierras. Este depósito de carbono almacenado puede, sin embargo, ser rápidamente emitido como CO₂ si se realiza una reconversión a agricultura. Todas las turberas son muy susceptibles a la pérdida de COS cuando se drenan para la agricultura y la forestación comercial – este es un problema en varias regiones, particularmente en Asia y Europa.³⁰

La gestión agrícola es el segundo mayor impulsor del cambio en el COS. Las evaluaciones regionales para África, Asia y partes del Sudoeste del Pacífico identifican la disminución en la duración de los periodos de barbecho y usos que compiten por insumos orgánicos como los principales impulsores de la generalmente pobre condición del almacenaje de COS. En los suelos más infértiles de África, los bajos rendimientos de muchos cultivos de agricultura extractiva de subsistencia llevan a la producción de pequeñas cantidades de residuos orgánicos. La combinación de los bajos insumos orgánicos y el uso competitivo por los mismos, junto con las altas tasas naturales de descomposición del COS en estas regiones, llevan a un bajo almacenamiento de COS en estos suelos naturalmente infértiles.

Además de contribuir al cambio climático global, los niveles de COS también responderán a cambios de temperaturas globales y patrones de precipitación. Los efectos del calentamiento global sobre la descomposición del SOM son gobernados por factores complejos e interactivos, y su predicción es un desafío. Esta es una preocupación particular para suelos orgánicos y de tundra, que son los mayores reservorios terrestres de carbono. El informe de la quinta evaluación del GICC plantea con gran seguridad que las reducciones en el permafrost debido al calentamiento causarán derretimiento de parte del carbono actualmente congelado, pero la magnitud de las emisiones de CO₂ y CH₄ a la atmósfera causadas por este descongelamiento no están claras.

Emisiones de metano del suelo

Los suelos emiten metano (CH_4) a través de la metanogénesis cuando la descomposición de la materia orgánica ocurre en capas del suelo anaeróbicas (es decir, con agotamiento de oxígeno). Los suelos anegados, particularmente humedales, turberas y arrozales, son la fuente más grande de emisiones de metano. Las emisiones de CH_4 de arrozales han incrementado de 366 millones de toneladas de $\text{CO}_2\text{eq. año}^{-1}$ en 1961 a 499 millones de toneladas de $\text{CO}_2\text{eq. año}^{-1}$ en 2010. Las emisiones totales globales de CH_4 de humedales fueron estimadas en 145 millones de toneladas año^{-1} , de las cuales 92 millones de toneladas año^{-1} provinieron de humedales naturales y 53 millones de toneladas año^{-1} provenían de campos de arrozales.³¹

La mayoría de las medidas de mitigación para la reducción de las emisiones de CH_4 han sido desarrolladas para arrozales, el mayor uso del suelo responsable de las emisiones de metano. Estas incluyen el drenaje de humedales de arroz una o varias veces durante la temporadas de crecimiento, selección de cultivos de arroz con bajas tasas de exudación de las raíces, la gestión del agua fuera de la temporada de arroz, manejo de fertilizantes, y la sincronización y compostaje de las adiciones de residuos orgánicos. Para turberas y humedales gestionados (por ejemplo, los utilizados para forestaría o agricultura), las emisiones de metano pueden reducirse con fertilizantes, y la gestión del agua y la labranza. El remojo de turberas drenadas/cultivadas para restaurar la función de humedal y mantener existencias de carbono probablemente aumentaría las emisiones de CH_4 .³²

En contraste, los suelos aeróbicos tienden a actuar como sumidero de CH_4 , teniendo de ese modo un impacto positivo en la regulación del clima. Suelos aeróbicos templados y tropicales expuestos a concentraciones atmosféricas de CH_4 usualmente exhiben niveles bajos de oxidación atmosférica de CH_4 pero, como abarcan grandes áreas, se estima consumen aproximadamente 10 por ciento del CH_4 atmosférico.³³

Emisiones de óxido nitroso del suelo

Los insumos de fertilizantes con nitrógeno en el suelo que exceden el requerimiento de los cultivos están vinculados a la mayor liberación de un potente gas invernadero (N_2O) desde los suelos. De las aproximadamente 16 millones de toneladas de N_2O N año^{-1} emitidas globalmente en la década de 1990, entre el 40 y 50 por ciento fue resultado de la actividad humana. Los suelos agrícolas son la fuente dominante, suponiendo más del 80 por ciento de las emisiones antropogénicas globales de N_2O durante la década de 1990. La emisión de óxido nitroso de suelos agrícolas se estima incrementará desde poco más de 4 millones de toneladas de N_2O N año^{-1} en 2010 a más de cinco millones de toneladas de N_2O N año^{-1} para 2030.³⁴ En cuanto a su efecto como gas invernadero, una unidad de N_2O es equivalente a aproximadamente 300 unidades de CO_2 y por tanto supone un incremento muy significativo en las emisiones globales. En países desarrollados como Canadá o Estados Unidos donde, en algunas regiones, los insumos de fertilizante N exceden la demanda de la planta, la agricultura es responsable del seis o siete por ciento del total de las emisiones de gas de efecto invernadero (EGI), siendo las emisiones de N_2O de suelos agrícolas del 65 al 75 por ciento del total de la agricultura. El exceso de Nitrógeno es también muy alto en el Oeste de Europa, China, y Norte de India. Las emisiones más altas de N_2O ocurren bajo condiciones anaeróbicas como parte de la vía de desnitrificación y por lo tanto están íntimamente vinculadas a cambios en el anegamiento en paisajes agrícolas.





Los suelos y la salud humana

Los problemas de salud de los seres humanos (y animales) pueden ser causados por el suelo a través de varios mecanismos: 1) niveles tóxicos de elementos traza y contaminantes orgánicos u organismos causantes de enfermedades pueden ingresar a la cadena alimenticia desde el suelo; 2) encuentros directos con organismos patógenos; 3) producción de cultivos con déficit de nutrientes de los suelos, contribuyendo a la malnutrición; y 4) exposición directa al suelo.

Contaminación del suelo

En muchos países existe una preocupación significativa de la sociedad civil por los efectos en la salud debidos a la exposición a elementos trazas (también llamados metales pesados) y a contaminantes orgánicos en el suelo. El incremento de insumos de elementos traza al suelo ha dado lugar a una creciente preocupación mundial, particularmente en países de desarrollo rápido como China e India, donde la regulación, gestión y mitigación han tenido dificultades para seguir el ritmo de las tasas de liberación de contaminantes al ambiente. Sin embargo, las naciones desarrolladas no son inmunes a las amenazas a la función del suelo impuestas por los elementos traza. El largo legado de la disposición de residuos tóxicos y la acumulación de metales en suelos suponen grandes desafíos para el uso y reclamación de tierras contaminadas.

Arsénico en aguas subterráneas

Los elementos traza primarios de preocupación para la salud humana son el arsénico, plomo, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel y zinc. Cada elemento tiene su propia fuente y camino dentro del suelo. Por ejemplo, el arsénico (As) tiene múltiples efectos sobre la salud humana. Los cambios en la saturación del agua en el suelo por inundación (anegamiento) o drenaje impacta la movilidad del arsénico, llegando el arsénico a estar movilizado bajo condiciones anaeróbicas del suelo inundado. La mayor preocupación desde la perspectiva de la salud humana, son los procesos del suelo que contribuyen a la contaminación de las aguas subterráneas por arsénico, resultando en la exposición humana al arsénico a través del consumo de agua de pozo.

El arsénico causa numerosos impactos en los seres humanos, incluyendo el desorden del sistema nervioso, insuficiencia renal y hepática, además de anemia y cáncer de piel. Más de 130 millones de personas en todo el mundo consumen de forma rutinaria agua de pozo con concentraciones de arsénico que exceden los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud.³⁵

Minería

La minería es un uso de la tierra que a menudo resulta tanto en la ocupación del territorio como en la contaminación del suelo.³⁶ Las operaciones mineras en sí mismas afectan a áreas relativamente pequeñas comparadas con los problemas ambientales causados por los depósitos de roca de descarte y colas, además de las operaciones de fundición desde las cuales los contaminantes pueden ser transferidos a los alrededores por drenaje ácido de mina y/o deposición atmosférica de gases y partículas contaminantes.

Los suelos mineros se desarrollan a partir de la meteorización de materiales recientemente expuestos y generalmente tienen propiedades que limitan sus funciones. Frecuentemente, la restauración de suelos mineros requiere la adición de materiales exógenos que les permite soportar el crecimiento de la vegetación. Aunque muchos países requieren planes de recuperación para restaurar las explotaciones mineras a sus previos estados funcionales, la restauración minera es aún problemática, principalmente debido a que el conjunto de impactos ambientales han sido recientemente entendidos y apreciados. El progreso reciente en el desarrollo de Tecnosoles a medida (es decir, suelos hechos por el hombre) para restaurar los suelos mineros³⁷ ofrece una nueva vía para la rehabilitación de los suelos mineros.

Agricultura y bosques

Existe significativa preocupación pública en muchos países sobre los efectos de la contaminación del suelo y agua por pesticidas en la salud de las personas y del ecosistema en general. Los avances en nuestra capacidad para monitorear la biodiversidad del suelo (que es impactada inmediatamente por pesticidas), debatidos en el informe principal del Estado Mundial del Recurso Suelo permitirán significativos progresos en esta área.

La deposición atmosférica de contaminantes tiene un efecto significativo en la agricultura, los bosques y los sistemas acuáticos. En el 2001, las regiones con deposición atmosférica de azufre excediendo $20 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ fueron China y la República de Corea, Oeste de Europa y el Este de Norte América.³⁸ Las regiones con deposición de nitrógeno excediendo $20 \text{ kg de N}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en 2001 fueron el Oeste de Europa, Sur del Asia (Pakistán, India, y Bangladesh) y el Este de China.³⁹ Aunque los insumos que acidifican están decreciendo en Europa y el este de Norteamérica, suelos sensibles de estas regiones han sido acidificados significativamente en el pasado y su funcionamiento está aún afectado.

La deposición de nitrógeno en China durante los años 2000 fue similar a los máximos alcanzados en Europa durante la década de 1980 antes de la mitigación ⁴⁰ y por lo tanto los problemas de acidificación podrían estar aún intensificándose en China..

Radioactividad

Pequeñas áreas han sufrido la eliminación total de tierras para uso humano debido a niveles peligrosos de contaminación de varios tipos - la zona de exclusión de Chernobyl de 2600 km² que resultó del desastre del reactor nuclear de 1986 es quizás el más conocido de estos. Otros ejemplos incluyen las Islas del Pacífico utilizadas para la prueba de armas nucleares antes de la década de 1980.

Zonas de guerra

Los campos minados representan una forma de contaminación particularmente peligrosa: por ejemplo, solo en Bosnia y Herzegovina 4000 km² de tierras agrícolas y forestales permanecieron minadas e inutilizables cuando la guerra terminó en 1995.⁴¹

Tendencias

Las evaluaciones regionales de la contaminación del suelo muestran que la tendencia de la contaminación está mejorando en Europa, Norteamérica, Australia y Nueva Zelanda. En estos países existe el legado de sitios con contaminación, pero regulaciones gubernamentales cada vez más estrictas limitan la propagación de la contaminación y especifican el nivel de remediación requerido para sitios contaminados existentes. Por lo tanto, la contaminación podría decirse que es una amenaza del suelo que responde directamente a iniciativas políticas, al menos en situaciones donde la contaminación puede ser fácilmente vinculada a una fuente de contaminación específica y donde una significativa preocupación pública sobre contaminación estimula el desarrollo y la implementación de políticas.



Los suelos y la biodiversidad

Los suelos albergan una gran diversidad de organismos que desempeñan papeles fundamentales como impulsores de muchos servicios ecológicos de los cuales depende el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. De este modo, los organismos del suelo y las interacciones entre ellos y con plantas impactan en varios servicios de ecosistemas, incluyendo la formación del suelo y el ciclo de nutrientes, la producción de alimentos y fibra, regulación climática, enfermedades y el control de plagas.

La biodiversidad del suelo es inmensa en comparación con la biodiversidad sobre el suelo: por ejemplo, diez gramos de suelo contiene alrededor de 10^{10} células bacterianas de más de 10^6 especies. Se estima que unas 360 000 especies de animales habitan el suelo.⁴² Se ha estimado que la biodiversidad del suelo podría llegar hasta un 25 por ciento de la cantidad total de las especies vivas descritas en todo el mundo, aunque la mayor parte de esta diversidad permanece desconocida.⁴³

La existencia de la biodiversidad del suelo también representa un importante recurso biológico y genético para la explotación biotecnológica. La contribución de la biota del suelo para la salud humana ya ha sido inmensa: por ejemplo, casi el 80 por ciento de los agentes antibacterianos aprobados entre 1983 y 1994 tienen su origen en el suelo.

La biodiversidad del suelo es vulnerable a muchas perturbaciones humanas, incluyendo el uso de la tierra y el cambio climático, el enriquecimiento de nitrógeno, la contaminación del suelo, las especies invasoras y el sellado del suelo. Un reciente análisis de sensibilidad reveló que el incremento de la intensidad de uso de la tierra y la asociada pérdida de materia orgánica del suelo están ejerciendo la mayor presión sobre la biodiversidad del suelo, y numerosos estudios reportan que la biodiversidad del suelo disminuye como resultado de la conversión de tierras naturales a la agricultura y de la intensificación agrícola. En particular, los estudios muestran que los animales más grandes del suelo, como lombrices, ácaros y colémbolos, y los hongos del suelo, son especialmente vulnerables a un uso intensivo de la tierra. Las prácticas de gestión del suelo que minimizan la pérdida de COS o aumentan los niveles del COS probablemente tengan un efecto beneficioso sobre la biodiversidad del suelo.⁴⁴

El uso a gran escala de pesticidas puede tener efectos directos e indirectos sobre la biodiversidad del suelo. Con la intensificación de la agricultura, el uso de pesticidas se ha incrementado a escala global.⁴⁵ Los estudios sobre el efecto que los pesticidas tienen sobre la biodiversidad del suelo han mostrado resultados contradictorios. El efecto depende de una variedad de factores que incluyen la composición química, las cantidades aplicadas, la capacidad de amortiguación del suelo, los organismos del suelo en cuestión y la escala de tiempo. En muchos casos, los datos son simplemente inexistentes: por ejemplo, un informe del 2006 acerca de los efectos de aplicación de pesticidas en los organismos del suelo no pudo encontrar datos publicados para 325 de 380 pesticidas activos registrados para su uso en Australia.⁴⁶

Los desafíos metodológicos previos para la caracterización de la biodiversidad del suelo están siendo superados mediante el uso de tecnologías moleculares, y actualmente progresos significativos están siendo alcanzados en la apertura de la “caja negra” de la biodiversidad del suelo. Acabar con estas brechas de conocimiento es de fundamental importancia para informar mejor de las probables consecuencias del uso de la tierra o el cambio climático en la biodiversidad y los servicios del ecosistema del suelo. Junto a nuevos desarrollos con respecto a la evaluación de la biodiversidad, es esencial vincular medidas de conservación de la biodiversidad con funciones específicas del suelo con el fin de comprender los roles fundamentales de los organismos del suelo en la mediación de los servicios del suelo.⁴⁷

Claramente estamos aprendiendo más y más sobre la existencia y cambio en la biodiversidad del suelo. Sin embargo, la síntesis a escala mundial sigue siendo ausente en gran medida. Las evaluaciones regionales de las amenazas al suelo son consistentes en este informe con respecto a la biodiversidad del suelo – la evidencia en cada región es limitada y existe poco consenso respecto a su tendencia.

Tendencias regionales en las condiciones del suelo

Un elemento clave del informe del Estado Mundial del Recurso Suelo son las evaluaciones regionales del estado del suelo. Estas fueron coordinadas por miembros del Consejo Editorial, e involucró a los miembros del GTIS de cada región y, en algunas regiones, a miembros de la extensa comunidad científica del suelo. Las evaluaciones incluyen un ranking de las amenazas a las funciones del suelo en cada región. Estas han sido expresadas como una simple estimación de la situación y las tendencias en la condición del suelo junto con la evaluación de la confianza para cada estimación. Las estimaciones tabuladas se basan en una evaluación cualitativa de la literatura científica examinada y revisada. La diversidad de estudios publicados, la escasez generalizada en la información y el limitado tiempo disponible supuso que métodos de evaluación más formales no fuesen viables. Mejorar esto a través de la implementación de un método de evaluación más transparente y técnicamente defendible es un gran desafío para los futuros informes del estado mundial del recurso suelo.

Al preparar las evaluaciones, el GTIS es muy consciente de las complejas razones que dan lugar a diferencias regionales en las condiciones y tendencias del suelo.

Los siguientes factores son influyentes:

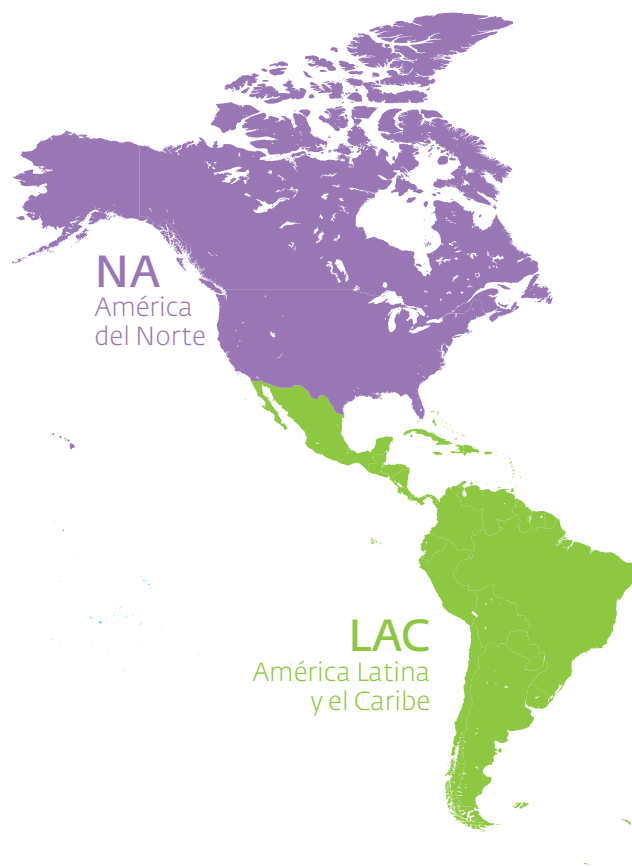
- La riqueza natural de suelos y accidentes geográficos varía sustancialmente entre regiones y algunas son afortunadas de tener grandes extensiones de áreas con suelos fértiles, versátiles y resilientes mientras que otros no lo son.
- La historia del uso de la tierra también varía sustancialmente. La mayoría de los países experimentan una fase significativa de degradación de la tierra cuando los sistemas agrícolas son establecidos por primera vez. Esto es particularmente cierto en paisajes antiguos que típicamente tiene suelos altamente meteorizados e infértiles que son más vulnerables a las perturbaciones. En algunas partes del mundo, esta fase de degradación de la tierra ha ocurrido hace mucho tiempo mientras que en otros lugares es un fenómeno contemporáneo.
- La historia económica de cada región es un factor importante que influye en la condición del suelo – sistemas de explotación del uso de la tierra en décadas o siglos pasados han

dejado en algunas regiones un legado de suelos en pobres condiciones. Más aun, países con abundante capital financiero y natural pueden proporcionar sistemas de apoyo para garantizar formas más en favor de la conservación en la gestión del territorio (por ejemplo, vía programas de gestión y conservación del suelo con financiamiento público).

- Las grandes presiones demográficas en países industrializados y de bajos ingresos pueden tener un impacto directo en la condición del suelo que supera todos los otros impulsores de las condiciones del suelo.

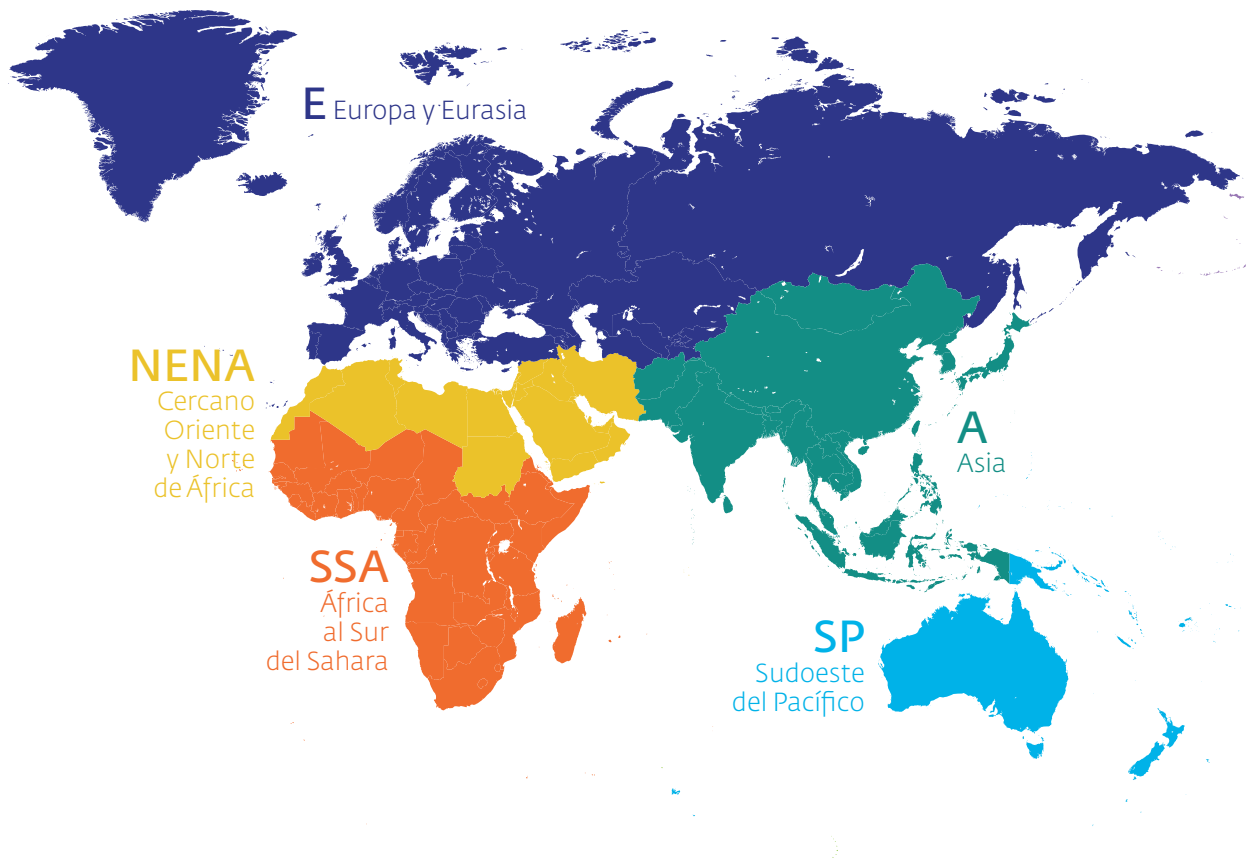
Figura 1

Regiones usadas para este informe. Países miembros de cada región son presentados en este informe principal.



Las regiones aplicadas para las evaluaciones son mostradas en la Figura 1 y una lista completa de los países miembros de cada región se presenta en el informe principal.⁴⁸ Resúmenes de una página de los informes de cada región se han preparado para este Resumen Técnico.

Esta sección concluye con un resumen gráfico del estado y tendencia de cada amenaza del suelo en las regiones, preparado por el coordinador y autor principal de cada región. Existen evaluaciones gráficas similares para las amenazas del suelo de cada región en este informe principal. En general, en estas evaluaciones regionales existe un poco más de confianza en la clasificación de la condición del suelo que las que se tiene en las evaluaciones de tendencias. Existe una gran certeza en relación a la evaluación de la erosión del suelo, baja certeza sobre la compactación y muy baja certeza sobre la biodiversidad del suelo.



África al Sur del Sahara

La región de África al Sur del Sahara (SSA) (2,455 millones de ha) consiste en seis zonas agro-ecológicas (ZAE), cada una caracterizada por una combinación de relieve, clima, litología, suelos y sistemas agrícolas. La Tabla 1 presenta un resumen de las amenazas del suelo (listado en orden de importancia), condición, tendencia e incertidumbres para África al Sur del Sahara.

La degradación del suelo, manifestada principalmente en forma de erosión del suelo, es considerada una de las causas fundamentales de estancamiento o declinación de la productividad agrícola en SSA. Otros problemas relacionados que reducen la productividad de las tierras agrícolas incluyen la pérdida de materia orgánica del suelo, agotamiento de los nutrientes, pérdida de la biodiversidad del suelo, la acidificación, salinización y anegamiento. A menos que estos problemas sean controlados, muchas partes del continente sufrirán cada vez más la inseguridad alimentaria. Las consecuencias de la disminución de la productividad del recurso suelo de África, si continúa en su actual espiral descendente, serían severas, no solo para las economías de los países, sino también para el bienestar de los millones de hogares rurales dependientes de la agricultura para satisfacer sus necesidades de subsistencia.

No hay consenso sobre el alcance y la severidad de las diversas formas de degradación del suelo o sus impactos en las diferentes zonas o en el SSA en su conjunto, pero se ha estimado que de las aproximadamente 494 millones de ha de tierra del SSA afectadas por la degradación del suelo, el 46 por ciento es afectado por la erosión hídrica, el 38 por ciento por la erosión eólica, el 12 por ciento por la degradación química y 4 por ciento por la degradación física. Los cuatro tipos del cambio de suelo considerados como las mayores amenazas son: erosión del suelo, agotamiento de la materia orgánica del suelo, agotamiento de nutrientes del suelo y pérdida de la biodiversidad del suelo. Estos son discutidos en detalle en el informe principal. Otras características claves que contribuyen a la disminución de la fertilidad del suelo en el SSA son: completa eliminación de los cultivos de tierras agrícolas, fertilización desequilibrada y poco o ningún uso de fertilizantes. A nivel nacional, está disponible información detallada sobre la degradación del suelo en algunos países como se ilustra en los resultados documentados en el informe principal por Senegal y Sudáfrica.

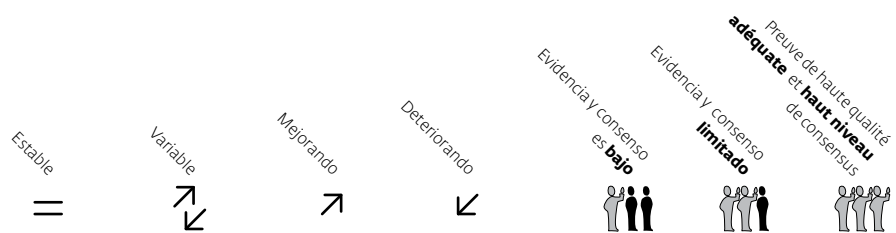
La degradación del suelo constituye una gran amenaza a los servicios ecosistémicos en el SSA, particularmente para la producción sostenible y seguridad alimenticia, y es causada por varios factores que incluyen: sobrepastoreo, deforestación, técnicas inapropiadas de cultivo; y expansión de la agricultura hacia tierras marginales, incremento de la población, cambio climático y pobreza. La degradación del suelo se está incrementando en esta región, con más del 20 por ciento de la tierra ya estando degradada en la mayoría de los países del SSA, afectando a más del 65 por ciento de la población y resultando en efectos adversos significativos sobre la producción alimentaria y el sustento para los seres humanos. Existe una necesidad urgente de intervenciones pro-activas para detener y revertir la degradación del suelo. Las tierras agrícolas son especialmente propensas a la erosión y agotamiento de nutrientes. Las pérdidas de rendimiento reportadas van desde moderadas (dos por ciento de disminución durante varias décadas) hasta niveles catastróficos (más que el 50 por ciento), dependiendo de los cultivos, tipo de suelo, clima y sistemas de producción, reportando la mayoría de los estudios pérdidas significativas. Las pérdidas económicas directas debido a la declinación del rendimiento y la pérdida de nutrientes son grandes en términos de las economías nacionales en cuestión.

La rehabilitación de las tierras degradadas y la conservación de aquellas aún no degradadas son los pasos más deseables para todos los países de la región. El desarrollo de bases de datos del recurso suelo comprensibles y el establecimiento de sistemas de monitoreo del suelo en cada país debería complementar estos pasos.

Tabla 1 | Resumen de las amenazas del suelo (listado en orden de importancia), condición, tendencia e incertidumbre para África al Sur del Sahara.



Amenazas para la función del suelo	Resumen
Erosión del suelo	La erosión del suelo constituye >80% de la degradación de la tierra en el SSA, afectando alrededor de 22% de las tierras agrícolas y todos los países en la región. La mayoría de las causas están relacionadas con la exposición de la superficie del suelo descubierta debido a cultivo, deforestación, sobrepastoreo y sequía.
Cambio de carbono orgánico	El reemplazo de la vegetación natural reduce casi siempre el nivel de carbono del suelo. Posterior liberación de carbono desde los suelos es causada por la eliminación completa del cultivo de las tierras de cultivo, la alta tasa de descomposición de materia orgánica por la descomposición microbiana acentuada por la alta temperatura del suelo y actividades de termitas en partes del SSA.
Desequilibrio de nutrientes	El desequilibrio de nutrientes, que generalmente se manifiesta en la deficiencia de nutrientes esenciales clave es principalmente debido al hecho de que la fertilización no ha sido específica para el suelo y el cultivo, los agricultores no pueden pagar el precio de los fertilizantes y la inhabilidad de seguir las dosis recomendadas. Casi todos los países en la región muestran un balance negativo de nutrientes.
Pérdida de la biodiversidad del suelo	El SSA sufre la mayor tasa de deforestación anual del mundo. Las áreas más afectadas son las áreas húmedas de África Occidental y los bosques de altura del Cuerno de África. Cultivo, introducción de nuevas especies, exploración del petróleo y contaminación reducen la población de los organismos del suelo, reduciendo así la fauna y las actividades microbianas.
Acidificación del suelo	Más del 25 % de los suelos en África son ácidos. La mayoría aparecen en las partes más húmedas del continente. En Sudáfrica se plantea como un serio problema químico y como el mayor factor limitante de la producción.
Anegamiento	La mayoría de las amenazas de anegamiento se deben a la elevación del nivel freático debido a la pobre infiltración/drenaje o a la ocurrencia de capas impermeables en el subsuelo. El anegamiento generalmente reduce la productividad de los cultivos, pero en los campos de arroz es intencionado y beneficioso.
Compactación	La mayor causa de la compactación es la presión sobre los suelos de maquinaria pesada. Esto es más serio en regiones boscosas donde el desmonte de tierras (e incluso otras actividades de cultivo) no se puede hacer sin la mecanización.
Sellado del suelo y ocupación del territorios	Estos constituyen problemas principalmente en la agricultura peri-urbana y sitios del valle utilizados para la producción de hortalizas en temporada seca.
Contaminación del suelo	La contaminación del suelo por productos químicos (fertilizantes, productos derivados del petróleo, pesticidas, herbicidas, minería) ha afectado negativamente la productividad agrícola y otros servicios ecosistémicos. Nigeria y Sudáfrica son los más afectados.



	Condición y Tendencia					Confianza	
	Muy pobre	Pobre	Regular	Buena	Muy buena	En condición	En tendencia
		↘				(3 people)	(3 people)
		↘				(3 people)	(3 people)
		↘				(3 people)	(3 people)
			↘			(3 people)	(3 people)
		↘				(3 people)	(3 people)
				=		(3 people)	(3 people)
				=		(3 people)	(3 people)
				=		(3 people)	(3 people)
				↘		(3 people)	(3 people)

Asia

El estado del recurso suelo en los 24 países miembros de la Alianza Asiática por el Suelo (ASP) es examinado y revisado. La Tabla 2 presenta las amenazas claves para el funcionamiento del suelo en la región, listadas en orden de importancia. En términos de clima, la región goza de un clima cálido y húmedo estacionalmente favorable para la agricultura. Recientemente, sin embargo, los países asiáticos han estado enfrentando cambios rápidos en condiciones socio-económicas y naturales que han tenido impactos extraordinarios en el recurso suelo de la región. Las evaluaciones regionales del suelo – Evaluación Global de la Degradación del Suelo inducida por el hombre (GLASOD) en la década de 1980 y la Evaluación de la Degradación del Suelo inducido por el hombre en el Sur y Sudeste de Asia (ASSOD) en la década de 1990 – revelaron que la degradación del suelo por inducción humana en Asia fue la más alta entre todas las regiones del mundo.

La erosión del suelo es la principal amenaza para el suelo en la región asiática. La severa erosión hídrica ocurre en aquellas áreas del Sur y Este de Asia que tienen épocas secas y húmedas pronunciadas, particularmente en paisajes de colinas y de montaña. Sin embargo, la erosión del suelo es una preocupación menor en bosques establecidos y arrozales. La erosión eólica está concentrada principalmente en regiones en el extremo occidental y en regiones áridas y semi-áridas del norte. El cambio en el carbono orgánico del suelo (COS) en países de Asia difiere entre sub-regiones. El incremento en los aportes de nutrientes, el rendimiento de cultivo y la producción de biomasa resultan en una retención y a veces un incremento en el COS a través de las tierras de cultivo del Este y Sudeste de Asia, mientras que el COS está decreciendo en el sur de Asia mediante la retirada de residuos de cultivo o mediante cambios en el uso de la tierra que supone una mayor amenaza.

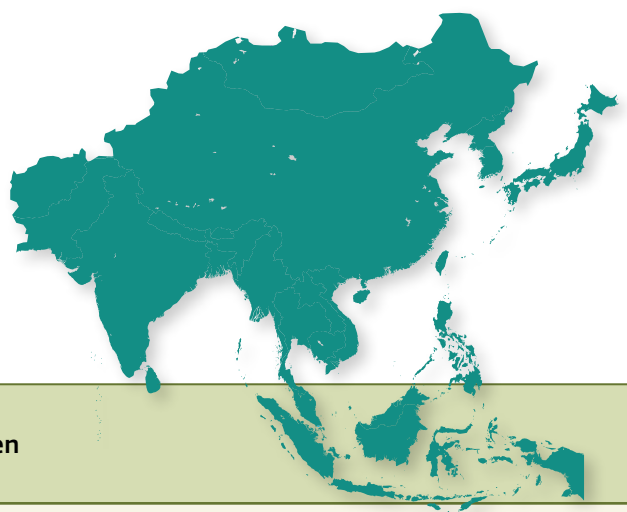
La degradación de los pastizales también ha causado grandes pérdidas en el almacenamiento de COS. En toda la región, la amenaza de salinización/sodificación está muy extendida, aunque en extensiones variables. En zonas semiáridas y áridas de Asia Central, los suelos afectados por sal están ampliamente distribuidos. Los suelos afectados por sal también se desarrollan en determinadas zonas costeras en zonas de monzón en el Sur y Sudeste de Asia, principalmente a través de la intrusión de agua salada. Los balances negativos de los nutrientes del suelo han sido reportados para el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en muchos países del Sur de Asia; por otro lado, los grandes excesos de nutrientes, en particular el N, causan serios problemas ambientales para cuerpos de agua y la atmósfera.

La contaminación del suelo por metales pesados, tales como el cadmio (Cd), arsénico (As), plomo (Pb), cobre (Cu) y zinc (Zn), así como por pesticidas, es ampliamente observada en varias partes de la región debido a la rápida urbanización, industrialización y la agricultura intensiva. La acción para reducir esta contaminación es urgentemente necesaria, especialmente en suelos de arroz y en los granos de arroz que producen. Los suelos con ácido sulfatado ocurren en regiones tropicales y subtropicales. La aplicación desequilibrada e inadecuada de fertilizantes químicos causa acidificación de otros suelos. Las actividades antropogénicas tales como los sistemas de drenaje pobres y deforestación en áreas aguas arriba incrementan la amenaza del anegamiento en zonas propensas a inundarse aguas abajo. La mecanización de la gestión de la tierra ha incrementado la compactación de los suelos en tierras de cultivo, pastizales y bosques maderables. El incremento del pisoteo del ganado es también una causa mayor de la compactación de la superficie del suelo en pastizales y regiones montañosas. La rápida urbanización y desarrollo de mega-ciudades han aumentado significativamente las tasas de sellado y la ocupación del territorio. La región de Asia tiene la mayor área de superficie impermeable (ASI) de todas las regiones del mundo. Aunque la información disponible sobre la biodiversidad del suelo es limitada para esta región, se ha informado de que potencialmente el mayor contribuyente a la pérdida de la biodiversidad del suelo en Asia es el cambio en el uso de la tierra.

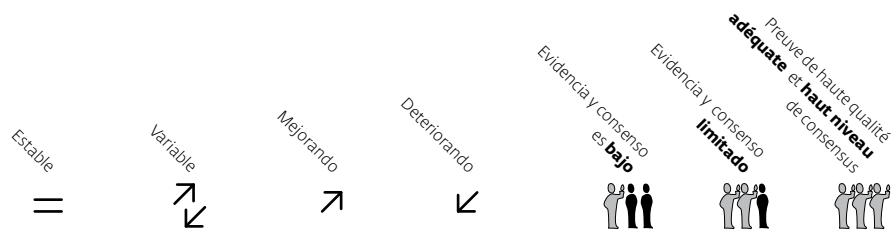
El informe principal contiene estudios nacionales prácticos de India, Indonesia y Japón. Casi la mitad de suelos en India están degradados. El área degradada más extensa está afectada por la erosión hídrica, seguida por la erosión eólica, salinización, pérdida de nutrientes y anegamiento. El agotamiento del COS de los suelos orgánicos en turberas es considerado como una de las mayores amenazas en Indonesia. El estado del cambio en el COS, la contaminación por metales pesados (incluyendo la contaminación por cesio radioactivo), desequilibrio de nutrientes y erosión son reportados desde Japón. El principal informe también contiene un caso de estudio sobre las emisiones de gas de efecto invernadero desde arrozales.

En conclusión, la gestión de los recursos de la tierra y el agua han sido identificadas como uno de los asuntos prioritarios para lograr la seguridad alimentaria sostenible en la región de Asia. Esto requiere elevar la productividad de la tierra, revertir la degradación de la tierra y la pérdida de agua, y el incremento de la biodiversidad y la calidad del medio ambiente. Existe una imperiosa necesidad de conducir una nueva y extensa evaluación de los cambios recientes en el recurso suelo en la región. Estas necesidades han sido reconocidas en el Comunicado de Nanjing. El desarrollo de un plan de implementación regional para la gestión sostenible del suelo es el siguiente paso para poner los planes en práctica.

Tabla 2 | Resumen de las amenazas al suelo (listado en orden de importancia), condición, tendencia e incertidumbre para Asia.



Amenazas para la función del suelo	Resumen
Erosión del suelo	La severa erosión hídrica ocurre en regiones con estaciones secas y húmedas cubriendo del Sur al Este de Asia, particularmente en paisajes de colinas y montañosos. Sin embargo, es de poco interés para los bosques bien establecidos y arrozales. La erosión eólica se concentra principalmente en regiones áridas y semi-áridas más occidentales y al norte de Afganistán, Pakistán, India y China.
Cambio de carbono orgánico	El aumento en el rendimiento de los campos de cultivo retiene carbono orgánico del suelo (COS) en las tierras de cultivo del Este y Sudeste de Asia. Por otro lado, el COS está disminuyendo en el Sur de Asia debido a que los residuos de cultivo son ampliamente utilizados como combustible y forraje, sin retorno al suelo. La degradación de pastizales ha causado grandes pérdidas de COS almacenado.
Salinización y sodificación	La amenaza de la salinización/sodificación en la región de Asia está extendida pero es variable. En las zonas áridas y semi-áridas del centro de Asia, los suelos afectados por sal están ampliamente distribuidos. Por otro lado, los suelos afectados por sal se desarrollan en ciertas áreas costeras en zonas de monzón, principalmente por la invasión de agua salada en el Sur y Sudeste de Asia.
Desequilibrio de nutrientes	Los balances negativos de nutrientes en el suelo han sido reportados para N, P, K y micronutrientes en muchos países del Sur de Asia. Por otro lado, el gran exceso de nutrientes, en particular N, causa serios problemas ambientales en otros países.
Contaminación	La rápida urbanización, industrialización, y la intensiva agricultura causan contaminación por metales pesados (Cd, Ni, As, Pb, Zn, etc.) y pesticidas en varias partes de Asia, la cual, a su vez, plantea un serio riesgo para la salud humana.
Sellado del suelo y ocupación de tierras	La rápida urbanización y desarrollo de mega-ciudades han incrementado significativamente la tasa de superficie impermeable (ASI). La región de Asia tiene el ASI más grande dentro de las regiones del mundo.
Acidificación del suelo	Existe un área sustancial de suelos ácidos distribuidos en regiones tropicales y subtropicales de Asia, principalmente en el Sudeste de Asia, partes del Este y Sur de Asia. Esto es principalmente causado por el desequilibrio y la aplicación inadecuada de fertilizantes químicos. La distribución de los suelos ácidos sulfatados en Asia tropical también limita la producción de cultivos.
Compactación	La mecanización de la gestión de la tierra ha incrementado la compactación del suelo superficial y/o subsuelo en tierras de cultivos, pastizales y forestales. El incremento del pisoteo del ganado es también una causa mayor de la compactación de la superficie del suelo en pastizales y regiones de colinas.
Anegamiento	Actividades antropogénicas tales como sistemas pobres de drenaje y deforestación en áreas aguas arriba incrementa la amenaza de anegamiento en las zonas propensas a las inundaciones.
Pérdida de la biodiversidad del suelo	La información disponible sobre la biodiversidad de suelos en Asia es limitada. Algunos informes muestran alta biodiversidad microbiana en suelos de tierras de cultivo orgánico.



	Condición y Tendencia					Confianza	
	Muy pobre	Pobre	Regular	Buena	Muy buena	En condición	En tendencia
		↘					
		↕					
		↗					
		↘					
		↘					
		↘					
		↘					
		↘					
			↘				
			↕				

Europa y Eurasia

La mayoría de los informes sobre el estado mundial de la degradación del suelo consideran la región Europea como la menos afectada en comparación con la situación de otras regiones: de acuerdo con un estudio global, la pérdida media acumulativa de la productividad en Europa debido a la degradación del suelo por causa humana durante el periodo de la post-segunda guerra mundial fue estimada como 7.9 por ciento. Sin embargo, la extensión de la degradación del suelo en Europa parece estar subestimada, debido a que la degradación del suelo en la región Europea tiene muchas facetas, no todas consideradas en la estimación previa. La Tabla 3 resume las amenazas (listado en orden de importancia), condición del suelo, tendencias e incertidumbres para Europa y Eurasia.

Los procesos de degradación del suelo inducidos por el hombre comenzaron en muchas partes de esta región en tiempos antiguos, porque muchos centros de la civilización agraria emergieron aquí hace varios milenios: Grecia, Anatolia y el delta Amu Darya son los ejemplos más significativos. Desde aquel tiempo, la presión sobre la tierra se ha incrementado debido a la creciente población y la migración intensiva de personas debido a una disminución de recursos naturales y las fluctuaciones climáticas en áreas vecinas. Adicionalmente, la parte occidental de la región Europea, a diferencia de otras regiones del mundo, tiene una historia de más de 200 años de industrialización, añadiendo presión adicional sobre el suelo, particularmente a través de la contaminación.

Hoy en día las presiones antropogénicas son la principal razón de la degradación del suelo en muchas partes de Europa. El recurso suelo está siendo sobre-explotado, degradado e irreversiblemente perdido debido a las inadecuadas prácticas de gestión, urbanización, actividad industrial y minera, y los cambios en el uso de la tierra. Las amenazas del suelo en la región ponen en riesgo el papel clave de los ecosistemas del suelo como base para la provisión de alimentos, fibra y energía, así como otros servicios de los ecosistemas y la mitigación del cambio climático. Las cuatro amenazas más serias en la región son el sellado, salinización, contaminación y la pérdida de materia orgánica del suelo.

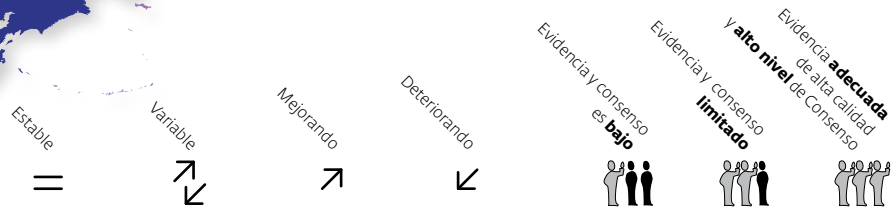
El conocimiento sobre el estado del recurso suelo en la región de Europa es bueno debido a la larga tradición en la ciencia del suelo y el monitoreo del suelo en la mayoría de los países de la región. No obstante, una visión general del estado del recurso suelo y el desarrollo de la degradación de suelo para toda la región sigue siendo difícil debido a la falta de armonización de los datos obtenidos en diferentes fechas usando diferentes metodologías. Esto es ilustrado por los estudios de casos nacionales en Austria, Ucrania y Uzbekistán presentados en el informe principal.

Diferentes procesos de desarrollo históricos en Europa Occidental y Europa Oriental (Eurasia) han determinado desarrollos muy divergentes de los recursos del suelo disponibles. Por lo tanto es difícil compilar una evaluación cualitativa consistente de este recurso en un marco único. La Tabla 3 enumera las principales amenazas en la región que reflejan las fuertes diferencias entre Europa occidental y Europa oriental (Eurasia). El sellado de suelos y la ocupación del territorio por infraestructuras y viviendas son las amenazas predominantes al suelo de Europa occidental, mientras la salinización y sodificación del suelo son las amenazas predominantes para los suelos de Europa oriental (Eurasia). Ambos figuran como principales prioridades de Europa del Este pero no muestran ningún signo de mejora a corto plazo. Común a toda la región es la preocupación de la contaminación de los suelos, principalmente relacionado a un gran número de sitios contaminados que son la herencia de una muy larga historia de industrialización. Esto es especialmente cierto en el occidente de Europa. Mientras que un inventario completo de todos los sitios contaminados para toda la región aún es requerido, existen signos de mejoramiento, con incremento del número de sitios que están remediándose y una legislación ambiental más estricta sobre los productos químicos que se aplican, especialmente en la Unión Europea. Las restantes amenazas al suelo son de menor importancia en la región y en algunos casos muestran signos de mejoramiento, como la erosión del suelo (debido al incremento de la cobertura boscosa) y la acidificación (debido a las regulaciones más estrictas sobre las emisiones atmosféricas de la industria).

Tabla 3 | Resumen de las amenazas al suelo (listado en orden de importancia), condición, tendencia e incertidumbre para Europa y Eurasia.



Amenazas para la función del suelo	Resumen
Sellado del suelo y ocupación del territorio	En la densamente poblada Europa occidental el sellado del suelo es uno de los fenómenos más amenazantes.
Salinización y sodificación	La salinización es una amenaza generalizada en Asia Central, y es un desafío en algunas áreas de España, Hungría, Turquía y Rusia.
Contaminación	La contaminación de los suelos es un problema extendido en Europa. Los contaminantes más frecuentes son los metales pesados y el petróleo mineral. La situación está mejorando en la mayoría de las regiones.
Cambio de carbono orgánico	La pérdida de carbono orgánico es evidente en la mayoría de los suelos agrícolas. El drenaje de las turberas en países del norte también conduce a la pérdida rápida de carbono orgánico. En Rusia, áreas extensas de tierras agrícolas fueron abandonadas resultando en una acumulación rápida de materia orgánica; sin embargo, algunas de estas áreas son ahora nuevamente utilizadas para la agricultura.
Desequilibrio de nutrientes	En la parte oeste de la región, la pérdida de nutrientes esta compensada por la aplicación de altas dosis de fertilizantes. En la parte este el uso de fertilizantes es insuficiente, y en la mayoría de los suelos la minería de nutrientes resulta en la meteorización intensa de los minerales.
Erosión del suelo	La erosión hídrica es activa en todas las áreas montañosas y onduladas cultivadas; la peor situación se observa en Turquía, Tayikistán y Kirguistán. Debido a la atención prestada, esta amenaza está controlada en la mayoría de las áreas, especialmente en la UE.
Pérdida de la biodiversidad del suelo	La pérdida de la biodiversidad se espera en las áreas más urbanizadas y contaminadas de la región. Sin embargo, casi no hay estimaciones cualitativas de la pérdida de biodiversidad en los suelos.
Acidificación del suelo	La acidificación debida a la lluvia ácida fue un desafío en el Norte y Oeste de Europa. La situación actual está mejorando, aunque se necesitarán muchas décadas para la recuperación completa del suelo.
Anegamiento	El anegamiento está asociado mayormente con el riego en los países de Asia Central. La mayoría de los suelos cultivados de riego sufren anegamiento. Este fenómeno en Asia Central esta comúnmente asociado con la salinización.
Compactación	El uso de maquinaria pesada y el sobrepastoreo amenazan casi todas las áreas agrícolas.



	Condición y Tendencia					Confianza	
	Muy pobre	Pobre	Regular	Buena	Muy buena	En condición	En tendencia
		↘					
		↘					
		↗					
		↗↘					
		↗↘					
			↗				
			↘				
			↗				
			↗↘				
			↗↘				

América Latina y el Caribe

En América Latina y el Caribe (LAC), el suelo es un recurso esencial para cubrir las necesidades de una población de rápido crecimiento. Se estima que el potencial agrícola de LAC está cerca de 800 millones de ha de tierra. Sin embargo, la mayor parte de esta tierra está bajo la lluviosa selva tropical, y la deforestación podría iniciar varios procesos de degradación de suelo con efectos dramáticos sobre muchas funciones del ecosistema. La Tabla 4 presenta un resumen de las amenazas al suelo (listado en orden de importancia), condición del suelo, tendencias e incertidumbres para América Latina y el Caribe.

En términos de recursos naturales, América Latina es una de las regiones más ricas del mundo. Con sólo un ocho por ciento de la población mundial, tiene el 23 por ciento de las tierras potencialmente cultivables del mundo, 12 por ciento de la tierra actualmente cultivada, 46 por ciento de los bosques tropicales del mundo y el 31 por ciento del agua dulce del planeta.

La conversión agrícola de los ecosistemas naturales (pasto-arbustos-sabanas y bosque) en LAC es del orden del 30 por ciento, representando algo más de 600 millones de ha de agro-ecosistemas. Una parte significativa de estas áreas está afectada por procesos de degradación. El cambio climático y la presión humana son los principales factores impulsores de la degradación del suelo en la región. La degradación del suelo afecta a la regulación del clima y también implica la pérdida de biodiversidad y resiliencia del suelo y una incrementada vulnerabilidad de los asentamientos humanos a las perturbaciones naturales y los eventos meteorológicos extremos.

Las principales amenazas del suelo en LAC están relacionadas a las características naturales de la fisiografía y el tipo de cubierta vegetal. Las características culturales y humanas tales como las malas prácticas agrícolas que pueden resultar de la posesión insegura de la tierra, investigaciones insuficientes, y especialmente la falta de servicios de extensión también juegan un papel importante. La erosión hídrica y deslizamientos de tierra son factores principales de degradación en las laderas de las montañas, especialmente cuando las tierras son quemadas o sobrepastoreadas, mientras que la erosión eólica se concentra principalmente en las regiones más secas. La pérdida de carbono del suelo ocurre mayormente después de la deforestación. En lugares con agricultura más intensiva utilizando maquinaria agrícola, otras amenazas como la salinización, desequilibrio de nutrientes, pérdida de biodiversidad y compactación pueden ser importantes.

En general, los servicios de los ecosistemas más importantes afectados en LAC son: regulación del clima a través de la alteración del ciclo del C y N debido a la deforestación, especialmente en bosques tropicales y húmedos; la regulación del agua a través de cambios en la cantidad y calidad de la producción de agua en las montañas, también debidos a la deforestación de laderas acompañadas de una fuerte erosión hídrica y deslizamientos; la producción de alimentos en tierras en pendiente, también debido a la deforestación y erosión causada por la inadecuada práctica de uso de la tierra y sin medidas de conservación; y la pérdida de la biodiversidad debido a la deforestación y cambio en el uso y cobertura de la tierra. Dos casos estudiados son presentados en el informe principal y están enfocados en la degradación del suelo en Argentina y Cuba.

Un sistema de información ampliado de los recursos naturales es necesario en muchos países de LAC, con el fin de realizar un mejor diagnóstico y estudio de las condiciones del suelo y del nivel de degradación, y para identificar soluciones adecuadas, incluyendo la planificación del uso de la tierra y la legislación apropiada. La prevención es el camino más rentable para evitar el deterioro de las condiciones físicas del suelo. Técnicas diferentes de laboreo de conservación han demostrado, en varios países de LAC, ser una buena práctica para cultivos anuales y permanentes. El laboreo de conservación puede mejorar la calidad y la estructura física del suelo así como la fertilidad química. Otras recomendaciones incluyen la difusión de resultados de una buena investigación, la adopción de prácticas indígenas relacionadas con la reducción de la deforestación en áreas de bosques tropicales, y riego de zonas secas.

Tabla 4 | Resumen de las amenazas al suelo (listado en orden de importancia), condición, tendencia e incertidumbre para América Latina y el Caribe.



Amenazas para la función del suelo	Resumen
Erosión del suelo	Extendida a lo largo de la región. Los deslizamientos son acelerados por el uso de la tierra en áreas altas en pendiente.
Cambio de carbono orgánico	Los descensos son causados por la deforestación, cultivo intensivo de pastizales y monocultivo.
Salinización y Sodificación	Causadas por la inadecuada tecnología de riego y calidad del agua. El cambio del uso de la tierra también promueve la salinización.
Desequilibrio de Nutrientes	La mayoría de los países tienen balances negativos de nutrientes debido a la sobre-extracción. En algunos casos la sobre-fertilización también causa desequilibrio de nutrientes.
Pérdida de la biodiversidad del suelo	Se sospecha que ocurre en áreas de deforestación y sobre-explotación agrícola.
Compactación	Causada por el sobrepastoreo y el tráfico agrícola intensivo.
Anegamiento	Debido a la deforestación y pobres condiciones estructurales en suelos agrícolas.
Acidificación del suelo	La acidificación del suelo está limitada a algunas áreas con uso excesivo de fertilizantes de N.
Contaminación	Las fuentes industriales causan la contaminación de suelos en algunos lugares. La contaminación difusa de suelos prevalece en sitios con agricultura intensiva (por ejemplo, residuos de herbicidas).
Sellado del suelo y ocupación del territorio	En algunos valles y llanuras de inundación, la urbanización se ha expandido sobre suelos fértiles.

	Condición y Tendencia					Confianza	
	Muy pobre	Pobre	Regular	Buena	Muy buena	En condición	En tendencia
Estable =		↙					
Variable ↗↘		↙					
Mejorando ↗		↙					
Deteriorando ↘		↙					
Evidencia y consenso es bajo 			↗↘				
Evidencia y consenso limitado 		↙					
Evidencia adecuada de alta calidad y alto nivel de Consenso 			=				
			↗↘				
			↗↘				
			↗↘				

Cercano Oriente y Norte de África

La región Cercano Oriente y Norte de África (NENA) tiene un área de tierra aproximada de 14.9 millones de km² que es casi en su totalidad hiper-árida, árida o semi-árida. La región ocupa el área del corazón de las tierras secas del mundo; los recursos de tierra en la región se enfrentan a tres limitaciones climáticas, que en parte son inducidas por el hombre: aridez, la sequía recurrente y la desertificación. La tabla 5 presenta un resumen de las amenazas al suelo (listado en orden de importancia), condiciones del suelo, tendencias e incertidumbres para el Cercano Oriente y Norte de África.

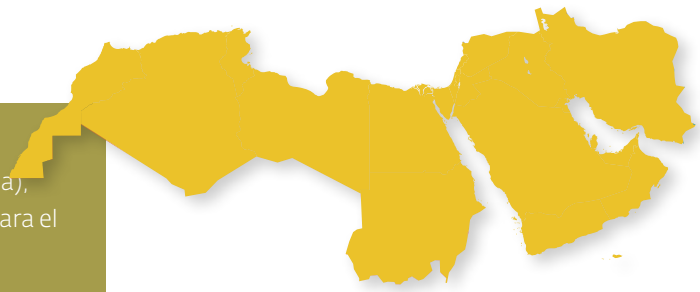
Aunque existe una gran cantidad de estudios locales y nacionales de los cambios del suelo en la región de NENA, un enfoque sistemático y estandarizado hace falta. Los resultados sobre la extensión y la intensidad de los procesos de cambio del suelo aún se refieren a los estudios de EGDS llevado a cabo a finales de la década de 1980. No obstante, como se muestra en los estudios prácticos de Túnez e Irán, enfoques nacionales hacia las evaluaciones del cambio del suelo son posibles y generan resultados verificables.

La degradación de los recursos naturales en tierras arables es considerada como una de las principales amenazas para la producción agrícola en todos los países de la región. La capacidad y calidad de los servicios ecosistémicos son reducidas considerablemente por la degradación causada por la salinidad, erosión, contaminación y factores de gestión que conducen a la pérdida de materia orgánica del suelo. La erosión hídrica es predominante en aquellas partes de la región donde hay terrenos en pendiente y la agricultura de secano es practicada, la cual puede ocurrir en áreas de pendiente suave. La erosión eólica es también un factor causante de la pérdida de la capa superior del suelo. Densas y frecuentes tormentas de arena se llevan la capa superior del suelo (capa vegetal o capa arable), enterrando suelos fértiles y llenando los canales de riego. Por ejemplo, Irán tiene un promedio de 60 días al año de días polvorientos y tormentas de arena, mientras que en ciertas regiones de Irak pueden llegar a ser 300 días. El incremento de la población ha resultado en la alteración del suelo debido a las actividades humanas sin control, como la minería y canteras a cielo abierto, que han desencadenado y acelerado procesos erosivos. La degradación debida a la salinidad y sodificación varía geográficamente con el clima, las actividades agrícolas, los métodos de riego y políticas de gestión del territorio, y está principalmente restringida a sistemas de cultivo de riego. Las causas incluyen suelos salinos y sódicos, intrusión de agua marina y riego con agua subterránea de baja calidad. La degradación debida a la contaminación se encuentra principalmente en países con alta población, elevada producción de petróleo o minería intensa. En sistemas de cultivo de regadío con excesivo uso de químicos, las cargas de elementos tóxicos que percolan al agua subterránea se incrementan.

La salinidad ha reducido en gran medida el rendimiento del cultivo (por ejemplo, de 5 a 0,5 toneladas por ha⁻¹), con pérdidas económicas anuales estimadas en cerca de un billón de \$US, equivalentes a 1 604 \$US ha⁻¹ y 2 748 \$US ha⁻¹. En algunos países el daño a la productividad del suelo fue estimado en un rango del 30 al 35 por ciento de la productividad potencial.

Las respuestas para revertir la degradación causada por la erosión incluyen la mejora de la resiliencia del suelo a través del incremento de los insumos de C usando estiércol orgánico, compost, acondicionadores sintéticos del suelo y medidas de conservación de suelos en terrenos con pendiente. Se determinó que las políticas positivas del gobierno y la legislación, y los factores socioeconómicos a nivel nacional invierten la degradación de la tierra debida a la erosión. Los esfuerzos para la recuperación de suelos afectados por sales consisten principalmente en el lixiviado de sales y la intervención en el drenaje, la gestión basada en los cultivos, correctores químicos y orgánicos, fertilizantes, el uso de plantas tolerantes a la sal, y la gestión de los cultivos y la fitoremediación. Las formas para contener la degradación causada por la contaminación por petróleo incluyen técnicas que pueden eliminar parcialmente los hidrocarburos mediante una intensificada descomposición y bio-remediación utilizando algunas especies de pastos. Con un control efectivo de la desertificación, la tasa anual potencial de captura de C podría alcanzar valores de 0,2 a 0,4 Pg C año⁻¹, en comparación con el 1,0 Pg C año⁻¹ en el total de tierras secas del mundo.

Tabla 5 | Resumen de las amenazas al suelo (listado en orden de importancia), condición, tendencia e incertidumbre para el Cercano Oriente y Norte de África.



Amenazas para la función del suelo	Resumen
Erosión del suelo	La erosión eólica y las tormentas de arena son un problema en toda la región. La estabilización de la arena en las áreas de origen es difícil y costosa de realizar. La erosión hídrica puede ser controlada con manejo adaptativo.
Salinización y sodificación	La salinización es un problema generalizado en la región debido a las altas temperaturas, prácticas inapropiadas de riego e intrusión de agua marina en áreas costeras. Existe una investigación adecuada y conocimientos técnicos en la región para contrarrestar el problema. Las condiciones socio-económicas obstaculizan su implementación generalizada en algunos países.
Cambio de carbono orgánico	Las altas temperaturas en la mayor parte de la región resultan en una muy alta renovación del carbono orgánico del suelo. El cambio en el COS es sensible a los cambios en la gestión del suelo.
Contaminación	La contaminación es localmente un problema significativo en la región, particularmente en áreas urbanizadas que producen residuos vertidos sobre la tierra y en áreas que producen petróleo.
Sellado	La expansión sustancial de la vivienda, canteras e infraestructuras es una preocupación. No existen datos fiables sobre el sellado y la ocupación del territorio.
Compactación	La compactación es un problema donde los suelos arcillosos densos son intensamente labrados (por ejemplo, Vertisoles con regadío y secano) y en menor medida es causada por los vehículos todo-terreno.
Pérdida de la biodiversidad del suelo	El grado de pérdida de la biodiversidad de los suelos debido al impacto humano es desconocido en la región NENA. Se requieren más estudios para entender el alcance del problema.
Acidificación del suelo	Dadas las condiciones secas a lo largo de la mayor parte de la región, la acidificación está restringida a algunas áreas costeras con mayor precipitación.
Desequilibrio de nutrientes	El desequilibrio de nutrientes ocurre en áreas con cultivos continuos donde los nutrientes se pierden en los cultivos cosechados y donde no hay barbecho, con la aplicación de estiércol o fertilizantes minerales.
Anegamiento	El anegamiento es un problema muy localizado en la región restringido a riadas, áreas intensivamente regadas y aumento excesivo del nivel del agua en el subsuelo.

	Condición y Tendencia					Confianza	
	Muy pobre	Pobre	Regular	Buena	Muy buena	En condición	En tendencia
↙							
		↙					
		↙					
↙							
↙							
		↙					
		↙					
					=		
				=			
				=			

Estable
=

Variable
↗↘

Mejorando
↗

Deteriorando
↘

Evidencia y consenso
es **bajo**


Evidencia y consenso
y **alto nivel**
limitado


Evidencia **adecuada**
de alta calidad
de consenso


América del Norte

América del Norte tiene una vasta área dedicada a la producción de alimentos, fibras y forraje - aproximadamente 180 millones de ha de tierras de cultivo y otros 200 millones de ha de pastizales. Las grandes áreas boscosas y de tundra de América del Norte juegan un rol vital en la regulación del clima y el agua y son potencialmente vulnerables al cambio climático inducido por el hombre, pero los efectos directos de la actividad humana sobre las funciones del suelo son menos evidentes en estas áreas.

En general, ha habido un progreso significativo en la reducción de amenazas a la función del suelo en América del Norte, pero las principales áreas de preocupación permanecen amenazadas. La Tabla 6 presenta un resumen de las amenazas del suelo (listadas en orden de importancia), la condición del suelo, tendencias e incertidumbres para América del Norte

Tanto la erosión eólica como la hídrica han disminuido significativamente en América del Norte. El impulsor más grande para esta disminución es la reducción de labranza en muchos sistemas de cultivo junto con una importante disminución en el barbecho de verano en las Grandes Llanuras de Canadá. Las tasas de erosión permanecen estables, sin embargo están por encima de lo que se cree son niveles tolerables en la ecoregión de las Praderas Templadas de los Estados Unidos y en toda la ecoregión de las Llanuras de Bosque Mixtas de Canadá y los Estados Unidos. La aportación de altos niveles de partículas de nitrógeno (N) y fósforo (P) a cursos de agua en estas ecoregiones es un importante contribuyente a los problemas de calidad del agua asociados con los nutrientes en ríos y lagos del centro y el este de América del Norte y los océanos circundantes.

La excesiva aplicación de nutrientes ocurre en varias regiones de América del Norte. El excesivo uso de nutrientes causa problemas sustanciales en la calidad del agua y es la principal fuente de emisiones de N_2O a la atmósfera en América del Norte. Aunque una amplia variedad de prácticas de buena gestión para la óptima aplicación de nutrientes y control de la erosión han sido desarrolladas y promovidas, los problemas de erosión y el desequilibrio de nutrientes persisten.

A escala regional, la salinización es una preocupación creciente en áreas tales como las Praderas Semiáridas del centro oeste en Dakota del Norte. Al igual que con la erosión hídrica, los cambios en la salinización están asociados a los cambios inducidos por el clima en el sistema hidrológico y a la respuesta humana a estos cambios.

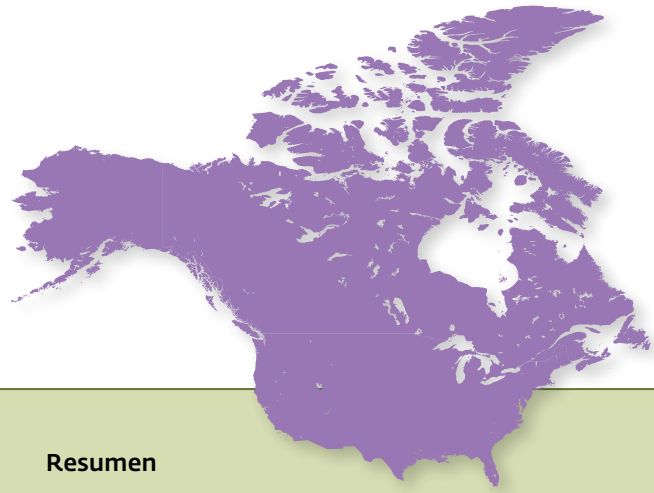
Las amenazas a las funciones del suelo planteadas por la contaminación y la acidificación han disminuido en las últimas décadas debido tanto a la legislación transnacional, como el Acuerdo de Calidad del Aire de 1991 entre Canadá y los Estados Unidos, como a regulaciones fortalecidas en todos los niveles del gobierno. No obstante, importantes problemas heredados persisten, así como las preocupaciones específicas en áreas con mayor actividad de extracción de recursos.

Tanto el sellado y como el anegamiento han sido relativamente poco estudiados en América del Norte y no se perciben generalmente como amenazas principales. En el caso del sellado la falta de preocupación está fuera de lugar - la pérdida de tierras de cultivo de alta calidad tanto en Canadá como en los Estados Unidos es significativa y debe ser mejor cuantificada. En ambos países la pérdida de humedales es probablemente un problema mayor que el anegamiento, y debe ser considerada con más detalle en los futuros informes. La compactación continúa planteando una amenaza para los suelos agrícolas y forestales, pero no representa un área importante de investigación o evaluación y por lo tanto es difícil evaluar su significancia regional.

Los cambios en las reservas de carbono en América del Norte han sido ampliamente modelizados como parte de los programas nacionales de información sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, pero sólo en pocos paisajes los modelos están adecuadamente respaldados por las observaciones de campo. Existen varias diferencias regionales en el cambio de COS dentro de América del Norte - por ejemplo, en Canadá el COS ha incrementado en la ecoregión de las Praderas Templadas pero continuas pérdidas se han experimentado en las planicies de Bosques Mixtos de Ontario y Quebec. La mayor incertidumbre que rodea el cambio de COS radica en la respuesta del COS en suelos de permafrost y turberas en el norte de Canadá y Alaska al cambio climático, y un mejor monitoreo de esta respuesta es esencial. Más allá del cambio en el almacén de C como tal, la proporción de C liberado como CH₄ de estos ambientes es también una preocupación significativa.

La mayor incertidumbre sobre las amenazas a las funciones del suelo radica en nuestra limitada comprensión de los cambios en la biodiversidad del suelo en el pasado y el presente, y las implicaciones de estos cambios para la gestión sostenible del suelo. Los programas tales como la recientemente establecida Iniciativa Biodiversidad del Suelo Global son esenciales si se quiere progresar en esta área.

Tabla 6 | Resumen de las amenazas al suelo (listado en orden de importancia), condición, tendencia e incertidumbre para América del Norte.



Amenazas para la función del suelo	Resumen
Erosión del suelo	La labranza reducida y la mejora de la gestión de residuos han bajado las tasas de erosión en regiones como las Grandes Llanuras en Canadá pero las tasas de erosión hídrica continúan siendo demasiado altas en el norte del Medio Oeste de Estados Unidos y áreas agrícolas del centro y Atlántico de Canadá.
Desequilibrio de nutrientes	El excesivo uso de fertilizantes en muchas regiones causa degradación significativa de la calidad del agua superficial y un incremento de las emisiones de óxido nítrico a la atmósfera. La contaminación del agua superficial está fuertemente ligada a la gran tasa de erosión, y ocurre en las mismas regiones (norte y medio-oeste de E.E.U.U., Cuenca del río Mississippi, y regiones agrícolas de Canadá central).
Cambio de carbono orgánico	La mayoría de las tierras de cultivo en los EE.UU. y Canadá han mostrado mejoras en el almacenamiento de COS debido a la amplia adopción de la agricultura de conservación (por ejemplo, labranza reducida y mejora en la gestión de residuos). Hay una falta de validación de campo para apoyar los resultados de la modelización a nivel nacional. La pérdida de COS en los suelos del norte y el Ártico debido al cambio climático es la mayor preocupación.
Pérdida de la biodiversidad del suelo	El grado de pérdida de la biodiversidad del suelo debido al impacto humano es en gran parte desconocida en América del Norte. Los efectos del creciente uso de químicos en la agricultura, especialmente pesticidas, sobre la biodiversidad es una importante preocupación pública. Los niveles conocidos de pérdida de carbono sugieren una pérdida similar en la biodiversidad.
Compactación	La compactación continúa siendo un problema de menor preocupación, especialmente en regiones con contraste en la textura de suelos (Luvisol, Alfisol, Ultisol). El impacto de la compactación a escala regional sobre el crecimiento de las plantas es en gran parte desconocido.
Sellado del suelo y ocupación del territorio	La expansión sustancial de la vivienda y la infraestructura en las zonas de cultivo de alta calidad sigue en ambos países pero (erróneamente) no se percibe como un problema. Ningún país tiene datos fiables sobre el sellado y la ocupación de la tierra.
Salinización y sodificación	Se cree que la salinización está aumentando en algunas partes del norte de las Grandes Llanuras en EE.UU. pero el riesgo de salinización está decreciendo en el oeste de Canadá.
Contaminación	Aunque existen muchas áreas contaminadas heredadas, los sistemas de regulación mejorados en ambos países han limitado la creación de nuevas áreas de contaminación. La alteración de la tierra a gran escala debido a la actividad de extracción de recursos continúa siendo un problema significativo.
Acidificación del suelo	La legislación ambiental transfronteriza ha reducido significativamente la acidificación del suelo en áreas boscosas del este y centro de América del Norte. Áreas localizadas de acidificación en tierra agrícola manejadas a través de la aplicación de cal.
Anegamiento	El anegamiento no se cree que sea una amenaza significativa en América del Norte. Las inundaciones localizadas han ocurrido debido a eventos con intensa precipitación en la pasada década. La pérdida de humedales es una amenaza más significativa en América del Norte.



	Condición y Tendencia					Confianza	
	Muy pobre	Pobre	Regular	Buena	Muy buena	En condición	En tendencia
			↗				
		↘					
			↗				
			↗↘				
			=				
			↘				
			↗↘				
				↗			
				↗			
				=			

Sudoeste del Pacífico

La región del Suroeste del Pacífico incluye las 22 naciones insulares del Pacífico, Nueva Zelanda y Australia. El estado del recurso suelo en la región es mixto. La región es una importante exportadora a nivel mundial de productos agrícolas y casi todos los 24 países dependen en gran medida de los suelos para su riqueza. Las amenazas a la función del suelo en algunos países son serias y requieren una acción inmediata para evitar costos económicos y pérdidas ambientales a gran escala. Estas amenazas a la función del suelo combinadas con otras presiones causadas por el incremento de la población y el cambio climático son especialmente desafiantes en el suroeste de Australia Occidental y sobre las islas Atolones del Pacífico. Es difícil evaluar algunas amenazas debido a la falta de levantamientos y redes de monitoreo. La Tabla 7 presenta un resumen de las amenazas al suelo (listadas en orden de importancia), la condición del suelo, tendencias e incertidumbres para el Sudoeste del Pacífico.

La acidificación es un problema generalizado y serio que tiene el potencial para causar daños irreversibles a los suelos particularmente en el sur de Australia y paisajes tropicales donde la eliminación y lixiviación de recursos son factores que contribuyen en dicha degradación. También afecta a la región montañosa de Nueva Zelanda.

Prácticas mejoradas de gestión de tierras en Australia y Nueva Zelanda han reducido las tasas de erosión, pero el problema sigue siendo serio en algunos distritos. Las tasas insostenibles de pérdida de suelo están asociadas con la tala y el desmonte en varias naciones del Pacífico (por ejemplo, Papua Nueva Guinea y las Islas Salomón).

La conversión de tierras a usos agrícolas ha causado generalmente grandes pérdidas de COS. La mejora de prácticas de gestión de tierras ha estabilizado la situación pero hay evidencia limitada del incremento del carbono del suelo incluso bajo estos sistemas de gestión en favor de la conservación.

La rápida intensificación de la agricultura en Nueva Zelanda, y más recientemente Australia está causando un impacto ambiental significativo, particularmente debido al gran incremento en el uso de fertilizantes y del número de animales rumiantes. En otros distritos, la minería y disminución de nutrientes están ocurriendo debido a la insuficiente reposición de nutrientes eliminados por medio de la cosecha o de otras vías de pérdida.

La limitada evidencia sugiere que la compactación del suelo está restringiendo el crecimiento de plantas en grandes áreas, particularmente en tierras de cultivos y pastizales de Australia y áreas más pequeñas en Nueva Zelanda. El control de tráfico y otras mejoras en la gestión de granjas podría haber detenido esta declinación de la fertilidad física del suelo.

La pérdida de tierras agrícolas de buena calidad debido a la expansión urbana e industrial es un problema emergente y potencialmente grave para todos los países de la región. La mayoría de las fuentes de contaminación del suelo están ahora reguladas y controladas, aunque el legado de las prácticas pasadas es significativo (por ejemplo, cadmio en los fertilizantes). La contaminación causada por la extracción y la eliminación de residuos es un problema significativo para varias naciones del Pacífico.

La salinización es un problema muy extendido y costoso en Australia y algunas islas Atolones. Después de una pausa temporal debido a los años de sequía, el problema puede continuar su expansión en Australia durante las próximas décadas.

La tasa de pérdida de la biodiversidad del suelo fue probablemente más alta durante la expansión de la agricultura (particularmente durante los últimos 100 años) y puede haber disminuido en los últimos años. Sin embargo, la información de referencia y las tendencias es inexistente en casi todos los distritos y países.

La intensificación del uso de la tierra en Nueva Zelanda y en menor medida Australia proporciona una indicación de los desafíos de gestión del suelo que van a dominar en los próximos años mientras los países tratan de incrementar sustancialmente la producción de alimentos en un mundo con recursos limitados. Las inadecuadas prácticas de gestión de la tierra, y especialmente la tala incontrolada, en los países de bajos ingresos del Sudoeste del Pacífico son un gran desafío para su prosperidad nacional.

Tabla 7 | Resumen de las amenazas al suelo (listado en orden de importancia), condición, tendencia e incertidumbre para el Suroeste del Pacífico.



Amenazas para la función del suelo	Resumen
Acidificación del suelo	Un problema generalizado y serio que tiene el potencial de causar daños irreversibles a los suelos particularmente en el Sur de Australia, paisajes tropicales y áreas en las que la eliminación y lixiviación de los recursos son factores que contribuyen.
Erosión del suelo	Las prácticas mejoradas de manejo de tierra en Australia y Nueva Zelanda han reducido las tasas de erosión pero el problema sigue siendo serio en algunos distritos. Las tasas insostenibles de pérdida del suelo están asociadas con la tala y el desmonte en varias naciones del Pacífico.
Cambio de carbono Orgánico	La conversión de tierra a usos agrícolas ha causado generalmente grandes pérdidas de carbono orgánico en los suelos. Las prácticas mejoradas de gestión de suelos han estabilizado la situación pero aún no existe una clara evidencia del incremento del carbono del suelo, incluso bajo estos sistemas de gestión de conservación.
Desequilibrio de nutrientes	La rápida intensificación de la agricultura en Nueva Zelanda y más recientemente en Australia está causando impactos ambientales significativos, particularmente debido al gran incremento en el uso de fertilizantes y animales rumiantes. En otros distritos, la extracción y reducción de nutrientes está ocurriendo debido al reemplazo insuficiente de nutrientes eliminados a través de la cosecha u otras vías de pérdida.
Compaction	Des preuves limitées suggèrent que le problème est une contrainte pour la croissance des plantes dans de vastes zones, en particulier dans les terres agricoles et les pâturages d'Australie et des zones plus petites en Nouvelle-Zélande. Une circulation contrôlée et d'autres pratiques améliorées de gestion pourraient avoir interrompu cette baisse de la fertilité physique des sols.
Sellado del suelo y cobertura	La pérdida de tierras agrícolas de buena calidad debido a la expansión urbana e industrial es un problema emergente y potencialmente el mayor para todos los países en la región.
Contaminación	La mayoría de las fuentes de contaminación del suelo están actualmente reguladas y controladas, aunque el legado de prácticas del pasado es significativo (por ejemplo, Cd en fertilizantes). La contaminación causada por la extracción y la eliminación de residuos es un problema significativo para varias naciones del Pacífico.
Salinización y sodificación	La salinización es un problema muy extendido y costoso en Australia y algunas islas Atolones. Después de una pausa temporal debido a los años de sequía, el problema puede continuar su expansión y el tiempo para equilibrarlo probablemente sea del orden de décadas.
Pérdida de la biodiversidad del suelo	Las tasas más altas de pérdida fueron probablemente las más altas durante la expansión de la agricultura, particularmente en los últimos 100 años, y esto puede haber disminuido. Sin embargo, la información de referencia y tendencia aún falta casi en todos los distritos y países.
Anegamiento	El anegamiento es una limitación a la producción agrícola en algunos años húmedos, pero falta evidencia sobre su alcance y severidad. Grandes áreas fueron drenadas para solucionar el problema, particularmente en Nueva Zelanda y partes de la costa de Australia.



	Condición y Tendencia					Confianza	
	Muy pobre	Pobre	Regular	Buena	Muy buena	En condición	En tendencia
		↘					
			↗				
		↕					
			↘				
			=				
				↘			
				↗			
			=				
			↕				
				=			

Antártida

Los suelos aparecen sólo en áreas muy pequeñas libres de hielo de la Antártida, mayormente en la Península Antártica y a lo largo de las Montañas Transantárticas. El enfoque de los estudios de suelos Antárticos no se centra en su potencial para la producción de alimentos sino en su génesis, diversidad y vulnerabilidad a los impactos de la actividad humana.

La mayoría de las actividades humanas en la Antártida están concentradas en las pequeñas y relativamente accesibles áreas libres de hielo en la costa, particularmente en la región del Mar de Ross y la Península Antártica. En los últimos sesenta años, la actividad humana se ha incrementado significativamente con más de 70 bases de investigación científica establecidas. El turismo náutico antártico se ha convertido en popular con 46 000 turistas reportados en el verano de 2007/08 y 27700 en la temporada 2013/14. La cantidad de suelo contaminado y residuos ha sido estimada entre uno y diez millones de m³ y la presencia de contaminantes órgano-clorados persistentes ha sido atribuida al transporte atmosférico de larga-distancia desde latitudes más bajas. Los derrames de combustible son la fuente más común de contaminación del suelo y pueden persistir en el medio ambiente durante décadas.

Los suelos Antárticos se perturban fácilmente y las tasas de recuperación natural son lentas debido a las bajas temperaturas y a menudo a la falta de humedad líquida. El pavimento desértico más antiguo y meteorizado y suelos asociados a este, son los más vulnerables a la perturbación física humana. Las superficies activas (por ejemplo, playas de grava, dunas de arena y áreas donde fluye el agua de deshielo) se recuperan de la perturbación de forma relativamente rápida.

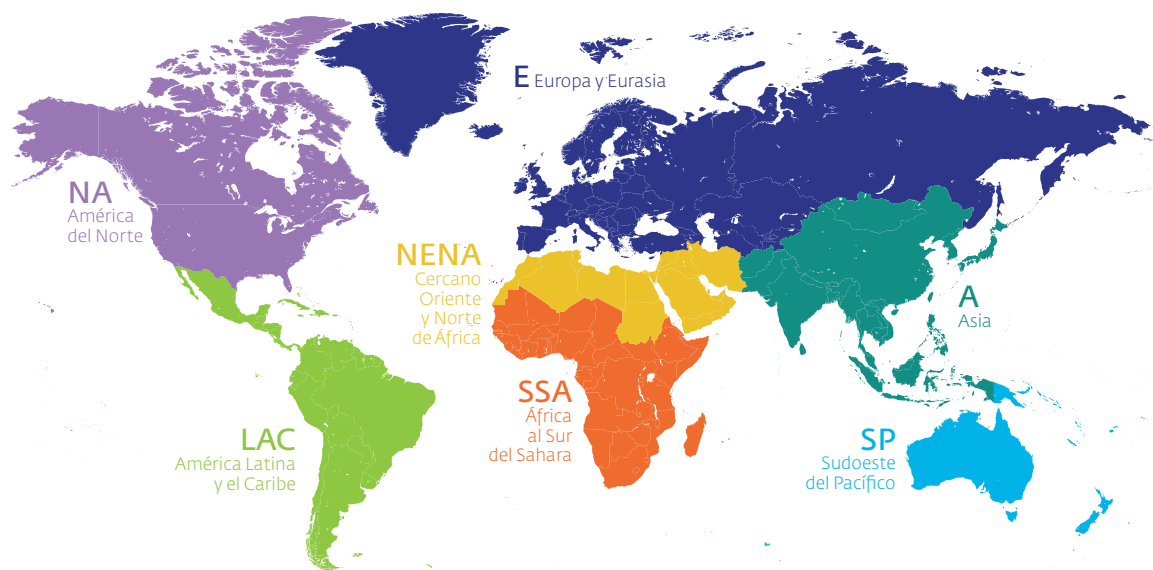
Todas las actividades en la Antártida son reguladas mediante leyes nacionales de los países activos en la región y están respaldadas por las obligaciones legales internacionales resultantes del Sistema del Tratado Antártico. El Protocolo de Madrid designa a la Antártida como "una reserva natural dedicada a la paz y la ciencia". Se requiere una evaluación de impacto ambiental antes de iniciar cualquier actividad. Desde la ratificación del Protocolo en 1991, la conciencia ambiental se ha incrementado y estrictos estándares existen ahora. Los procedimientos para prevenir derrames, eliminar desechos, eliminar gradualmente la incineración, limitar la perturbación del suelo y proteger los sitios de importancia cultural o significancia ambiental, están demostrando ser efectivos en la prevención de posteriores daños a los suelos Antárticos.



Resumen global de las amenazas a las funciones del suelo

La Tabla 8 presenta un resumen global de la condición y tendencia de las diez amenazas al suelo, excluyendo la Antártida. Las amenazas son mencionadas en orden de prioridad. Si bien hay causas para el optimismo en algunas regiones, la conclusión abrumadora de la evaluación regional es que la mayoría del recurso suelo del mundo se encuentra solamente en estado aceptable, pobre o muy pobre. Las amenazas más significativas a la función del suelo a escala global son la erosión del suelo, la pérdida de COS y el desequilibrio de nutrientes. El panorama actual es que esta situación empeorará si no se toman acciones concertadas por los individuos, el sector privado, gobiernos y organizaciones internacionales.

Tabla 8 (Página siguiente) | Resumen del estado y tendencia frente a las 10 amenazas a los suelos para las regiones (excluyendo Antártida) (leyenda más abajo) – las amenazas están listadas en orden de importancia.



Amenaza en función del suelo	Condición y Tendencia				
	Muy pobre	Pobre	Justa	Buena	Muy Buena
Erosión del Suelo	↘ NENA	↘ A ↘ LAC ↘ SSA	↗ E ↗ NA ↗ SP		
Cambio de Carbono orgánico		↗↘ A ↗↘ E ↘ LAC ↘ NENA ↘ SSA	↗ NA ↗↘ SP		
Desequilibrio de nutrientes		↘ A ↗↘ E ↘ LAC ↘ SSA ↘ NA	↘ SP	↗↘ NENA	
Salinización y Sodificación		↗↘ A ↘ E ↘ LAC	↘ NENA ↗↘ SSA	↗ NA ↗↘ SP	
Sellado de suelo y ocupación del territorio	↘ NENA	↘ A ↘ E	↗↘ LAC ↘ NA	= SSA ↘ SP	
Pérdida de la biodiversidad del suelo		↘ NENA ↘ LAC	↗↘ A ↘ E ↘ SSA	↗↘ NA ↗↘ SP	
Contaminación	↘ NENA	↘ A ↗ E	↗↘ LAC	↘ SSA ↗ NA ↗ SP	
Acidificación		↘ A ↗↘ E ↗ SSA ↘ NA	↗↘ LAC ↘ SP	↗↘ NENA	
Compactación		↘ A ↘ LAC ↘ NENA	↗↘ E ↗↘ NA ↗↘ SP	= SSA	
Anegamiento			↘ A ↗↘ E = LAC	↗↘ NENA = SSA ↗↘ NA ↗↘ SP	

Stable =

Variable ↗↘

En amélioration ↗

En détérioration ↘

Política del suelo

Los resúmenes regionales y globales en las secciones anteriores revelan que algunos desafíos en la gestión global del suelo son inmediatos, obvios y serios – surgen en parte debido a la naturaleza de los suelos en las diferentes regiones y de la historia asociada a la gestión de la tierra. Otros problemas son más sutiles pero igualmente importantes en el largo plazo – y requieren vigilancia y una respuesta política sostenida durante décadas. En la actualidad, pocos países cuentan con políticas efectivas para hacer frente a estos problemas.

En 1937, el presidente de los Estados Unidos Franklin D. Roosevelt dijo “La nación que destruye su suelo se destruye a sí misma”. Este quizás es el desafío más conciso y agudo para los legisladores políticos y hoy en día es un desafío demasiado real para políticos y legisladores en algunos países.

La tarea de desarrollar una política efectiva para garantizar una gestión sostenible del suelo no es ni sencilla de articular ni fácil de implementar. Esto es cierto independientemente de la etapa de desarrollo industrial de un país, su dotación natural del recurso suelo o las amenazas inmediatas para la función del suelo. En este informe, se sugiere las siguientes siete vías de política como un punto de partida para la acción junto con un comentario sobre los problemas transversales más amplios.

Educación y sensibilización

El conocimiento del recurso suelo y la tierra es la base para lograr la gestión sostenible del suelo. Se debe integrar en la educación formal, preferentemente en todos los niveles de enseñanza. Algunos países están desarrollando programas de estudio comprehensivos e imaginativos que utilizan el conocimiento del suelo como base para la enseñanza de un amplio rango de temas culturales, sociales, científicos y económicos. A un nivel más avanzado, el entrenamiento tiene que abarcar un nivel de sub-disciplinas de la ciencia del suelo (por ejemplo, física del suelo, química del suelo, biología del suelo y la pedología)

así como las conexiones con otras disciplinas relacionadas como la ecología, silvicultura, agronomía, geología, hidrología y otras ciencias ambientales. El sistema de educación formal también requiere mecanismos de superación, entrenamiento vocacional y extensión. En algunas regiones, el conocimiento de la tierra está profundamente integrado en las culturas y tradiciones indígenas. Este conocimiento requiere formación y apoyo.

Como mínimo, esta vía política implica evaluar si los sistemas de educación y extensión son coordinados y proporcionan suficiente comprensión y entrenamiento para una nación a fin de lograr una gestión sostenible del suelo. Aquellos directamente involucrados en la gestión del suelo requieren una educación suficiente para garantizar que sus acciones son provechosas y sostenibles.

Sistemas de monitoreo y pronóstico

La distribución y características de los suelos en cualquier distrito o nación no son ni obvias ni fáciles de monitorear. Como consecuencia, comprender si el uso de la tierra está bien adecuado a las cualidades del suelo requiere algún tipo de sistema de diagnóstico para identificar la forma más apropiada para gestionar y monitorear el suelo. Cuatro componentes importantes del sistema de diagnóstico necesarios para el uso y manejo sostenible de la tierra son:

- Comprensión de las variaciones espaciales en la función del suelo (por ejemplo, mapas e información espacial);
- Habilidad para detectar e interpretar el cambio del suelo con el tiempo (por ejemplo, vía monitoreo de los sitios, experimentos a largo plazo, indicadores ambientales);
- Capacidad para pronosticar el estado probable de los suelos bajo específicos sistemas de gestión de la tierra y climas (por ejemplo, mediante el uso de modelos de simulación);
- Comprensión de los requerimientos del suelo para las plantas.

La preparación del Informe del Estado Mundial del Recurso Suelo fue intensamente limitada por la falta de información relevante. Las coberturas de mapas de suelos son variables y, en algunas regiones, desactualizadas. La capacidad para monitorear y pronosticar el cambio del suelo es también rudimentaria. Todas las naciones requieren sistemas de información de suelos coordinados paralelos a aquellos existentes en muchos países para datos económicos, del tiempo y de los recursos hídricos.

Esta vía política requiere que los países creen sistemas institucionales apropiados para la recopilación y difusión de información. En el caso de los suelos, esto es complejo debido a las siguientes razones.

- Todos los niveles de gobierno necesitan información fiable sobre el recurso suelo, pero a menudo no hay un nivel único de gobierno o departamento que tenga la responsabilidad de recoger esta información por parte de otras agencias del sector público.
- Los intereses públicos y privados en el suelo son grandes y se superponen, y por lo tanto mecanismos para la inversión conjunta por parte de agencias públicas y privadas son necesarios.
- El fracaso comercial en relación con la oferta y la demanda de información de suelos es un problema significativo y difundido. En el caso más simple, los beneficiarios de la información del suelo no pagan por su colección y esto reduce el fondo de inversión para nuevos programas de estudio, monitoreo y experimentación.
- En parte como resultado de lo anterior, las actividades de recolección de información de suelos en muchos países son actualmente financiadas a través de programas a corto plazo gubernamentales, cooperación internacional, compañías privadas, individuos o como respuesta a requerimientos regulatorios específicos. Esto no produce sistemas de información perdurables, accesibles y ampliamente aplicables, los cuales son necesarios para satisfacer los requerimientos de las partes interesadas.

Como se indica en la Carta Mundial del Suelo, los legisladores deberían abordar los desafíos anteriores y asegurarse de que los sistemas de información de suelos nacionales sean desarrollados y mantenidos. También necesitan asegurarse de que estos sistemas estén integrados con el sistema de información mundial del suelo. Estos sistemas de información necesitan incluir el monitoreo del alcance de la gestión sostenible del suelo y del estado general del recurso suelo.

El desafío a nivel internacional es facilitar la compilación y difusión de informes autoritativos sobre el estado mundial del recurso suelo y la gestión sostenible de los suelos. Un esfuerzo coordinado también es necesario para desarrollar un sistema de información global del suelo preciso y de alta resolución, y asegurar su integración con otros sistemas mundiales de observación de la Tierra.

Informar a los mercados

Un gran número de mercados involucrados con el suelo, lograrán una mayor eficiencia y una mejor asignación de recursos si están informados de forma fiable. Esto puede ir desde los mercados inmobiliarios tradicionales teniendo una mejor información sobre el valor capital del recurso suelo (por ejemplo, el estado de nutrientes de una granja, presencia de contaminantes y opciones para la gestión mejorada del suelo) hasta mercados formales para las reservas de carbono en los suelos y evaluaciones precisas de riesgos para efectos de seguro (por ejemplo, el seguro de cosechas, los riesgos medioambientales).

La supervisión y la regulación de las actividades de mercado es una función central de los gobiernos en la mayoría de los países. Los beneficios productivos y económicos de esta vía política dependen en gran medida del éxito en la primera y segunda vía política. El punto clave de entrada para los legisladores es asegurar la disponibilidad de información fiable del suelo.

Incentivos y regulación apropiados

La cantidad de regulaciones y normativas sobre el uso y gestión de la tierra varía sustancialmente entre países dependiendo en gran medida del grado de intervención gubernamental. Las regulaciones efectivas sobre el uso y manejo de la tierra requieren una buena base de información para establecer límites críticos, para la implementación de los esquemas de zonificación y para el cumplimiento de monitoreo. Si bien esto puede parecer obvio, la regulación de prácticas y gestión del suelo (por ejemplo, la aplicación de estiércol, el uso excesivo de fertilizantes, control de la salinidad de las tierras secas) y la implementación de sistemas de zonificación (por ejemplo, para proteger los mejores suelos agrícolas) implican complejos retos técnicos, institucionales y políticos.

Los países que dependen en menor medida de regulaciones, a menudo optan por planes de incentivos para lograr resultados relacionados. Esto puede ir desde los sistemas de subsidios (por ejemplo, para el fertilizante en los países pobres o la compra de equipos para labranza de conservación en los países más industrializados) hasta varias formas de certificación por la adopción de prácticas específicas de gestión de suelos (por ejemplo, agricultura orgánica). Algunos de estos sistemas tienen fuertes impulsores económicos debido a que son obligatorios para el acceso al mercado (por ejemplo, la participación en las cadenas de suministro a supermercados).

Una vez más, el desafío político depende en gran medida de sistemas organizados para el monitoreo de las condiciones del suelo y para la comprensión de la relación con la gestión del suelo. Sin esta información básica, los legisladores no tienen manera de saber si sus regulaciones y planes de incentivos están alcanzando el resultado deseado. Hacerlo mal puede ser muy costoso.

Asegurar la equidad intergeneracional

Asegurar la equidad intergeneracional se torna más difícil puesto que la presión humana sobre el recurso suelo está alcanzando límites críticos. La mayoría de las culturas tradicionales y los sistemas de agricultura familiar tienen fuertes normas culturales que aseguran que tierras tribales o granjas familiares sean pasadas a la siguiente generación en la misma o mejor condición que cuando fueron heredadas. Sin embargo, cambios dramáticos en la gestión del suelo asociados con la agricultura industrial, la adopción de tecnologías de la revolución verde y la intensificación del uso de la tierra de manera más general, están teniendo un mayor impacto en el recurso suelo (por ejemplo, Tabla 8 y Sección 10). El área de tierra cultivable per cápita está disminuyendo drásticamente (0,45 ha. en 1960, 0,32 ha. en 1980 y un pronóstico de 0,22 ha. en 2020) y es obvio que los intereses de las generaciones futuras no están siendo protegidos.

Muchos países tienen sistemas de información sofisticados para evaluar los problemas relacionados a la equidad intergeneracional (por ejemplo, pronósticos a largo plazo para determinar la viabilidad de los sistemas de pensiones y salud). A pesar de que el análisis del escenario y futuros pronósticos es una actividad desafiante, es fundamental para la preparación nacional y la sostenibilidad a largo plazo. Los legisladores hacen esto como parte de su actividad normal.

Esta vía política requiere que los legisladores incorporen en la política el análisis de las consecuencias de las tendencias actuales en las condiciones del suelo y en la escasez de recursos naturales.

Apoyar la seguridad local, regional e internacional

Se señaló en la introducción que una mayor pérdida de suelos productivos amplificará la volatilidad de precios de los alimentos y expondría a millones de personas a la pobreza. Este sufrimiento humano tiene una serie de riesgos asociados, incluyendo el potencial para

conflictos y disturbios civiles. La degradación de la tierra y la escasez de recursos pueden jugar un papel en el aumento de los conflictos, pero esto conflictos rara vez son impulsados solamente por los recursos. Donde las tensiones sobre el acceso y uso de los recursos naturales existen, estas dependen de una variedad de factores - resultados que pueden a veces derivar de tensión a conflicto violento, pero no siempre. Más a menudo, la degradación de los recursos naturales es un resultado de un conflicto más que una causa. La existencia de degradación de la tierra también puede conducir a soluciones cooperativas. La oportunidad para políticos y responsables de la gobernabilidad del suelo es no sólo ayudar a resolver los conflictos sobre recursos, sino también prevenirlos y encontrar lazos de reciprocidad pacíficos.

Existen muchas otras dimensiones en esta vía política, sin embargo, el punto clave es que los políticos responsables de la seguridad local, regional e internacional necesitan considerar la disponibilidad del recurso suelo y la capacidad de los países para lograr la seguridad alimentaria. Actualmente, tareas aparentemente simples tales como la estimación del área de tierra cultivable y la determinación de la productividad agrícola potencial en algunos países son dificultosas debido a la falta de información básica sobre el recurso suelo.

Comprender interconexiones y consecuencias

Lograr la gestión sostenible del suelo y asegurar el éxito con políticas relacionadas (por ejemplo, la seguridad alimentaria, conservación de la biodiversidad, adaptación al y mitigación del cambio climático) requiere una comprensión de la interconexión de políticas y de las consecuencias de las interacciones. Si bien esto se comprende bien en la mayoría de los campos de la política económica, social y ambiental, la comprensión en relación al recurso suelo ha llegado sólo recientemente. Esto se debe en parte a que los problemas relacionados con el suelo han sido vistos tradicionalmente como asuntos locales y ocasionalmente nacionales. Sin embargo, una serie de preguntas políticas requiere ahora que los suelos sean vistos dentro de un contexto mundial. Por ejemplo:

- ¿Existe suficiente tierra arable con suelos adecuados para alimentar al mundo en las próximas décadas?
- ¿Son las restricciones del suelo en parte responsables de la aparente nivelación de rendimiento para los principales cultivos?
- ¿Cómo interactuará el cambio climático con la distribución de los suelos para producir nuevos patrones de uso de la tierra?

Una visión mundial comprehensiva también es necesaria para tratar los aspectos transnacionales de seguridad alimentaria y degradación de los suelos. Debido al comercio, la mayoría de las personas urbanizadas están protegidas del agotamiento local de los recursos. El área de tierra y agua que se utiliza para apoyar a un ciudadano mundial está dispersa por todo el planeta. Como consecuencia, la degradación de los suelos y la pérdida de producción no son problemas locales o nacionales – realmente son problemas internacionales.

Organizaciones internacionales, gobiernos nacionales e industrias transnacionales tienen un interés en la comprensión de cómo las decisiones políticas en un dominio, país o región tienen consecuencias en otro lugar. El Informe del Estado Mundial del Recurso Suelo proporciona varios ejemplos. Por ejemplo, decisiones sobre la política de biocombustibles en los Estados Unidos y Europa, y su impacto sobre el recurso suelo en el Sudeste de Asia; y la eliminación de las barreras comerciales en Nueva Zelanda y los cambios subsecuentes en el uso del suelo y la intensificación en la gestión de la tierra.

Problemas transversales

Los problemas políticos mencionados anteriormente ofrecen un punto de partida para desarrollar respuestas políticas más efectivas. La mayoría de las vías políticas están relacionadas entre sí de varias maneras. Además, existen problemas de políticas transversales que se relacionan con todas las vías. La más prominente es la política relativa a la ciencia y la tecnología. La Revolución Verde demostró el poder de la ciencia agrícola y la tecnología, pero también ejemplifica las compensaciones requeridas para centrarse en un solo servicio ecosistémico (producción de alimento) a expensas de otros (por ejemplo, calidad del agua).

La política científica contemporánea a menudo se centra en el impacto y beneficio público. En este sentido, la investigación del suelo es a menudo considerada simplemente como un medio para un fin. A pesar de ser relevante para varios “fines” importantes (por ejemplo, la agricultura, el medio ambiente, manejo del agua y el cambio climático), la investigación del suelo a menudo se pasa por alto en el ejercicio de ajuste de prioridades. Más reconocimiento formal del recurso suelo como un problema transversal en la ciencia política es necesario para garantizar que reciba el apoyo suficiente.



El camino a seguir

Este es el primer informe sobre el estado mundial del recurso suelo. La evaluación debió hacerse hace mucho tiempo. El enfoque singular sobre el suelo tiene una base simple pero profunda. Bien manejado, el suelo permite la circulación de elementos químicos, agua y energía para el gran beneficio humano. Si el suelo se gestiona mal, es imposible imaginar un futuro optimista.⁵⁰ Tomando este punto de vista, hemos enmarcado nuestra evaluación dentro de una perspectiva más amplia de la tierra, los ecosistemas y los procesos del sistema terrestre, que son el dominio de los tratados internacionales de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), la Convención sobre la Diversidad Biológica (CBD) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC).

La presente evaluación ha sintetizado el conocimiento científico contenido en más de 2000 publicaciones científicas examinadas y revisadas. Al hacer esto, el GTIS ha llegado a algunas conclusiones inquietantes. Las trayectorias actuales en el estado del suelo tienen potencialmente consecuencias catastróficas que afectarán a millones de personas en algunas de las regiones más vulnerables durante las próximas décadas. Más importante aún, la comunidad mundial está actualmente mal preparada y equipada para proporcionar una respuesta adecuada.

El GTIS está absolutamente convencido de que los países pueden cambiar las trayectorias actuales. El punto de partida es la implementación de las medidas presentadas en la Carta Mundial del Suelo, listadas a continuación:

Acciones de individuos y el sector privado

- Todos los individuos que utilizan o gestionan el suelo deben actuar como administradores del suelo para asegurar que éste recurso natural esencial sea manejado sosteniblemente para salvaguardarlo para generaciones futuras.
- Empezar la gestión sostenible del suelo en la producción de bienes y servicios.

Acciones de Grupos y la Comunidad Científica

- Difundir la información y el conocimiento sobre los suelos.
- Enfatizar la importancia de la gestión sostenible de los suelos para evitar daños en las funciones claves del suelo.

Acciones de los gobiernos

- Promover la gestión sostenible del suelo relevante para la variedad de suelos presentes y para las necesidades de los países.
- Esforzarse para crear condiciones socioeconómicas e institucionales favorables para la gestión sostenible del suelo, eliminando los obstáculos. Caminos y medios deben ser perseguidos para superar los obstáculos en la adopción de la gestión sostenible del suelo asociados con la ocupación del terreno, los derechos de los usuarios, el acceso a los servicios financieros y programas educativos.
- Participar en el desarrollo de iniciativas de multinivel, de educación interdisciplinaria y fortalecimiento de capacidades que promuevan la adopción de la gestión sostenible del suelo por los usuarios de la tierra.
- Apoyo a los programas de investigación que proporcionarán un sólido respaldo científico para el desarrollo e implementación de la gestión sostenible del suelo relevante para los usuarios finales.
- Incorporar los principios y prácticas de la gestión sostenible del suelo en directrices y legislación políticas a todos los niveles de gobierno, idealmente dirigido hacia el desarrollo de una política nacional del suelo.
- Considerar explícitamente el papel de las prácticas de manejo del suelo en la planificación para la adaptación y mitigación del cambio climático y mantener la biodiversidad.
- Establecer e implementar regulaciones para limitar la acumulación de contaminantes más allá de los niveles establecidos para salvaguardar la salud humana y bienestar, y facilitar la remediación de los suelos contaminados que excedan estos niveles, donde representen una amenaza para los seres humanos, plantas y animales.
- Desarrollar y mantener un sistema de información nacional de suelos y contribuir al desarrollo de un sistema mundial de información del suelo.
- Desarrollar un marco institucional nacional para monitorear la implementación de la gestión sostenible del suelo y el estado general del recurso suelo.

Acciones de las Organizaciones Internacionales

- Facilitar la recopilación y difusión de informes autoritativos sobre el estado mundial del recurso suelo y los protocolos de la gestión sostenible del suelo.
- Coordinar esfuerzos para el desarrollo de un sistema de información mundial del suelo preciso y de alta resolución, y asegurar su integración con otros sistemas mundiales de observación de la Tierra.
- Ayudar a los gobiernos, a petición, a establecer una política y legislación apropiada, instituciones, y procesos para que puedan diseñar, implementar y monitorear las prácticas de manejo del suelo apropiadas y sostenibles.

Más específicamente, el GTIS llama la atención sobre las prioridades definidas en los planes de acción para los Pilares de la Alianza Mundial de los Suelos.⁵¹

Estos son los pasos claves hacia:

- **Una mejora dramática en nuestra observación y sistemas de predicción** para determinar cuándo y dónde se está comprometiendo la función del suelo (Pilar 4 y 5);
- **Implementación de la gestión sostenible del suelo** a lo largo de grandes regiones con prioridades urgentes donde la subsistencia es vulnerable y altamente dependiente de la agricultura de subsistencia. (Pilar 1, 2 y 3);
- **Mejora en la gobernanza** y el **desarrollo** de acuerdos institucionales más eficaces para la implementación de la gestión sostenible del suelo (comenzando con la preparación de directrices voluntarias) (Pilar 1 y 2); **la mobilisation des ressources et la formation d'une nouvelle génération de spécialistes du sol** (Piliers 1 à 4).
- **Mobilización de recursos y el entrenamiento** de una nueva generación de especialistas del suelo (Pilares 1 a 4).

El año Internacional de los Suelos en 2015 será recordado en las próximas décadas como el año en que los desafíos que confrontan los suelos del mundo fueron claramente articulados. Esperamos que un progreso sustancial sea alcanzado para abordar los problemas que se han identificado para cuando el segundo informe del Estado Mundial del Recurso Suelo sea publicado en el 2020.

Referencias a secciones, figuras y tablas en el informe principal

- ¹ Sección 5.1.1
² Secciones 5.4 and 7.2
³ Sección 5.1.2
⁴ Secciones 5.6 and 6.2.7
⁵ Sección 7.2
⁶ Sección 7.2
⁷ Sección 7.2
⁸ Sección 7.2
⁹ Sección 6.1.10
¹⁰ Figure 6.124
¹¹ Sección 6.8.3
¹² Sección 6.8.4
¹³ Sección 7.2
¹⁴ Sección 7.2
¹⁵ Sección 7.2
¹⁶ Sección 6.7
¹⁷ Figure 6.4.1
¹⁸ Sección 6.4.4
¹⁹ Sección 10.3.3
²⁰ Sección 6.5.1
²¹ Sección 6.5
²² Sección 6.10.5
²³ Sección 6.1.5
²⁴ Sección 6.1.5
²⁵ Figure 7.2
²⁶ Sección 4.3.1
²⁷ Sección 4.3.1
²⁸ Sección 6.2.6
²⁹ Sección 6.2.6
³⁰ Sección 4.3.1
³¹ Sección 7.3.3
³² Sección 7.3.3
³³ Sección 7.3.3
³⁴ Sección 7.3.2
³⁵ Sección 7.5
³⁶ Sección 4.3.3
³⁷ Sección 4.3.3
³⁸ Sección 4.4.2
³⁹ Sección 4.4.2
- ⁴⁰ Sección 4.4.2
⁴¹ Sección 5.5 Figura 5.3 y Caja 5.1
⁴² Sección 2.4
⁴³ Sección 7.8
⁴⁴ Sección 7.8
⁴⁵ Sección 4.3.2
⁴⁶ Sección 4.3.2
⁴⁷ Sección 2.4
⁴⁸ Referencia a la tabla de los países en el informe completo
⁴⁹ Referencia a la tabla de los países en el informe completo
⁵⁰ Richter D.D. & Markewitz D. 2001. 'Understanding soil change.' Cambridge, Cambridge University Press.
⁵¹ Los cinco pilares de la Alianza Mundial por el Suelo son como sigue:
- Pilar 1: Promoción del manejo sostenible del recurso suelo para su protección, conservación y productividad sostenible.
 - Pilar 2: Fomento de la inversión, cooperación técnica, políticas, concientización, educación, capacitación y extensión sobre los suelos.
 - Pilar 3: Promoción de la investigación y el desarrollo edafológico focalizado y centrado en las brechas y prioridades que se hayan identificado y las sinergias con acciones relacionadas con la producción, desarrollo ambiental y social.
 - Pilar 4: Mejora de la cantidad y la calidad de los datos e información edafológica: recolección de datos (generación), análisis, validación, presentación de informes, monitoreo y su integración con otras disciplinas.
 - Pilar 5: Armonización de los métodos, medidas e indicadores para el manejo sostenible y la protección del recurso suelo.



© FAO | Jeanette Van Acker



© CIAT | Georgina Smith



© CIAT | Georgina Smith



ISBN 978-92-5-308960-4



9 789253 089604

I5126S/1/07.16