



Organización de las Naciones  
Unidas para la Alimentación  
y la Agricultura



# LIBERACIÓN DEL POTENCIAL DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

## DOCUMENTO DE RESULTADOS

SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE EL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO  
21-23 MARZO 2017 | SEDE DE LA FAO - ROMA, ITALIA



United Nations  
Convention to Combat  
Desertification





# LIBERACIÓN DEL POTENCIAL DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

DOCUMENTO DE RESULTADOS  
DEL SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE EL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO  
21-23 MARZO 2017 | SEDE DE LA FAO - ROMA, ITALIA

Un evento coorganizado por:

FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la  
Agricultura

AMS | Alianza Mundial por el Suelo

IPCC | Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio  
Climático

GTIS | Grupo Técnico Intergubernamental sobre Suelos

CNULD | Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la  
Desertificación

CNULD -ICP | Interfaz Ciencia-Política de la CNULD

OMM | Organización Meteorológica Mundial

# AVISO LEGAL Y DERECHOS DE AUTOR

Las designaciones empleadas y la presentación del material en este producto de información no implican la expresión de cualquier tipo de opinión por parte de las instituciones organizadoras – la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Alianza Mundial por el Suelo (AMS) y su Grupo Técnico Intergubernamental sobre Suelos (GTIS), el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD) y su Interfaz Ciencia-Política (CNULD -ICP) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) – relativa al estado jurídico o de desarrollo de cualquier país, territorio, ciudad o zona o de sus autoridades, o relativa a la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos específicos de fabricantes, independientemente de que hayan sido patentados o no, no implica que estos hayan sido aprobados o recomendados por las instituciones organizadoras prefiriéndolos sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan. El contenido del documento de resultados y las conclusiones o recomendaciones que contiene NO reflejan la política oficial ni los puntos de vista de las instituciones organizadoras. Las opiniones expresadas en el documento de resultados reflejan un resumen de las discusiones de los participantes, respaldadas por evidencias científicas cuando haya sido apropiado y las recomendaciones subsiguientes.

El copatrocinio del IPCC no implica que el IPCC respalde o apruebe este documento de resultados ni ninguna de las recomendaciones o conclusiones contenidas aquí. Los documentos presentados en el simposio y este documento de resultados no han sido sometidos a la revisión del IPCC.

ISBN 978-92-5-309759-3

© FAO, 2017

La FAO alienta el uso, la reproducción y la difusión del material en este producto de información. Excepto cuando se indique lo contrario, el material podrá ser copiado, descargado e impreso para fines privados de estudio, investigación y enseñanza, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se dé el reconocimiento apropiado a la FAO como fuente y titular de los derechos de autor y que el respaldo por la FAO de los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios no quede implícito en forma alguna.

Todas las solicitudes de derechos de traducción y adaptación y de derechos de reventa y otros usos comerciales deben hacerse a través de [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request) o dirigirse a [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la FAO: [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications) y se pueden adquirir a través de [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org).

---

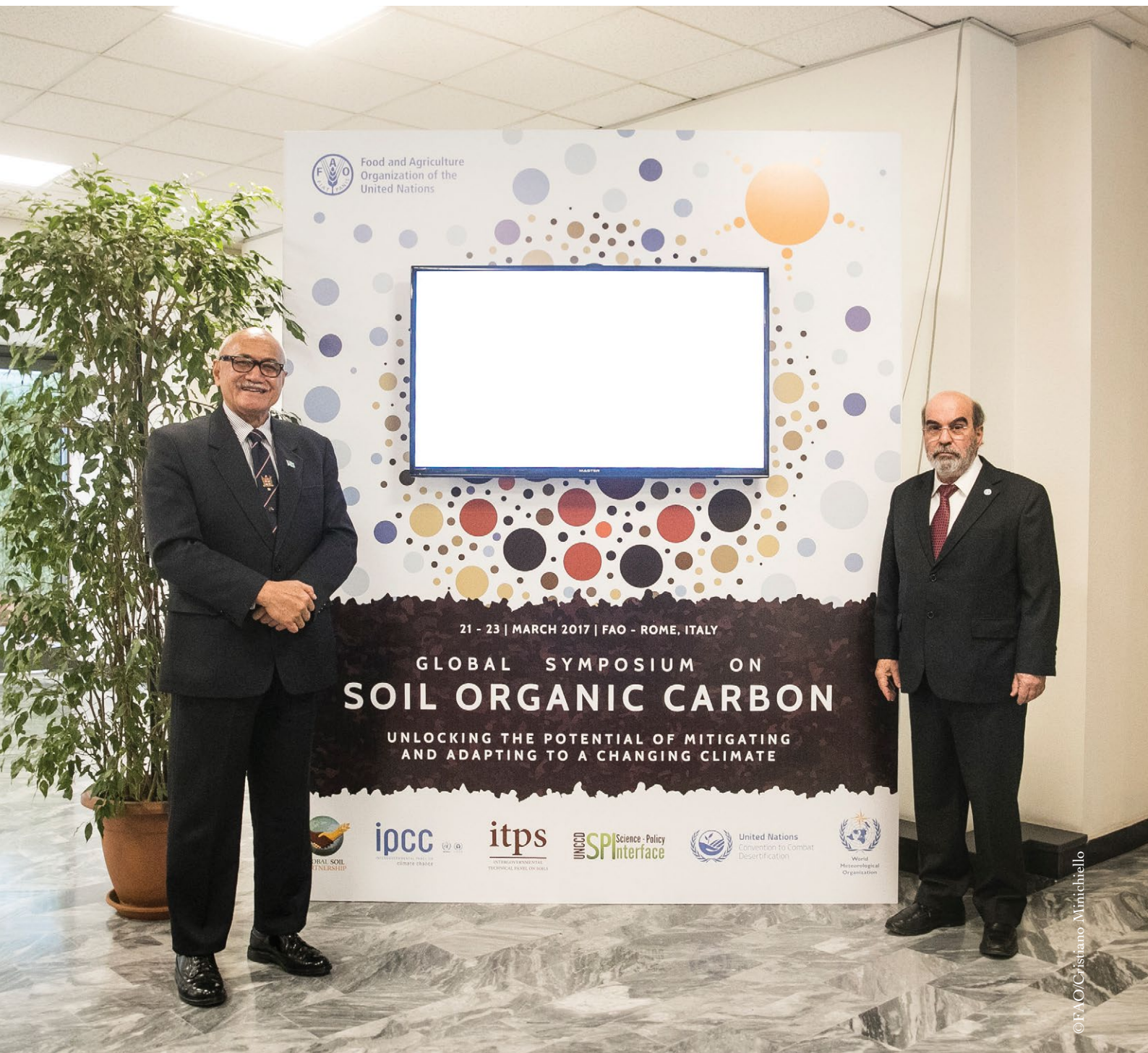
# ÍNDICE

Agradecimientos	IV
Abreviaturas	V
Organización Del Simposio Y Apoyo Administrativo	VI
Resumen	VII
Recomendaciones	VIII
Tema 1: Medición, mapeo, monitoreo, informe y verificación sobre las reservas del cos y cambios en las reservas.	VIII
Tema 2: Preservar y/o incrementar las reservas del cos (promover el secuestro del cos).	IX
Tema 3: Manejo del cos en: suelos con alto contenido de cos - turberas, permafrost y suelos negros; pastizales y sistemas de producción ganadera y suelos de zonas áridas.	X
¿Por qué el simposio?	1
Temas del simposio, preguntas clave y resumen de las discusiones	3
Tema 1: Medición, mapeo, monitoreo, notificación y verificación sobre las reservas del cos y cambios en las reservas.	3
Tema 2: Preservar y/o incrementar las reservas del cos (promover el secuestro del cos).	7
Tema 3: Manejo del cos en suelos específicos	14
Sub-Tema 3.1: Suelos con altos contenidos de cos	14
Sub-Tema 3.2: Suelos en pastizales y sistemas de producción ganadera	14
Sub-Tema 3.3: Suelos de zonas aridas	15
Conclusiones y pasos a seguir	20
References	22

# AGRADECIMIENTOS

El Comité Organizador y el Comité Científico expresan su sincero agradecimiento a una serie de países, instituciones y personas por sus importantes contribuciones al éxito del simposio.

Se agradece sinceramente a la Confederación Suiza, a la Comisión Europea y al Ministerio de Relaciones Exteriores de Islandia por su apoyo financiero al simposio.



©FAO/Cristiano Minichiello

# ABREVIATURAS

AMS	Alianza Mundial por el Suelo	GtC	Gigatoneladas de carbono
COP	Conferencia de las Partes	GTIS	Grupo Técnico Intergubernamental sobre Suelos
COS	carbono orgánico del suelo	ICP	Interfaz Ciencia-Política
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
CNUCLD	Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación	MOS	materia orgánica del suelo
DVGSS	Directrices Voluntarias para la Gestión Sostenible de los Suelos	MRV	Monitoreo, informe y verificación
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	NDT	Neutralidad en la Degradación de las Tierras
GEI	Gases de efecto invernadero	NU	Naciones Unidas
GSOC17	Simposio Internacional sobre el Carbono Orgánico del Suelo 2017	ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
GSOCMap	Mapa Mundial de Carbono Orgánico del Suelo	OMM	Organización Meteorológica Mundial
		WOCAT	Panorama Mundial de Enfoques y Tecnologías para la Conservación de Suelos y Aguas



©FAO/Matteo Sala

# ORGANIZACIÓN DEL SIMPOSIO Y APOYO ADMINISTRATIVO

Este documento de resultados, “Liberación del potencial del carbono orgánico del suelo”, fue preparado y revisado por los miembros del comité científico (véase abajo) pero no necesariamente representa los puntos de vista de esos organismos o sus estados miembros. Este documento también se basa y se complementa con un libro de actas que presenta los resúmenes ampliados de las diversas sesiones.

El **Comité Científico** estuvo compuesto por las siguientes personas y sus respectivas afiliaciones (en orden alfabético, por nombre):

## **Grupo Técnico Intergubernamental sobre Suelos (GTIS)**

Sr. Ahmad S. Muhaimed  
Sr. Amanullah  
Sra. Botle Mapeshoane  
Sr. Brajendra  
Sr. Daniel John Pennock  
Sr. Fernando Garcia Préchac  
Sr. Gan Lin Zhang  
Sr. Gary Pierzynski  
Sr. Gunay Erpul  
Sra. Isaurinda Dos Santos Baptista Costa  
Sr. Juan Antonio Comerma  
Sr. Kazuyuki Yagi  
Sr. Bhanooduth Lalljee  
Sr. Luca Montanarella  
Sra. María de Lourdes Mendonça Santos  
Sr. Martin Yemefack  
Sr. Miguel Taboada  
Sr. Neil McKenzie  
Sr. Nsalambi V. Nkongolo  
Sr. Pavel Krasilnikov  
Sr. Peter De Ruiter  
Sr. Rainer Horn  
Sr. Saéb AbdelHaleem Khresat  
Sr. Siosiu Halavatau  
Sr. Talal Darwish  
Sra. Liesl Wiese (Secretaría de la AMS/FAO)  
Sra. Viridiana Alcántara (Secretaría de la AMS/FAO)  
Sr. Ronald Vargas (Secretaría de la AMS/FAO)

## **Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)**

Sr. Andy Reisinger  
(Vicepresidente, Grupo de Trabajo III, IPCC)

## **Interfaz Ciencia-Política de la CNUCLD (CNUCLD -ICP)**

Sra. Annette Cowie  
Sr. Axel Hebel (Secretaría de la CNUCLD)  
Sr. Barron Orr  
Sr. German Kust  
Sr. Hamid Custovic  
Sr. Jean-Luc Chotte  
Sr. Joris de Vente  
Sra. Karma Dorji  
Sr. Martial Bernoux  
Sr. Victor Castillo (Secretaría de la CNUCLD)

## **Organización Meteorológica Mundial (OMM)**

Sr. Robert Stefanski

## **Comité Organizador Local (Secretaría de la AMS/FAO)**

Sra. Clara Lefevre  
Sra. Daniela Colmenares  
Sr. Eduardo Mansur  
Sra. Fatma Rekik  
Sra. Giulia Stanco  
Sra. Maria Giuseppina Emiliano  
Sra. Isabelle Verbeke  
Sr. James Morgan  
Sra. Lucrezia Caon  
Sr. Matteo Sala  
Sra. Maryse Finka  
Sr. Rainer Baritz  
Sr. Sergio Zelaya  
Sr. Yusuf Yigini



# RESUMEN

El Simposio Internacional sobre el Carbono Orgánico del Suelo (GSOC17) fue organizado conjuntamente por:

- La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- La Alianza Mundial por el Suelo (AMS) y su Grupo Técnico Intergubernamental sobre Suelos (GTIS).
- El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).
- La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD) y su Interfaz Ciencia-Política (CNULD-ICP); y
- La Organización Meteorológica Mundial (OMM).

El simposio se celebró en la sede de la FAO en Roma, Italia, del 21 al 23 de marzo de 2017 y contó con la participación de 488 asistentes (33% mujeres, 67% hombres) de 111 países, incluyendo representantes de los estados miembros de la FAO, instituciones organizadoras, el sector privado y la sociedad civil, así como científicos y profesionales que trabajan en relación al carbono orgánico del suelo (COS) y en campos afines.

El objetivo general del simposio fue analizar el papel de los suelos y el COS en el contexto del cambio climático, el desarrollo sostenible y la Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT). El simposio de tres días se estructuró en torno a tres temas principales centrados en la evaluación del COS, el preservar y aumentar las reservas del COS y el manejo del COS en tipos específicos de suelo.

Asistentes de todo el mundo participaron activamente presentando los resultados de los estudios que demuestran el potencial y los retos del manejo y monitoreo del COS y discutiendo y desarrollando los mensajes clave reflejados en este documento de resultados. Las recomendaciones hechas basadas en este trabajo tienen como objetivo apoyar el desarrollo de políticas y acciones para fomentar la implementación de estrategias de manejo de suelos y tierras que promuevan la protección, secuestro, medición, mapeo, monitoreo e informes del COS.



# RECOMENDACIONES



## TEMA 1: MEDICIÓN, MAPEO, MONITOREO, INFORME Y VERIFICACIÓN SOBRE LAS RESERVAS DEL COS Y CAMBIOS EN LAS RESERVAS.

### Recomendación 1:

**Organizar el desarrollo de capacidades y la capacitación de los países para desarrollar valores de referencia nacionales para las reservas del COS, así como las capacidades e infraestructura necesarias para el manejo de datos.**

Esto se aplica a todos los países que necesitan dicha capacidad, pero se debe dar prioridad a los países que utilizan o necesitan las tablas de referencia del Tier 1 del IPCC para las reservas del COS y los factores de cambio de dichas reservas. El desarrollo de valores de referencia nacionales permitiría a los países pasar al Tier 2 y proporcionar valores de referencia que podrían utilizarse para otras actividades de evaluación y planificación nacional. Además, tal desarrollo de capacidades y capacitación ayudarían a los países a avanzar hacia evaluaciones de las reservas del COS para monitorear e informar sobre el COS nacional a fin de cumplir con las convenciones y mecanismos mundiales, y también con el objetivo final de permitir que las decisiones locales y nacionales sobre la mejora en la gestión del carbono del suelo favorezcan de forma sostenible la salud y fertilidad del suelo y aumenten su productividad. Dichas evaluaciones con respecto a las decisiones de gestión implicarían evaluaciones más detalladas a escalas más finas, tomando en cuenta la complejidad de la dinámica del COS en relación con factores como el uso de la tierra, el tipo de suelo, el clima y las prácticas de manejo.

### Recomendación 2:

**Establecer un grupo de trabajo para desarrollar directrices factibles y regionalmente contextualizadas para medir, mapear, monitorear y rendir informes sobre el COS que puedan ser adaptadas localmente para monitorear las reservas y cambios en las reservas del COS con el fin apoyar las decisiones de gestión.**

Dichas directrices deben construirse con base en la orientación científica existente, como las que está perfeccionando el IPCC; también deberán ser lo suficientemente sencillas para permitir su aplicación en diversos contextos y escalas, teniendo en cuenta las diferentes capacidades y aptitudes locales y nacionales. La orientación práctica también debería incluir elementos para apoyar los mecanismos de fijación de precios del carbono, basándose en la medición de las reservas del COS para evaluar los cambios en las reservas, en lugar de utilizar únicamente factores de cambio basados en el uso del suelo y las prácticas de manejo. El grupo de trabajo deberá establecerse bajo los auspicios de la AMS para facilitar la colaboración entre los actores científicos clave, los paneles consultivos y los órganos de implementación.



## TEMA 2: PRESERVAR Y/O INCREMENTAR LAS RESERVAS DEL COS (PROMOVER EL SECUESTRO DEL COS).

### Recomendación 3:

**En las estimaciones del potencial de secuestro del COS, incluir el equilibrio total de GEI y considerar posibles interacciones entre los ciclos del carbono y nitrógeno que podrían afectar el potencial de mitigación del cambio climático de las prácticas aplicadas.**

Existe un fuerte potencial para llevar a cabo el secuestro del COS a través de los usos del suelo y las prácticas de manejo de la tierra, sin embargo, las estimaciones del potencial global de secuestro del COS varían en magnitud dependiendo de las categorías de uso de la tierra, prácticas de manejo, supuestos sobre los cambios en las reservas del COS y flujos de GEI utilizados.

### Recomendación 4:

**El diseño de estrategias de implementación y las prácticas apropiadas de manejo del suelo y la tierra para la preservación y el secuestro del COS, deben considerar el uso de la tierra y los contextos ambientales, socioeconómicos, culturales e institucionales locales y las barreras potenciales para su adopción.**

Estas consideraciones determinarán la efectividad de las prácticas de manejo y reducirán las incertidumbres de los efectos sobre la preservación y el secuestro del COS. Numerosos ejemplos de prácticas que contribuyen a incrementar el COS están disponibles en varias plataformas y las combinaciones de prácticas suelen ser más efectivas.

### Recomendación 5:

**Identificar y especificar los beneficios tangibles para los agricultores a corto y largo plazo de prácticas de manejo para el secuestro del COS a fin de promover su adopción e introducir mecanismos para incentivar la adopción de dichas prácticas.**

Entre los beneficios se incluyen mejoras en el rendimiento, resistencia a las sequías, beneficios económicos y otros incentivos. Los mecanismos de incentivos podrían incluir esquemas de pago por servicios ambientales, como los programas de créditos de carbono, el establecimiento de modelos de negocios sostenibles, la vinculación de los sistemas de subsidios agrícolas existentes con prácticas sostenibles, el desarrollo de capacidades y el apoyo a la implementación. La información sobre los beneficios deberá incluir el desarrollo de soluciones locales y políticas de contextos específicos para apoyar la implementación de dichas prácticas a nivel local, así como permitir una capacitación y comunicación eficaces sobre los beneficios generales de las prácticas de manejo vinculadas al secuestro del COS. Es necesario contar con incentivos, además de la evidencia científica convincente existente que sustenta los aumentos en el COS para contribuir al logro de los objetivos relacionados con la mitigación y adaptación al cambio climático, la seguridad alimentaria y la NDT.



## TEMA 3: MANEJO DEL COS EN: SUELOS CON ALTO CONTENIDO DE COS - TURBERAS, PERMAFROST Y SUELOS NEGROS; PASTIZALES Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA Y SUELOS DE ZONAS ÁRIDAS.

### Recomendación 6:

**Prevenir las pérdidas del COS a través del mantenimiento de sus reservas actuales (especialmente en suelos con altos contenidos en carbono) como acción mínima para el manejo del COS.**

El logro de esta meta contribuiría a la mitigación del cambio climático al reducir los ingresos de carbono a la atmósfera, la NDT y la seguridad alimentaria, preservando el COS existente para la salud del suelo y los beneficios asociados, incluyendo la reducción del riesgo de una mayor degradación del suelo.

### Recomendación 7:

**Dar prioridad a los suelos con las más altas reservas de carbono en el desarrollo de las políticas nacionales y regionales sobre conservación del suelo para prevenir pérdidas del COS.**

Entre dichos suelos se incluyen las turberas, áreas de permafrost y numerosos suelos con alto contenido de COS, tales como los suelos negros. En cuanto a las turberas, se dará prioridad a las vastas zonas de turberas intactas y prístinas, especialmente en las regiones en las que las turberas son vulnerables al cambio de uso de suelo debido a su alto potencial de producción.

### Recomendación 8:

**Apoyar a los usuarios de la tierra en grado suficiente para implementar y mantener prácticas apropiadas de manejo de suelos y tierras con el objeto de proteger e incrementar el COS bajo condiciones locales con miras a obtener un beneficio a largo plazo.**

Esto incluye perfeccionar las Directrices Voluntarias para la Gestión Sostenible de los Suelos (DVGSS) a efecto de proveer directrices sobre el manejo sostenible del COS a escalas nacional y local para abarcar las condiciones del sitio específico.

# ¿POR QUÉ EL SIMPOSIO?

Los suelos se han convertido en uno de los recursos más vulnerables del mundo frente al cambio climático, la degradación de la tierra, la pérdida de biodiversidad y el aumento de la demanda de producción de alimentos.<sup>1</sup> A pesar de los enormes progresos científicos realizados, la protección y el monitoreo de los recursos del suelo a niveles nacional y global enfrentan desafíos complejos que restringen el diseño y la implementación de políticas sobre el terreno. No hay suficiente apoyo mundial para hacer frente a estos retos, que varían ampliamente de una región a otra y por tanto, para la protección y gestión sostenible de los recursos mundiales del suelo.

La materia orgánica del suelo (MOS) es un elemento clave de la salud del suelo porque regula muchas de las funciones del suelo, incluyendo el almacenamiento de carbono como carbono orgánico del suelo (COS); el almacenamiento, disponibilidad y ciclo de los nutrientes de las plantas; la biodiversidad del suelo; la porosidad, aireación, capacidad de retención de agua y conductividad hídrica del suelo; las propiedades térmicas y resistencia mecánica. El vínculo entre la MOS y la fertilidad del suelo se ha conocido por más de un siglo.<sup>2</sup> El papel de los suelos y del COS en el sistema climático y en el contexto de adaptación y mitigación del cambio climático ha sido reconocido sólo en las últimas décadas, pero ha sido validado por diversos estudios, tanto experimentalmente como a través de la modelación.<sup>3</sup> El manejo de la MOS es una de las estrategias clave para lograr la Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT). La conservación y monitoreo de las reservas del COS a niveles nacional e internacional es un desafío complejo que requiere políticas adaptadas localmente para asegurar la implementación efectiva de las prácticas pertinentes.

Los suelos constituyen la mayor reserva<sup>4</sup> de carbono terrestre y desempeñan un papel crucial en el balance global del carbono mediante la regulación de los procesos biogeoquímicos dinámicos y el intercambio de gases de efecto invernadero (GEI) con la atmósfera<sup>5</sup>. A un metro de profundidad los suelos contienen un estimado de 1417 gigatoneladas (GtC) de COS,<sup>5</sup> que representa casi el doble de la cantidad de carbono atmosférico (847 GtC como dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>). El cambio en el uso del suelo y la cobertura terrestre son la segunda fuente antropogénica de carbono atmosférico.<sup>6</sup> Las reservas del COS en las capas superiores del suelo (750 GtC en 0-30 cm) son especialmente sensibles y responden a los cambios en el uso y manejo del suelo. Esto presenta una oportunidad para influir sobre la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera al mantener las reservas existentes de carbono en el suelo (evitando pérdidas de carbono, lo cual es particularmente importante en suelos con alto contenido de COS) y al almacenar carbono adicional en los suelos mediante el secuestro del COS. El potencial de almacenamiento del COS varía con las condiciones locales y algunas veces implica intercambios con otros objetivos del manejo de la tierra. Es importante destacar que el almacenamiento del COS no debe resultar en un aumento de las emisiones de otros GEI, especialmente el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), un potente GEI.

El COS puede existir en los suelos en una variedad de almacenes, que van desde residuos vegetales recién incorporados hasta el carbono orgánico contenido en estructuras moleculares complejas y estables, como las encontradas en compostas, biochar y MOS adsorbida por partículas de arcilla y unidas a agregados del suelo. El tiempo de residencia del COS en el sistema del suelo puede variar de días a miles de años. La literatura científica apoya firmemente los múltiples beneficios de añadir carbono a los suelos para la mitigación y adaptación al cambio climático, la seguridad alimentaria y alcanzar la NDT. Por lo tanto, los esfuerzos para incrementar el COS son a menudo vistos como acciones “sin arrepentimientos”, pero el potencial para lograr cada beneficio depende de las condiciones ambientales, socioeconómicas y culturales locales. El secuestro de carbono ocurre cuando es discernible la tendencia a aumentar las reservas del COS a largo plazo a pesar de las fluctuaciones a corto plazo. La mitigación del cambio climático ocurre cuando las reservas del COS se incrementan a través del tiempo y existe una reducción neta en las emisiones de GEI cuando se considera que todas las fuentes y sumideros de GEI son afectados por el manejo de la MOS (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O). La mitigación del cambio climático también se logra cuando se previenen las pérdidas del COS, evitando así las emisiones adicionales de GEI.

El papel de los suelos y del COS en el sistema climático y la adaptación y mitigación del cambio climático ha sido ampliamente reconocido y validado en diversos estudios, tanto experimentalmente como a través de la modelación.<sup>3,7</sup> Sin embargo, las evaluaciones de la línea base y las tendencias a gran escala siguen siendo inexactas, y muchos de los factores que determinan la calidad y cantidad del COS en diferentes regiones – afectadas por el cambio climático y las medidas para incrementar el COS – no han sido suficientemente investigados.<sup>7</sup> La FAO, la AMS y su GTIS, el IPCC, la CNUCLD y su ICP, y la OMM acordaron copatrocinar el GSOC17 a la luz de las importantes aportaciones que el preservar e incrementar el COS pueden hacer para alcanzar los objetivos de la NDT, reducir las emisiones de GEI y mejorar la adaptación al cambio climático.

El **objetivo general** del simposio fue examinar el papel de los suelos y del COS en el contexto del cambio climático, el desarrollo sostenible y la NDT. El simposio también tenía por objeto desarrollar pruebas científicas que pudieran ser evaluadas en informes de evaluación regulares del IPCC, empezando por la Sexto Informe de Evaluación y otros informes que se elaborarán en el sexto ciclo de evaluación, así como los informes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y la CNUCLD y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Específicamente, el objetivo era que los resultados del simposio brindaran información crucial que pudiera contribuir a:

- El perfeccionamiento de las metodologías de presentación de informes sobre el COS, como se indica en el Volumen 4 (Agricultura, Silvicultura y otros Usos del Suelo) del Esquema del(de los) Informe(s) Metodológico(s) para perfeccionar las Directrices 2006 del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, que fue adoptado en la Decisión IPCC-XLIV/L.3 de la 44ª Sesión del IPCC;
- El informe especial sobre Cambio Climático, Desertificación, Degradación de la Tierra, Manejo Sostenible de la Tierra, Seguridad Alimentaria y los Flujos de Gases de Efecto Invernadero en los Ecosistemas Terrestres, acordado en la 43ª Sesión del IPCC y
- El Programa NDT Target Setting implementado por la CNUCLD.

Los objetivos específicos del simposio eran:

- 1) Examinar el conocimiento científico y técnico actual sobre el papel de los suelos y del COS en el sistema climático para el secuestro de carbono y la adaptación al clima;
- 2) Revisar el potencial y las limitaciones del manejo del COS para contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático, abordar la degradación de la tierra y alcanzar los ODS;
- 3) Revisar el conocimiento actual sobre los impactos del manejo de la tierra y el suelo sobre el COS (y los mecanismos de estabilización y desestabilización del COS), incluyendo la identificación de prácticas que incrementen el COS;
- 4) Permitir y fortalecer la provisión de conocimiento sobre la medición, modelación y manejo del COS y las interrelaciones con la degradación de la tierra y el cambio climático para comunicar sobre los futuros informes de evaluación del IPCC y los informes a las iniciativas que abordan la degradación de la tierra;
- 5) Identificar las lagunas de conocimientos y explorar las oportunidades para una investigación colaborativa
- 6) Identificar opciones de políticas para las prioridades relevantes del suelo y del COS a fin de fomentar la adopción de prácticas que optimicen el secuestro y la estabilización del COS en las agendas nacionales de cambio climático.

# TEMAS DEL SIMPOSIO, PREGUNTAS CLAVE Y RESUMEN DE LAS DISCUSIONES

Los tres temas principales del simposio fueron diseñados para abordar las discusiones sobre la evaluación del COS, el preservar o incrementar las reservas del COS y el manejo del COS en tipos específicos de suelos. Previo al simposio, se elaboraron preguntas clave para cada tema con objeto de estimular la discusión y ayudar a identificar acciones prioritarias. Las presentaciones científicas en sesiones paralelas marcaron las bases para debatir las preguntas temáticas y en la mañana del último día se realizaron discusiones de grupos de trabajo para desarrollar respuestas a estas preguntas. Debido a la naturaleza de las preguntas, las respuestas concretas no siempre fueron posibles basándose únicamente en la discusión. Como resultado, las discusiones se enfocaron principalmente en los objetivos finales implícitos en cada pregunta y lo que debe considerarse al desarrollar respuestas apropiadas.

Los temas y subtemas del GSOC17 (cuando sea pertinente) se enumeran a continuación, con breves resúmenes contextuales de su importancia que van seguidos por un resumen de los principales puntos de discusión en cada pregunta, según lo acordado por consenso por los participantes durante las sesiones de trabajo grupales.



## TEMA 1: MEDICIÓN, MAPEO, MONITOREO, NOTIFICACIÓN Y VERIFICACIÓN SOBRE LAS RESERVAS DEL COS Y CAMBIOS EN LAS RESERVAS.

El monitoreo y la presentación de informes nacionales sobre el COS están adquiriendo una importancia cada vez mayor en el cumplimiento de los convenios y mecanismos internacionales. En el marco de la CMNUCC, por ejemplo, los cambios en las reservas nacionales del COS son evaluados anualmente en los países del Anexo 1 en relación con las emisiones de GEI. Bajo la Meta 15.3 de los ODS\*, el COS es evaluado como uno de los tres subindicadores (cobertura terrestre [métrica: cambio de cobertura terrestre]; productividad de la tierra [métrica: productividad primaria neta] y reservas de carbono sobre y debajo de la superficie [métrica: COS] del Indicador 15.3.1 (“Proporción de tierra degradada sobre la superficie total de tierra”), de acuerdo con el concepto de la NDT de la CNUCLD.<sup>9</sup>

Los cambios en las reservas del COS se evalúan con base en las siguientes directrices:

- Para la presentación de informes de la CMNUCC, los cambios en las reservas del COS se evalúan utilizando las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.<sup>10</sup> Las directrices actualizadas se publicarán en 2019<sup>11</sup> para proporcionar una base científica sólida para la futura acción climática internacional, especialmente en el marco del Acuerdo de París<sup>12</sup> (que entrará en vigor en 2020).
- Para la presentación de informes sobre el ODS 15.3.1, los metadatos,<sup>15</sup> así como el Marco y los Principios Rectores,<sup>14</sup> describen ampliamente el método de cálculo de los subindicadores. El Marco y los Principios Rectores hacen hincapié en la necesidad de estandarizar y armonizar los datos del COS, así como para la compilación de nuevos datos en una base de datos central para mejorar la disponibilidad de datos para futuras actividades de mapeo. En cuanto a la modelación de los cambios en las reservas del COS, el Marco refiere a las Directrices 2006 del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.
- Se está desarrollando una guía para la medición del COS como una de las métricas de la NDT y se basará en la medición del cambio en las reservas del COS en un promedio de 10-15 años, a partir de una línea base. Es probable que tales mediciones se deriven de una combinación de datos de sensores remotos y mediciones sobre el terreno.<sup>9</sup>

\* ODS Meta 15.3: “Para 2030, luchar contra la desertificación, restaurar las tierras y suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, las sequías y las inundaciones y procurar lograr un mundo con neutralidad en la degradación de las tierras”.

A pesar de la existencia y mayor desarrollo de métodos para medir y evaluar las reservas del COS y los cambios en las reservas dentro de los marcos de las emisiones de GEI y la degradación de la tierra, la presentación de informes sobre el estado y tendencias del COS basados en mediciones sigue siendo una tarea desafiante.<sup>15</sup> Dado que el cambio en las reservas del COS es un indicador indirecto de la degradación de la tierra y del suelo, también es necesario abordar diversos desafíos asociados. Entre estos se incluyen la disponibilidad limitada de conjuntos de datos sobre las reservas del COS a niveles nacional y regional; la falta de armonización de los métodos de medición del COS y de sus datos e información subsecuentes; las incertidumbres asociadas a los datos existentes para el monitoreo de los cambios en las reservas del COS, teniendo en cuenta la gran variabilidad espacio-temporal de las reservas de carbono del suelo y una amplia variabilidad en el impacto sobre las prácticas de manejo en las reservas del COS, que limitan la capacidad de modelar el cambio en sus reservas. La falta de monitoreo regular de las reservas del COS a nivel nacional a menudo lleva a las naciones a informar que no se han producido cambios en las reservas del COS, lo que podría causar grandes sesgos de dirección desconocida en los cálculos de emisiones de GEI globales y nacionales.

Otro punto a considerar en el contexto del monitoreo del COS es la monitoreo, informe y verificación (MRV), cuyo objetivo es dar seguimiento a los progresos de los países en la mitigación del cambio climático<sup>16</sup> e involucrar el seguimiento de todas las medidas adoptadas por los países para recopilar y reportar datos sobre emisiones, acciones de mitigación y apoyo. El MRV relacionado con el COS se centra en las emisiones de GEI o en el cambio del COS en lugar de las reservas del COS *per se*. Esto obliga a preguntar si son necesarias directrices específicas de MRV para evaluar tanto las reservas del COS como los cambios en sus reservas, no sólo en relación con las emisiones de GEI y el cambio climático sino también en el contexto de la presentación de informes sobre la degradación de las tierras y la toma de decisiones relacionadas con las prácticas de manejo del suelo y de la tierra.

## Resumen de la discusión

---

Los participantes enfatizaron que, aunque los antecedentes del tema resaltaban la importancia del monitoreo y la presentación de informes sobre el COS nacional para el cumplimiento de convenios y mecanismos internacionales, el **objetivo final en la evaluación de las reservas del COS y sus cambios** es desarrollar productos cartográficos y de inventario que **permitan tomar decisiones locales y nacionales que mejoren el manejo del carbono del suelo** para favorecer la salud y fertilidad de suelo e incrementar su productividad. Para lograr este objetivo, se necesitan evaluaciones más detalladas a escalas más finas, tomando en cuenta la complejidad de la dinámica del COS en relación, por ejemplo, al tipo de suelo, el régimen climático y el uso y manejo de la tierra.

**P1-1 ¿Cuáles son los valores de referencia más recientes y confiables para las reservas del COS y los factores de cambio en las reservas basados en datos específicos por país o región para que los usos de la tierra más importantes sean actualizados en las Directrices 2006 del IPCC?**

Esta pregunta no fue respondida directamente mediante el suministro de valores de referencia para las reservas del COS y los factores de cambio de las reservas. En lugar de ello, se discutió la necesidad y el desarrollo de tales valores de referencia.

Los valores de referencia actuales de las reservas del COS del Tier 1 del IPCC (La Tabla 2.3 en las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero<sup>10</sup> y las actualizaciones posteriores) son crudos y están restringidos a un grupo limitado de tipos de suelo y regiones climáticas. Sin embargo, muchos países que carecen de valores de referencia nacionales todavía utilizan estos valores. Batjes (2011) desarrolló valores de referencia actualizados para los grupos de clima-suelo predefinidos por el IPCC<sup>17</sup> lo cual demostró que el promedio de las reservas del COS a la profundidad de 30 cm de referencia del IPCC



varió enormemente dentro de cada grupo. La reducción de las incertidumbres dentro de estos grupos requeriría criterios más precisos para definir las zonas climáticas y las clases de suelos así como la sustitución de las reservas de referencia predefinidas y los factores de cambio de las reservas por valores específicos de cada región.

Aunque se utilizan los valores de referencia de Tier 1, se **recomendó que los países tuvieran incentivos para desarrollar valores de referencia nacionales de las reservas del COS**. Una vez elaborados y publicados, estos valores podrían utilizarse para apoyar la actualización periódica de los valores de referencia del IPCC de 2006, además de otras aplicaciones. Mediante el desarrollo de valores de referencia nacionales de las reservas del COS, los países pasarían al Tier 2 y podrían utilizar la tabla de referencia del IPCC de 2006 como un paso de transición en este proceso. Un mayor énfasis en el Tier 2 sería el desarrollo de valores nacionales para los factores de cambio en las reservas con referencia a la matriz de uso-suelo del IPCC de 2006. Muchos países necesitarán **desarrollo de capacidades y formación** para apoyar dichas actividades, así como capacidades e infraestructura adecuadas para el manejo de datos.

## **P1-2 ¿Deben desarrollarse lineamientos específicos de MRV para rastrear las reservas del COS y los cambios en las reservas y en caso afirmativo, cuáles son las principales consideraciones metodológicas?**

La respuesta de los participantes a la primera parte de esta pregunta fue “sí”: **se deben desarrollar lineamientos específicos del MRV para abordar y monitorear adecuadamente las reservas del COS y los cambios en las reservas** desde el nivel local (el proyecto) hasta el nivel nacional. Dichas directrices se basarían en la orientación científica existente, como las que está perfeccionando el IPCC. Para apoyar la evaluación del COS a nivel de proyecto, las directrices del MRV deben ser sencillas y sólidas. También necesitan incluir elementos suficientes para apoyar los mecanismos de fijación de precios del carbono que dependen de la medición de las reservas del COS para evaluar los cambios en las reservas o de modelos validados mediante medición local, en lugar de factores de cambio de las reservas basados en el uso del suelo y las prácticas de manejo. Son preferibles las metodologías basadas en actividades debido a sus menores costos de transacción y requisitos de habilidades, así como una verificación más sencilla.

Los mecanismos basados en el mercado sancionan la incertidumbre, especialmente en relación con la permanencia del secuestro del COS y sus tasas de cambio. Por lo tanto, las estimaciones necesitan ser tan precisas como sea posible teniendo en cuenta la relación inversa entre la precisión y el costo. Las estimaciones deben ser tan exactas como lo justifique el precio del carbono correspondiente y debe incluirse un mecanismo para incentivar a los países a optimizar la precisión en la medición y evaluación del COS. Así mismo, los aspectos metodológicos deben garantizar que los cambios (ganancias y pérdidas) en las reservas del COS sean detectados cuando ocurren. Esto requerirá una orientación sobre la densidad de muestreo requerida en los sitios de monitoreo, así como intervalos de tiempo realistas para muestreo y evaluación.

Deben definirse normas apropiadas que permitan todo esto; igualmente los países deben tener la oportunidad suficiente para contribuir al desarrollo de tales normas y métodos, así como el alcance para ajustar las evaluaciones a las prioridades nacionales. Un enfoque escalonado sería esencial para proporcionar métodos más sencillos y más accesibles a los países con menos experiencia, datos e información.

Muchos países están implementando el mapeo del COS como parte de la actividad del Mapa Mundial de Carbono Orgánico del Suelo (GSOCMap) de la AMS para desarrollar mapas nacionales de las reservas del COS y esto podría ampliarse para incluir el análisis de nuevas muestras de suelo conforme a métodos aceptados y armonizados. Dichos métodos armonizados incluirían la consideración de:

- El uso de una masa de suelo equivalente en lugar de una densidad aparente o un volumen de suelo equivalente para calcular las reservas del COS;
- El uso de técnicas de detección proximal para medir el COS, tanto en el laboratorio como in situ,

- garantizando una calibración suficiente de dichas técnicas a niveles local, nacional y regional y
- El muestreo a profundidades de suelo adecuadas para medir los cambios en las reservas del COS como función de las prácticas de manejo del suelo y de la tierra.

La comparabilidad de las reservas del COS entre los países es importante y debe considerarse en un enfoque ascendente para permitir el escalamiento del nivel nacional al mundial y mejorar la comparabilidad entre los enfoques ascendente y descendente. Por lo tanto, se recomienda que las directrices del MRV incluyan una guía sobre cómo se puede lograr la comparabilidad (entre países y entre los enfoques ascendente y descendente).

### **P1-3 ¿Cómo pueden reducirse las incertidumbres en las estimaciones de las reservas del COS y los cambios en dichas reservas?**

Los participantes acordaron que, para reducir las incertidumbres en las estimaciones de las reservas del COS y los cambios en dichas reservas, éstas necesitan ser suficientemente cuantificadas.

Las incertidumbres son acumulativas desde el momento del muestreo del suelo, el análisis y la transformación de datos hasta el desarrollo del mapa; la evaluación de la incertidumbre y la reducción, por lo tanto, es necesaria en todas estas etapas. La orientación sobre la evaluación de la incertidumbre es necesaria tanto para los datos existentes como para los nuevos y deberá abordar la cuestión de la armonización del muestreo y análisis del suelo para realizar las mediciones del COS. También se necesita la orientación sobre la forma de organizar los datos y transformarlos en productos relevantes.

Un muestreo efectivo, la corrección de la profundidad del suelo y la consideración de masas de suelo equivalentes para el cálculo de las reservas del COS pueden reducir las incertidumbres asociadas a la medición del COS. Suficientes ensayos circulares en laboratorio (que implican comparaciones de laboratorio colaborativas utilizando muestras en común) aumentarían la garantía de la calidad de los análisis de suelos y por tanto, reducirían las incertidumbres asociadas a la medición del COS. Deberían existir suficientes redes de laboratorios de suelos regionales e internacionales para apoyar los ensayos circulares y proporcionar infraestructura de análisis de suelos a los países que carecen de la propia. Sin embargo, el desarrollo de redes de laboratorios no debe reemplazar el establecimiento de instalaciones nacionales o el desarrollo de capacidades nacionales. El simposio tuvo conocimiento de que muchos países están decididos a desarrollar sus capacidades nacionales en análisis de suelos y evaluaciones del COS.

La toma de muestras de suelo donde no hay datos disponibles o el aumento del número de muestras en áreas de evaluación existentes, pueden reducir aun más la incertidumbre. Sin embargo, esto podría exigir grandes inversiones en el muestreo y análisis del suelo, por lo que son importantes los métodos para análisis más baratos y rápidos, como los utilizados en la detección proximal. La reducción potencial en la precisión asociada, por ejemplo, a espectroscopia infrarroja podría ser compensada por un gran incremento en el número de muestras analizadas y la cantidad de datos generados.

Las incertidumbres asociadas a los usos del suelo y las prácticas de manejo de la tierra deben ser determinadas y tomadas en consideración en las evaluaciones del COS; igualmente es necesario mejorar los protocolos de control de calidad y de aseguramiento de calidad.

## ¿Cuáles son los desarrollos recientes en lo relativo a métodos y modelos confiables para cuantificar los cambios en las reservas y cómo pueden estos aplicarse de manera óptima a la medición y monitoreo del COS?

Antes de discutir los métodos y modelos disponibles para cuantificar los cambios en las reservas del COS, se aclaró que sería necesario llevar a cabo la medición y el monitoreo del COS a diferentes escalas espaciales, desde lo local (el proyecto) hasta lo nacional y global, que permitan hacer predicciones sobre las necesidades de diferentes usuarios finales. Los países son los usuarios finales de los productos dirigidos al desarrollo de políticas. Por lo tanto, deberán desarrollarse productos de monitoreo inherentes a políticas, a escalas relacionadas con políticas y los países deberán ser apoyados para desarrollar los productos del COS necesarios.

Existen una multitud de modelos relacionados con el COS que operan bajo diferentes supuestos y datos de entrada. Podrían implementarse enfoques de modelos múltiples en los que se aplica cada modelo tomado en cuenta el propósito y las fortalezas que se tenían en mente cuando fue creado y para reducir los errores del modelo y las incertidumbres del producto. La modelación deberá ser de una resolución lo suficientemente alta para informar adecuadamente sobre las decisiones del manejo e impulsar cambios.

Los efectos de la erosión del suelo sobre las fuentes y sumideros del COS deberán ser incluidos en la modelación del COS y la medición del contenido de grava y el grado de pedregosidad deberá ser mejorada para eliminar los sesgos en las estimaciones de las reservas del COS. Se podrían investigar varios indicadores (a corto plazo) de las reservas del COS y de sus cambios con el fin de permitir la detección temprana del cambio en las reservas. El uso de la tecnología isotópica puede ser útil para determinar estos indicadores a corto plazo.

El uso informado de los métodos basados en datos versus los métodos basados en procesos es importante, especialmente en función de la modelación del COS en zonas como las turberas. Para enfoques de modelación de suelos basados en datos que se apoyan en conjuntos de datos sobre el perfil del suelo, algunos mapas de turberas pueden sufrir problemas asociados a la escala espacial (por ejemplo, el predominio de pequeñas turberas en las grandes unidades de suelo modeladas). Sin embargo, los métodos basados en datos que no consideran los procesos del paisaje generalmente carecen de las variables que son necesarias para modelar adecuadamente la presencia de turberas.



### TEMA 2: PRESERVAR Y/O INCREMENTAR LAS RESERVAS DEL COS (PROMOVER EL SECUESTRO DEL COS).

La MOS constituye una mezcla compleja de sustancias orgánicas parcialmente descompuestas derivadas del mantillo, así como biomasa de fauna y microbiana.<sup>19</sup> La MOS desempeña un papel crucial en muchas funciones del suelo y en los servicios ecosistémicos, como el amortiguamiento del cambio climático, el sostenimiento de la producción alimentaria y la regulación de la disponibilidad del agua. Los cambios en la calidad o cantidad de la MOS afectan la capacidad de los suelos para realizar estos servicios ecosistémicos y por lo tanto, la MOS requiere de un manejo cuidadoso. La MOS está compuesta de aproximadamente 58 por ciento de carbono,<sup>20</sup> que corresponde al COS. Las reservas de la MOS son influidas por la actividad microbiana, la accesibilidad de los residuos orgánicos a los microorganismos, los tipos texturales y estructurales del suelo, las condiciones del sitio y las prácticas de manejo. El manejo del COS a través de una agricultura sostenible y otras prácticas de uso del suelo se han convertido en una estrategia ampliamente reconocida para restaurar las propiedades de la salud del suelo y por ende combatir la degradación y la desertificación de la tierra, así como para mejorar la resiliencia de los agroecosistemas a los impactos ambientales, aunque se trata de un proceso a largo plazo.<sup>21</sup>

El mantenimiento y aumento de las reservas del COS no sólo es crucial para reducir las emisiones de GEI y eliminar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, sino también para aprovechar los beneficios del incremento del COS (y la

MOS) para la salud y la fertilidad del suelo mejorando el almacenamiento de agua e incrementando así el acceso de las plantas al agua, el potencial de producción alimentaria y la resiliencia a las sequías. El COS es también un indicador clave para la NDT porque es un índice para el cambio en la condición de la tierra. A pesar de que los suelos albergan la reserva de carbono terrestre más grande, la degradación del suelo, el uso del suelo y el cambio en el uso del suelo han resultado en pérdidas de 25-75 por ciento de las reservas originales del COS. Además deben evitarse las pérdidas del COS, especialmente en suelos con alto contenido de carbono y es necesario que las reservas del COS sean por lo menos parcialmente restauradas a través del secuestro de carbono.

El COS es muy heterogéneo, con tiempos de residencia que varían de horas a milenios. La mayoría de los modelos de la MOS dividen al COS en almacenes cinéticos con diferentes tiempos de residencia (p.ej. rápido-activo, lento-intermedio y muy lento/pasivo/inerte). La tasa de recambio de cada almacén depende de diversos procesos y factores, como la accesibilidad de la materia orgánica a los descomponedores, la participación de los compuestos orgánicos en las interacciones órgano-minerales, la recalcitrancia de la materia orgánica y las condiciones ambientales (p.ej. clima y pH).<sup>22</sup> Al considerar el efecto de las prácticas de manejo de la tierra sobre los niveles del COS, por lo tanto, el estudio de los mecanismos de estabilización (p.ej. interacciones entre la MOS, los microorganismos y los minerales del suelo que afectan la protección de la MOS a través de la agregación y adsorción,<sup>23</sup> afectando así el tiempo de residencia relativo) y mineralización (p.ej. perturbación del suelo y pérdida de protección) del COS así como la accesibilidad mejorada de los poros y las superficies de partículas en agregados bien estructurados, son esenciales para determinar el efecto real sobre las emisiones de GEI y el secuestro del COS.<sup>24</sup>

## *Resumen de la discusión*

---

Los usos del suelo y las prácticas de manejo de la tierra que mantienen o incrementan las reservas del COS tienen múltiples beneficios para la mitigación y adaptación al cambio climático, la seguridad alimentaria, la NDT y la biodiversidad. Los participantes encontraron que existen muchas estrategias para aumentar el carbono del suelo, pero que las **respuestas varían** según el clima y el tipo de suelo, por lo que **las prácticas deben seleccionarse para adecuarse a cada contexto**. Fueron identificadas las siguientes recomendaciones de amplia aplicación para mantener o incrementar el COS: controlar la erosión del suelo; mantener la cubierta del suelo; aplicar un manejo integrado de nutrientes; fomentar sistemas agrícolas diversificados; incentivar y facultar a los agricultores para que manejen el COS y fomentar la colaboración entre los científicos, los agricultores y los encargados de la formulación de políticas para diseñar estrategias destinadas a incrementar el COS.

### **P2-1 ¿Cuál es el potencial global para lograr el secuestro del COS a través de los usos del suelo y cuál es la incertidumbre asociada al logro de este fin?**

Mediante la adopción de las prácticas de manejo recomendadas, podría secuestrarse globalmente un estimado de 1-2 GtC por año dentro de 30-50 años.<sup>25</sup> Esto supone que el 70 por ciento de los ecosistemas manejados (incluyendo tierras de cultivo, tierras de pastoreo, bosques y áreas forestales) implementan prácticas de manejo que fomentan el secuestro del COS, el 50 por ciento de los suelos degradados son restaurados y el secuestro de carbono inorgánico del suelo ocurre en todos los suelos de zonas áridas. El principal potencial de secuestro de carbono se encuentra en suelos degradados, donde la MOS se ha agotado en gran medida. Por otro lado, los suelos con alto contenido de COS posiblemente no secuestrarán cantidades significativas de carbono si ya están cerca de la saturación local del COS. En tales suelos, la prevención de pérdidas del COS debe ser una prioridad. Sommer y Bossio (2014)<sup>26</sup> señalaron que la tasa de secuestro del COS disminuye con el tiempo, alcanzando el secuestro máximo después de 20-40 años. Calcularon el potencial global acumulativo para el secuestro de carbono en tierras arables, praderas permanentes y pastos entre 32 GtC y 63 GtC (para escenarios pesimistas y optimistas, respectivamente) entre 2014 y 2100.

A pesar del fuerte potencial de secuestro del COS y la contribución vinculada a la adaptación al cambio climático y a los objetivos de la NDT, es crucial **evaluar el balance total de GEI** desde la perspectiva de ciclo de vida (p.ej. emisiones asociadas al uso del suelo a través de la cadena de suministro, incluyendo aspectos tales como la fabricación y uso de fertilizantes), tomando en cuenta las interacciones entre los ciclos del carbono y el nitrógeno, así como las emisiones derivadas de usos específicos del suelo que puedan afectar el potencial para mitigar el cambio climático. La eficacia de las medidas encaminadas a mantener o incrementar las reservas del COS se determina por los usos del suelo y las prácticas agrícolas existentes; contextos ambientales locales (p.ej. el suelo, el clima y las comunidades microbianas), socioeconómicos, culturales e institucionales y los sistemas agrícolas locales. Dependiendo de la combinación de estos factores, **el secuestro del COS alcanzable a escala local o regional puede ser más bajo que el potencial teórico del secuestro del COS.**

## **P2-2 ¿Cuáles son los límites superiores (niveles de saturación potencial) del potencial de secuestro del COS?**

Los niveles de saturación para el secuestro del COS no se definieron en el simposio. Los participantes convinieron, sin embargo, en que cuando los suelos son manejados como sumideros de carbono, el COS aumentará hasta el punto en el que se alcance un nuevo equilibrio. Este equilibrio representa el balance entre los aportes de materia orgánica y el recambio de la MOS.<sup>26</sup>

El límite superior o saturación del COS se refiere al límite superior de la capacidad del suelo para proteger a la materia orgánica de la mineralización y depende del suelo del sitio específico y de las condiciones ambientales, incluyendo el tipo de vegetación y las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (p.ej. el contenido de arcilla, el tipo de arcilla y la accesibilidad de la superficie de partículas a los microorganismos). Por tanto, el objetivo del manejo del COS con fines de secuestro, es lograr un nuevo equilibrio lo más cercano posible a la saturación y mantener ese nivel una vez alcanzado. Esto incluye el potencial de almacenamiento del COS en subsuelos, que a menudo están por debajo de los niveles de saturación.

Debido a que el secuestro del COS es un proceso lento y de manejo intensivo, los límites superiores del potencial de secuestro del COS son muy relevantes en suelos con contenidos relativamente altos de COS, aproximándose al valor de saturación y menos importantes en los sistemas empobrecidos por falta de COS. Las zonas áridas tienen menos potencial para secuestro del COS que las zonas húmedas debido a la escasa disponibilidad de agua, pero incluso las pequeñas ganancias del COS en las zonas áridas podrían tener un impacto crucial en la seguridad alimentaria, la adaptación al clima y la NDT al mejorar la salud del suelo. La aplicación de biochar podría añadir carbono adicional a los suelos que no están limitados por la capacidad intrínseca de almacenamiento del COS.

## **P2-3 ¿Cuál es la estabilidad a largo plazo del COS y sus componentes y cuál es la sostenibilidad a largo plazo del secuestro del COS?**

La estabilidad a largo plazo y la sostenibilidad del secuestro del COS dependen del mantenimiento de las mejores prácticas de manejo y de asegurar que los ingresos de carbono sean mayores que las pérdidas de carbono por mineralización. Esto pone de manifiesto la necesidad de fomentar la aceptación y la adopción a mayor escala de las prácticas de secuestro del COS a través de procesos participativos, de crear con base en el conocimiento local, de incentivar a los agricultores, de potenciar los servicios de extensión y de aumentar la comunicación entre los actores.

No todo el COS es homogéneo. La protección y estabilidad del COS se determinan en última instancia por medio de una combinación de la cantidad, calidad y dinámica de la MOS, así como por condiciones ambientales y edafoclimáticas, las propiedades fisicoquímicas del suelo, los procesos biológicos, las comunidades microbianas, la calidad de los aportes orgánicos y el nivel de protección del COS a través de interacciones órgano-minerales así como la formación de agregados estables del suelo. Es necesario preservar las fracciones química y físicamente estables del COS, estabilizadas mediante recalcitrancia intrínseca o asociación con minerales, por consiguiente, para asegurar la sostenibilidad a largo plazo del secuestro del COS. El mantenimiento de las funciones del suelo y la estructura del suelo deben ser un objetivo tanto para mejorar la salud y fertilidad del suelo como para preservar e incrementar el COS.

La variabilidad climática, el cambio climático y el manejo del agua afectan también la estabilidad del COS ya que la temperatura y la humedad del suelo afectan las tasas de mineralización del COS. Los aumentos de temperatura llevan a una mayor pérdida del COS debido a la mineralización, con un mayor efecto en climas fríos que en climas cálidos y en suelos con grandes reservas de COS que en suelos pobres en carbono. Existen lagunas de conocimientos sobre los efectos del cambio climático en las reservas y flujos del COS, como por ejemplo el impacto del aumento en las concentraciones del CO<sub>2</sub> en los rendimientos de los cultivos y en los ingresos de carbono.

El impacto específico de la erosión del suelo sobre la estabilidad del COS depende de los procesos de transformación que ocurren durante el transporte y deposición del suelo, la ubicación de la deposición (el enterramiento profundo y las deposiciones en ambientes acuáticos aumentan la estabilidad) y la medida en la que el reemplazo dinámico del COS (sustituyendo el COS erosionado por COS recién producido) ocurre en sitios erosionados. Sin embargo, independientemente de estos factores, reducir o prevenir la erosión del suelo ayudará a proteger el COS en los agregados del suelo y prevenir las pérdidas del COS en cualquier sitio específico.

El cambio en el uso del suelo es una causa posible importante de pérdidas y ganancias del COS, dependiendo del uso inicial y final del suelo. El COS se pierde fácil y rápidamente en algunos cambios en el uso del suelo (como la conversión de pastizales a tierras de cultivo), pero la restauración de las reservas del COS es lenta (“de salida rápida y entrada lenta”), por ejemplo, cuando se convierten las tierras de cultivo en pastizales o bosques. Por lo tanto, es esencial evitar las pérdidas del COS tanto en suelos ricos en carbono como en suelos empobrecidos en carbono para reducir al mínimo la necesidad futura de secuestro del COS.

## **P2-4 ¿Existe suficiente evidencia científica para establecer si el secuestro del COS contribuye a la adaptación al cambio climático, su mitigación y el logro de la NDT?**

Existe evidencia científica convincente de que **un aumento constante del COS contribuye a los múltiples objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático, seguridad alimentaria y el logro de la NDT**. Las Directrices Voluntarias para la Gestión Sostenible de los Suelos (DVGSS) y el Panorama Mundial de Enfoques y Tecnologías para la Conservación de Suelos y Aguas (WOCAT) proporcionan recomendaciones útiles y ejemplos de prácticas locales de manejo sostenible que contribuyen al secuestro del COS. Ejemplos de prácticas que apoyan directa o indirectamente el mantenimiento o incremento del COS y que pueden diseñarse de acuerdo con las condiciones locales incluyen la agricultura de conservación; la rotación de cultivos; la aplicación de biochar; los cultivos de cobertura; los cultivos intermedios/abono verde; la agroforestería; la aplicación de composta; las enmiendas orgánicas; el manejo integrado de nutrientes; el manejo de pastos; el manejo de bosques y la captación de agua. La implementación combinada de prácticas que abordan tanto la conservación del suelo como del agua, la diversificación de los sistemas de cultivo, la integración de los sistemas agrícolas y ganaderos y la agroforestería, son las más eficaces para el secuestro del COS y deben ser priorizadas.

Las prácticas para fomentar el secuestro del COS se centran en incrementar de forma activa los ingresos de la

materia orgánica o en la ralentización de las tasas de recambio de la materia orgánica reduciendo la perturbación (p.ej. mediante labranza cero). Las medidas que aumentan el aporte de materiales orgánicos (p.ej. cultivos de cobertura, rotaciones, permanencia de rastrojos, mejor manejo de los pastos y agroforestería) son más efectivas para secuestrar el COS que aquellas que sólo reducen la perturbación por la labranza o la erosión.

Existe una amplia evidencia de que el incremento del COS tiene impactos positivos sobre la salud del suelo, la resiliencia al cambio climático y las sequías mediante el incremento de la capacidad de retención de agua, la resistencia a las sequías, la erosión y el control de las inundaciones. Existen sinergias entre la adaptación al cambio climático, su mitigación y el logro de la NDT en relación con el manejo del COS. Por lo tanto, incluso en los casos en los que los objetivos de la mitigación no se alcanzan completamente debido a los efectos de otros flujos de GEI o incrementos lentos en el COS (p.ej. utilizando labranza reducida), el mantenimiento o incremento del COS aun tiene beneficios vitales para la salud del suelo que respaldan la seguridad alimentaria, la adaptación al cambio climático y el logro de la NDT.

Se identificaron los siguientes principios de guía y limitaciones para optimizar los beneficios del secuestro del COS para la mitigación y adaptación al cambio climático y la NDT, que deberían ser considerados en el diseño e implementación de prácticas de manejo de suelos y tierras:

- Las prácticas para fomentar el secuestro del COS deben ser diseñadas a la medida porque la efectividad de las prácticas depende de los usos del suelo y prácticas agrícolas existentes, los tipos de prácticas adoptadas y las condiciones ambientales, económicas, institucionales y sociales.
- El aumento del COS per se es insuficiente para mejorar la salud del suelo. La respuesta biológica al calentamiento global, los aportes de carbono mejorados y los cambios en los regímenes de precipitación también deben considerarse para asegurar la mayor efectividad en la adaptación al cambio climático y la NDT.
- Algunas de las incertidumbres para comprender las respuestas del COS a las prácticas de manejo se derivan del cambio inherente en las variables conductoras, como son las propiedades del suelo y los aportes orgánicos así como el régimen climático. Sin embargo, gran parte de la incertidumbre y de la aparente variabilidad temporal y espacial en la efectividad de las prácticas pueden explicarse por factores de diseño experimental, como las diferencias en la duración de los experimentos, la profundidad del muestreo y el alcance de la evaluación (p.ej. únicamente el COS; o también el mantillo y las reservas de biomasa; únicamente carbono, o todos los GEI; únicamente en la granja, o ciclos de vida completos). Se recomiendan un monitoreo a largo plazo y un muestreo más profundo que los horizontes de suelo superficial para reducir las incertidumbres asociadas a factores del diseño experimental. La respuesta asumida del COS al cambio climático añade mayor incertidumbre. También deben considerarse las interacciones entre el ciclo del carbono y el nitrógeno y los intercambios entre diferentes emisiones de GEI para comprender los impactos del manejo del COS.
- Bajo ciertas condiciones, mejores prácticas de manejo pueden dar como resultado que se eviten pérdidas del COS en comparación con la práctica habitual comercial, pero no un aumento neto en las reservas del COS. Esto todavía representa un beneficio para la mitigación del cambio climático al reducir las emisiones del CO<sub>2</sub>; también contribuye a la adaptación al cambio climático y a la NDT al impedir la degradación del suelo a través de la pérdida del COS.
- El potencial para aumentar los aportes de material orgánico a menudo se ve limitado por la competencia por los recursos. En algunos contextos, podrá no haber material orgánico adicional para uso como enmiendas, ya que se utiliza para pienso, combustible o para otros fines.

## ¿Cómo podrán las políticas apoyar la adopción de prácticas que favorezcan el secuestro del COS y como podrá englobarse la evidencia científica para informar sobre dichas políticas?

El aumento en la aplicación de las prácticas de manejo del suelo y la tierra que protejan o incrementen el COS representan un importante desafío social. Para activar la adopción a gran escala de prácticas sostenibles, los beneficios tangibles a corto y largo plazo para los agricultores, como los aumentos en el rendimiento o la estabilización y resistencia a las sequías, deben ser evidentes, resaltados y asequibles. Los múltiples beneficios del secuestro del COS para el bienestar humano incluyen la protección de los servicios ecosistémicos y sus funciones (incluyendo servicios de provisión, regulación, soporte y servicios culturales), así como la conservación y restauración de la biodiversidad. Los agricultores tienen mayores probabilidades de contribuir al aumento del secuestro del carbono si están convencidos de que mejora la producción y la seguridad alimentaria o si existen beneficios económicos u otros incentivos directos. Por tanto, los estudios de evaluaciones y factibilidad de prácticas de manejo alternativas deberán incluir los aspectos socio-económicos y un análisis completo de la cadena de valores para informar sobre las decisiones de los usuarios de las tierras con respecto a las opciones de manejo del suelo y la tierra. Sin embargo, la disponibilidad de dicha información no garantiza que los usuarios de las tierras cambiarán sus prácticas de manejo a causa de las barreras existentes para la adopción de prácticas que mejoren el secuestro del COS, como son las siguientes:<sup>27</sup>

- Las barreras financieras – como el financiamiento limitado y el acceso al capital – pueden disuadir a los agricultores de implementar prácticas de incremento del COS.
- Las barreras técnicas y logísticas podrán incluir la falta de disponibilidad de tecnologías apropiadas, capacidad o equipos técnicos y la baja detectabilidad de cambios a corto plazo en las reservas del COS.
- Las barreras institucionales podrán asumir la forma de políticas y regulaciones nacionales, tenencia insegura de la tierra, mercados imperfectos, investigación limitada y servicios de extensión, así como una débil coordinación interinstitucional.
- Las barreras al conocimiento podrán incluir la falta de información sobre las condiciones climáticas o de opciones de manejo y su correcta aplicación. En algunos casos, no se trata tanto de la transmisión de conocimientos a los agricultores sino de quién lo transmite. La información de fuentes políticamente afiliadas, como por ejemplo, puede ser considerada con escepticismo y se prefiere la información de fuentes apolíticas.
- Las barreras de recursos se refieren a la ausencia de tierras, mano de obra, insumos, agua o plantas suficientes para implementar la adaptación al clima y prácticas de mitigación.
- Las barreras socio-culturales pueden ser cognitivas o normativas. La forma en que los agricultores perciben el cambio climático y la identificación de riesgos es una de las barreras estratégicas que influyen sobre las acciones de las personas para lidiar con la mitigación y adaptación al cambio climático.

Por lo tanto, es necesario contar con mecanismos **para facilitar e incentivar la implementación de prácticas de manejo** que contribuyan al secuestro del COS y eliminen las barreras para la adopción de dichas prácticas. Dichos mecanismos incluyen:

- a. El desarrollo de esquemas de pago por servicios ecosistémicos para compensar a los agricultores y administradores de las tierras por los posibles costos adicionales de implementar prácticas de manejo alternativas que ayuden a proteger los servicios ecosistémicos para la sociedad en su totalidad (p.ej. los programas de créditos de carbono).
- b. La identificación y establecimiento de modelos de negocios sostenibles y oportunidades de inversión en la restauración del paisaje, la agricultura regenerativa y el manejo sostenible de la tierra. También podrán requerirse evaluaciones del costo de la inacción.
- c. El establecimiento de compromisos financieros y convenios a largo plazo para los gobiernos.
- d. Poner en funcionamiento el manejo, la preservación y el secuestro del COS en los ámbitos local y nacional



a través de sinergias entre las tres convenciones relevantes de las Naciones Unidas (i.e., el Convenio sobre Diversidad Biológica, la CNUCLD y la CMNUCC) y los ODS.

- e. El desarrollo de políticas que garanticen la comunicación efectiva y consistente de información sobre prácticas de manejo pertinentes y su implementación, así como el fortalecimiento de políticas que apoyen a aquellos actores que brindan información sobre las prácticas del secuestro del COS derivadas de la investigación, los sistemas analíticos, los servicios de extensión, la industria y las redes regionales.
- f. El reconocimiento del contexto local que incluye los sistemas de creencias y valores y el conocimiento y las prácticas de los pueblos indígenas en el diseño e implementación de las prácticas de manejo pertinentes.
- g. La facilitación de las tecnologías existentes para aplicar prácticas relevantes e invertir en nuevas estrategias técnicas y de manejo como son las variedades mejoradas.
- h. El desarrollo de nueva infraestructura (p.ej. tecnologías de uso eficiente del agua y sistemas de transporte y almacenamiento) y el establecimiento de mercados accesibles y eficientes para los productos.
- i. El aumento de la capacitación y el apoyo local para la adopción de nuevas prácticas de manejo.
- j. La vinculación de los esquemas de subsidio agrícola existentes con prácticas agrícolas sostenibles que apoyen la preservación y el incremento del COS, la calidad del agua y la biodiversidad con el fin de promover la implementación de dichas prácticas.

La participación de los actores, el intercambio de conocimientos, los datos de fuente abierta, la educación, la comunicación clara y la investigación interdisciplinaria que considere todos los usos del suelo (no sólo los agrícolas) son cruciales para la adopción de prácticas alternativas. Todos los interesados, incluyendo la comunidad de investigadores, los practicantes, los agricultores, los terratenientes y diseñadores de políticas, deben comprometerse en procesos participativos para desarrollar conjuntamente conocimiento y aprender del otro en un modelo colaborativo, interactivo e iterativo ya que existe la necesidad de actuar al tiempo que se aprende y de incorporar este aprendizaje en estrategias de adaptación. La investigación participativa bien diseñada y el desarrollo de políticas a menudo facilitan el diseño y uso de **soluciones locales y políticas para contextos específicos** hechas a la medida o existentes y aumentan su aceptación y adopción como se ilustra en muchas iniciativas comunitarias exitosas para implementar prácticas de manejo alternativas. Las evaluaciones en la granja y los programas de monitoreo participativos pueden ayudar a aumentar la concientización y el intercambio de conocimientos. El conocimiento híbrido desarrollado a través de procesos participativos que combinan la evidencia científica y el conocimiento local deberán informar sobre las políticas en diferentes ámbitos.

Las políticas deben evitar añadir obstáculos a las prácticas agrícolas que podrían llevar a retroalimentaciones negativas y deberán incluir recomendaciones y objetivos claros para el secuestro del COS. La meta deberá ser asequible y las prácticas claras y aplicables de manera realista. Los agricultores deberán recibir información suficiente para ilustrar el beneficio de suelos sanos más allá de la mitigación del cambio climático. Ello implica comunicar las consecuencias de la inacción y las oportunidades de acción.

**No existe un escenario único que se ajuste a todos para la capacitación y comunicación** ya que la evidencia necesita ser conjuntada de forma diferente para los distintos actores. La educación, la capacitación y el desarrollo de capacidades para los formuladores de políticas, agricultores y servicios de extensión y la garantía de una tenencia segura de la tierra, son otros medios cruciales para fomentar la adopción de prácticas sostenibles de manejo de la tierra. Las narraciones de historias “buenas” y “malas” de las personas afectadas por la degradación del suelo y aquéllas que se han visto beneficiadas por un buen manejo del COS pueden además elevar la concientización y alentar la adopción a gran escala.



## TEMA 3: MANEJO DEL COS EN SUELOS ESPECÍFICOS

La distribución del COS es muy heterogénea y va en función de, entre otras cosas, el tipo de suelo, el uso del suelo, el cambio en el uso del suelo, el clima, el paisaje y las prácticas de manejo del suelo. Como resultado de ello, los suelos en diferentes zonas geográficas tienen diferentes potenciales como fuentes y sumideros de carbono y requieren de diferentes prácticas de manejo para garantizar flujos de carbono que sustenten el suelo y los servicios ecosistémicos. Tres subtemas dieron pie a discusiones sobre el manejo de los suelos con diferentes características de fuentes o sumideros de COS.

### SUB-TEMA 3.1: SUELOS CON ALTOS CONTENIDOS DE COS

En el contexto del cambio climático, el mantenimiento de los niveles existentes del COS es especialmente importante en suelos con un COS inherentemente alto como las turberas, el permafrost y los suelos negros.<sup>†</sup> Esto se debe principalmente a su potencial como fuentes significativas de emisiones de carbono (especialmente  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ ) aún cuando cubren proporcionalmente una pequeña parte de la superficie terrestre mundial. Además de su alto contenido de COS, muchos de estos suelos tienen una alta productividad y fertilidad inherentes, son de gran importancia para la seguridad alimentaria al ser cultivados y por tanto, su cultivo es con frecuencia extensivo. Dichos suelos también son de gran importancia como sumideros potenciales de COS mediante prácticas de manejo mejoradas en aquellas zonas en las que han ocurrido pérdidas históricas de COS. Todavía existe una gran incertidumbre sobre las reservas y flujos de carbono en los suelos con alto contenido de COS; sin embargo, debido a su extensión, estatus y dinámica, no han sido estimados o mapeados con suficiente precisión.

Las turberas, por ejemplo, cubren escasamente 3 por ciento de la superficie terrestre mundial.<sup>28</sup> De acuerdo con la Base de Datos Mundial sobre Turberas, éstas contienen una masa total de COS de 447 GtC hasta su profundidad total, pero las incertidumbres en torno a esta estimación son altas,<sup>29</sup> debido en gran parte a las incertidumbres sobre las profundidades de las turberas.<sup>30</sup> En el caso del permafrost, se considera que aproximadamente 30 por ciento de la reserva total de COS a una profundidad de 2 metros se mantiene en la Región Circumpolar del Norte, con reservas estimadas de COS de  $217 \pm 12$  GtC de 0-30 cm y  $1\ 035 \pm 150$  GtC de 0-300 cm de profundidad.<sup>31</sup> Por lo que respecta a las turberas, las estimaciones de la reserva de COS para el permafrost son variables y tienen una incertidumbre relativamente alta. Los molisoles, uno de los principales tipos de suelo negro, cubren un estimado de 7 por ciento de la superficie terrestre libre de hielo<sup>28</sup>, pero no existe una estimación mundial actual de su contenido de COS debido a que abarcan un amplio rango de tipos y usos de suelo.

### SUB-TEMA 3.2: SUELOS EN PASTIZALES Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA

Los pastizales cubren aproximadamente 40 por ciento de la superficie terrestre<sup>32,33</sup> representan 70 por ciento de la zona agrícola mundial y contienen aproximadamente 20 por ciento de las reservas mundiales del COS.<sup>1</sup> Los pastizales característicamente tienen un alto contenido de MOS inherente, con un promedio de 333 Mg/ha,<sup>34</sup> y se considera que los suelos de los pastizales tienen un potencial importante para secuestrar aun más carbono con prácticas mejoradas de manejo de pastizales y la rehabilitación de pastizales degradados. Al mismo tiempo, dichas prácticas con frecuencia aumentan la productividad de los pastizales y su resiliencia a la variabilidad del clima.

Los pastizales se encuentran bajo presión en muchas regiones, no obstante, a causa de un aumento en el pastoreo, un manejo inadecuado de incendios y la intromisión de otros usos del suelo: por ejemplo, aproximadamente 20 por ciento de los pastizales nativos del mundo fueron convertidos en cultivos agrícolas. Existen buenas oportunidades para beneficiarse de prácticas de manejo que secuestran carbono en pastizales debido a que

grandes poblaciones de personas dependen directamente de éstos pero que con frecuencia son pobres y vulnerables a la variabilidad climática y al cambio climático. La implementación de prácticas que incrementan las reservas del COS en pastizales, por lo tanto, podrían ofrecer beneficios considerables de mitigación, adaptación y desarrollo.<sup>34</sup>

Los sistemas de producción de ganado ocupan aproximadamente dos tercios de la tierra agrícola mundial para la producción de pienso (80 por ciento para pastoreo y 20 por ciento para la producción de forraje). Ante la expectativa de que la demanda mundial de productos para el ganado se duplicará en el año 2050, especialmente en los países en desarrollo, es cada vez más importante mejorar los sistemas basados en forraje y los sistemas integrados de tierras de cultivo-pastizales-bosques que contribuyan a la adaptación al cambio climático y reduzcan las emisiones de carbono asociadas a la producción ganadera.<sup>35</sup> Las estrategias para secuestrar carbono en pastizales también necesitan tomar en cuenta el balance neto de las emisiones bajo diferentes estrategias de manejo, incluyendo las emisiones del ganado (emisiones de metano entérico) y sus cadenas de suministro.

### SUB-TEMA 3.3: SUELOS DE ZONAS ARIDAS

Las zonas áridas (áridas, semiáridas y subhúmedas secas) se caracterizan por precipitaciones promedio generalmente bajas (en las que la precipitación promedio es menor a las pérdidas potenciales de humedad por evaporación y transpiración) y cubren aproximadamente 47 por ciento de la superficie terrestre. Las tierras áridas con frecuencia son asociadas a falta de agua, la cual restringe gravemente la productividad de plantas y por tanto afecta la acumulación del carbono orgánico en los suelos.<sup>36</sup> No obstante, los suelos de las zonas áridas contienen más de una cuarta parte de la reserva de carbono orgánico mundial.<sup>21</sup>

Los suelos de las zonas áridas son especialmente vulnerables a la degradación y la desertificación de la tierra y están asociados a pérdidas del COS a causa de las disminuciones en sus reservas con un contenido decreciente de agua en el suelo; los suelos de las zonas áridas, por lo tanto, contienen bajas reservas de COS. Los factores que influyen en el secuestro del COS, como el clima, el tipo de suelo, la cobertura vegetal y las prácticas de manejo, son importantes en el desarrollo de estrategias y prácticas de manejo del COS para estos suelos,<sup>36</sup> especialmente porque sus bajas reservas de COS representan un alto potencial de secuestro de éste dada la gran magnitud espacial de las zonas áridas.

### *Resumen de la Discusión*

Con base en las diferencias en el COS y sus diversas sensibilidades ante las prácticas de manejo, se abordaron cinco preguntas clave:

**P3-1 ¿Dónde se ubican las áreas prioritarias para que la conservación del suelo impida las pérdidas del COS y cuáles son los requisitos e incentivos de las políticas asociadas que regulen su manejo sostenible?**

*Áreas prioritarias para la conservación del suelo:*

Desde la **perspectiva de los GEI**, las áreas prioritarias para la preservación de las reservas del COS son aquellas con las reservas más altas. Entre más alta sea la reserva del COS, mayor será su vulnerabilidad a la oxidación; esto sucede, por ejemplo, con las zonas de permafrost (aunque estas no sean manejadas directamente) y las turberas. En lo referente a las turberas, se identificaron las dos zonas prioritarias para protección y son 1) las vastas áreas de turberas naturales (no perturbadas) actualmente intactas (aproximadamente 80 por ciento de las turberas mundiales todavía se consideran prístinas),<sup>37</sup> especialmente las ubicadas en regiones que son vulnerables al cambio en el uso del suelo y 2) las turberas cuya superficie es manejada intensivamente (p.ej. la producción de cultivos o el uso como bosque manejado).

Para proteger dichas turberas, es necesario conocer su ubicación y extensión. La mayor restricción para avanzar en el mapeo mundial de turberas es la escasez de perfiles documentados de suelos orgánicos en general y de turberas en particular, lo cual impide hacer verificaciones en terreno y evaluaciones de la precisión de mapas continentales y a escala mundial. Son necesarios mapas de precisión validada para la planeación del uso del suelo en las turberas. Entre los requisitos de datos de suelo se incluyen los datos georreferenciados sobre las propiedades del carbono del suelo y el contenido de humedad del suelo con el fin de medir la degradación de las turberas.

**Desde la perspectiva de la seguridad alimentaria**, la prioridad es conservar el COS en todos los suelos utilizados para la producción de alimentos, incluyendo los pastizales usados para pastoreo. Esto es especialmente cierto para los suelos de zonas áridas en los que las reservas del COS por unidad de superficie a menudo no son altas. La preservación del COS en dichos suelos es, por lo tanto, crucial para mantener por lo menos aquellas funciones del suelo relacionadas con la producción alimentaria sustentada por el COS.

Las vulnerabilidades en cada uso del suelo dependen del tipo de suelo, las prácticas de manejo, el clima y las condiciones sociales y económicas que afectan las decisiones sobre el manejo. Por ejemplo, la vulnerabilidad es mayor en las turberas tropicales en las que los beneficios de cultivarlas son muy altos, así como en pequeñas parcelas de turberas en el Mediterráneo y en otras zonas templadas sujetas a fuerte presión antropogénica. Por lo tanto, deberán definirse las áreas de prioridad en los ámbitos nacionales y locales.

#### *Requisitos de las políticas e incentivos*

Las políticas públicas y los incentivos son necesarios para dar apoyo a la protección e incremento del COS a través de prácticas de manejo. Aunque las prácticas de manejo que protegen o restauran el COS han demostrado tener beneficios simultáneos para la mitigación y adaptación al cambio climático, la seguridad alimentaria y la NDT, la introducción de dichas prácticas tiene con frecuencia costos directos iniciales u ocasiona una pérdida inicial del ingreso. Esto se debe a una incompatibilidad en la escala temporal entre las acciones necesarias en el corto plazo, las restricciones en el corto plazo sobre los actores, por ejemplo, los agricultores (la necesidad de ingreso) y el largo plazo requerido para aumentar las reservas del COS y obtener los beneficios relacionados.

Existe la necesidad de destacar mejor los beneficios en el corto plazo del manejo sostenible del COS y de acciones en el corto plazo para incrementar el COS que sean compatibles con las actividades de los agricultores. Los incentivos tienen que ser específicos y ser diseñados a escalas nacional y local; igualmente, necesitan ser personalizados de acuerdo con la escala de aplicación. Por ejemplo, los incentivos para estimular la protección de las reservas existentes del COS en ecosistemas prístinos no son siempre iguales a los incentivos para promover prácticas sostenibles en los ecosistemas manejados. Los incentivos son particularmente necesarios para promover el rendimiento de la biomasa y compensar la competencia por dicha biomasa, como sería su uso como combustible o forraje.

Los agricultores, particularmente los pequeños propietarios, no dan prioridad al secuestro de carbono per se, pero pueden estar dispuestos a priorizar las opciones de manejo que mejoren la productividad de la cosecha y detengan la erosión y la desertificación, siempre y cuando sea posible implementar y mantener dichas prácticas y existan conocimiento y capacidades suficientes para apoyar la implementación. En muchos casos se requiere de incentivos adicionales para convencer a los agricultores de cambiar de prácticas muy conocidas a prácticas nuevas ya que ello podría involucrar cambios en equipo, costos iniciales de insumos y un manejo más intensivo.

### **P3-2 ¿Cuáles son los cambios en las reservas del COS y las tasas de cambio alcanzables de manera realista para suelos específicos y usos de suelo específicos?**

Los participantes expresaron que esta pregunta no podía ser contestada a través de su discusión sino que más bien exigía una evaluación exhaustiva para ofrecer valores confiables basados en el clima, el tipo de suelo y las condiciones específicas de su manejo. Generalmente, sin embargo, a mayores reservas del COS, más alta será la tasa de pérdidas potenciales de carbono después de una perturbación del suelo o de un cambio en el uso del suelo (p.ej. de bosques o pastizales a tierras de cultivo).

Para los tres contextos considerados en el Tema 3 – suelos con alto contenido de COS (turberas, permafrost y suelos negros); pastizales y sistemas de producción ganadera y suelos de zonas áridas – la prioridad es mantener las reservas existentes del COS y reducir al mínimo las pérdidas de carbono. Aunque podría ser ambicioso por diversas razones conservar las reservas existentes, resulta más realista que aumentar las reservas del COS ya que el secuestro del mismo es generalmente un proceso lento, especialmente en los suelos cuyos niveles de COS ya son altos.

### **P3-3 ¿Cuál es el umbral de degradación en el que la restauración del suelo y el secuestro del COS ya no se consideran factibles?**

Los participantes sugirieron que un umbral de degradación (punto de inflexión) para las pérdidas del COS es un concepto inapropiado. Las pérdidas del COS son continuas y no puede definirse un umbral de degradación, cosa que si puede suceder para otros tipos de degradación del suelo como son la erosión y la salinización. Puede ser posible, sin embargo, definir un umbral de degradación en relación con la efectividad de medidas de restauración específicas dado que, en algunos casos, los suelos con niveles de COS muy bajos no responden a las prácticas de restauración. Los umbrales también pueden definirse en relación al costo de la restauración, por ejemplo, cuando la restauración se vuelve muy costosa para ser económicamente viable, es decir, la restauración de suelos empobrecidos de COS es técnicamente posible, pero los factores socioeconómicos impiden su implementación (p.ej. el costo del agua necesaria, los nutrientes y la biomasa, etc.).

No puede determinarse un umbral de degradación universalmente aplicable pues resulta ser específico del suelo y del ecosistema. Sin embargo, en las zonas áridas, por ejemplo, los suelos no responden ante los fertilizantes inorgánicos por debajo de un umbral local de contenido de COS y el aumento del COS o la mejora en los rendimientos mediante la adición de fertilizantes inorgánicos por sí solos no es posible.

Las tasas de cambio se consideran más importantes que los umbrales. Los datos sobre las tasas de cambio existen y pueden ser reunidos y sintetizados para contextos específicos.

Se enfatizó la diferencia entre la restauración y la rehabilitación. La restauración se refiere a la recuperación de los ecosistemas, incluyendo la estructura y función ecológicas pre-existentes. La rehabilitación puede permitir la recuperación de las reservas del COS pero no reintegra a los ecosistemas a su condición y características prístinas originales (p.ej. la biodiversidad superficial y subterránea).

### **P3-4 ¿Cuáles son los servicios ecosistémicos potencialmente derivados del secuestro del COS y los co-beneficios asociados que contribuirían a la adaptación al cambio climático y a la reducción de la degradación de la tierra?**

La MOS contribuye a muchos servicios ecosistémicos como son la provisión de alimento, fibra y combustible mediante su contribución a la fertilidad del suelo, la regulación del ciclo del agua al aumentar su infiltración y la permeabilidad del suelo y el reciclaje de desechos orgánicos y de otra naturaleza. Además, la MOS ayuda a sostener la biodiversidad del suelo y la biodiversidad funcional lo cual, a su vez, apoya un rango de

aprovisionamiento de servicios ecosistémicos del suelo. Además de este enunciado general que fue confirmado para una variedad de situaciones cubiertas en el Tema 3, se suscitaron los siguientes puntos específicos:

- Pueden existir beneficios por añadir material orgánico al suelo sin aumentar las reservas del COS. Como ejemplos se incluyen la adición de la materia orgánica asociada a una fertilidad del suelo mejorada o la resistencia a la erosión sin cambiar el contenido del COS. El manejo benéfico del COS por tanto, no deberá limitarse al secuestro del COS.
- Un aumento en la MOS no siempre mejora la productividad. En el caso de las turberas, por ejemplo, existe una compensación entre conservar el COS y la producción y el rendimiento de las cosechas. Debe observarse, sin embargo, que lo último mencionado (es decir, el cultivo de cualquier tipo de alimento en suelos de turba drenados o el uso de turba como medio de cultivo) es insostenible.
- En términos del manejo de las emisiones de GEI de los suelos, el enfoque no debe limitarse exclusivamente al carbono. Las emisiones de  $N_2O$  asociadas a ciertos suelos con un alto nivel de COS (como ocurre con algunas turberas) también deben tenerse en cuenta al planear prácticas de manejo apropiadas y balances de GEI.

Los servicios ecosistémicos y los co-beneficios del secuestro del COS no sólo deben considerarse a una escala de parcela o campo sino también a escalas mayores, es decir a escalas de paisaje o territorio (p.ej. para la mitigación de la erosión asociada a reservas del COS incrementadas).

La mayoría de los beneficios del mantenimiento y secuestro del COS se observan en el largo plazo (décadas) mientras que los agricultores necesitan beneficios en el corto plazo (meses y años). Existe la necesidad de identificar y subrayar los beneficios a corto plazo de la MOS para apoyar la adopción de prácticas de manejo que protejan al COS desde el punto de vista de la producción.

### **P3-5 ¿Cuáles son las mejores prácticas de manejo probadas que impiden pérdidas del COS y promueven el secuestro del COS?**

Las mejores prácticas de manejo para impedir las pérdidas del COS y para promover su secuestro son las siguientes:

- a. En las turberas: i) regulación de los mantos freáticos; ii) control de la erosión; iii) adición de materia orgánica por medio de la aportación de biomasa vegetal al suelo o la adición de desechos orgánicos; iv) labranza cero si va asociada a la cubierta vegetal permanente o mayores aportaciones de biomasa al suelo y vi) rehumedecimiento de las turberas con enfoque inicial en las turberas abandonadas y drenadas.
- b. En los pastizales: i) la introducción de una fase de pasto a los ciclos agrícolas y ii) atender a la composición de las especies de los pastizales para garantizar una variedad de especies óptima con el fin de reducir las pérdidas de carbono y fomentar el secuestro del COS.
- c. En las zonas áridas: i) manejo integrado de agua y nutrientes (combinación de la irrigación con enmiendas orgánicas e inorgánicas), promoviendo con ello una variedad de beneficios ecosistémicos (p.ej. aumentos en el rendimiento de las cosechas) y con frecuencia el secuestro del COS y ii) control de la erosión para protección y secuestro del COS (la erosión eólica es un problema significativo añadido a la erosión causada por el agua).
- d. En todas las áreas: mantenimiento de la cobertura del suelo.

Aunque mayores adiciones de materia orgánica al suelo representa una notable palanca, existen importantes limitaciones a este enfoque especialmente en las zonas áridas, incluyendo límites a la producción de la biomasa vegetal necesaria (restricciones en agua y nutrientes) y competencia con otros usos de la biomasa (como el forraje y el combustible con fines domésticos).

Como se analiza en el Tema 2, los agricultores con frecuencia conocen las prácticas y beneficios ambientales pero su implementación está limitada por el costo. La prioridad para los agricultores no es secuestrar el carbono sino más bien producir suficientes cantidades de productos agrícolas; aunque el secuestro del COS puede ayudar a aumentar la producción, es un proceso lento y de manejo intensivo. Se requiere de beneficios más directos a corto plazo derivados de las prácticas de secuestro del COS o una base de evidencia más fuerte para los co-beneficios a corto plazo del secuestro del COS e igualmente es necesario desarrollar y diseminar la producción de alimentos eficientes y resilientes.

Las DVGSS son generalmente compatibles con el manejo sustentable del COS. Son de naturaleza general, por tanto, deben ser perfeccionadas a escalas nacional y local para abarcar las condiciones específicas del sitio (clima, tipo de suelo, uso del suelo y tipología de la granja, etc.).

Comentarios adicionales:

- La profundidad del suelo es una consideración importante en la evaluación del COS ya que existen en los subsuelos grandes reservas de COS y materia orgánica persistente. Sin embargo, los informes regulares de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, exigen una evaluación solo a una profundidad de 30 cm. Es importante, por lo tanto, prestar suficiente atención a la forma en que las prácticas de manejo pueden incrementar el COS en capas de suelo más profundas y la forma en que el COS puede ser evaluado eficientemente.
- La MOS no debe quedar reducida al COS únicamente y no debe pasarse por alto que, además del carbono, la MOS contiene otros elementos, de manera notable los nutrientes nitrógeno y fósforo que son indispensables para el crecimiento de las plantas.
- El COS resulta ser un buen indicador de suelos saludables, tal vez incluso el mejor, debido a que es significativo, sensible, visible y medible.
- El carbono inorgánico del suelo también debe tomarse en cuenta en el balance de carbono, particularmente en los suelos áridos, ya que su disolución puede ser una fuente importante de emisiones de CO<sub>2</sub> y su precipitación secundaria puede contribuir a la mitigación del cambio climático.

# CONCLUSIONES Y PASOS A SEGUIR

El GSOC17 reunió a expertos que desempeñan actividades con la FAO, la AMS y su GTIS, el IPCC, la CNUCLD-ICP y la OMM para trabajar conjuntamente hacia la meta común del manejo adecuado del COS como parte del manejo sostenible e integral del suelo y las agendas sobre mitigación del y adaptación al cambio climático, el desarrollo sostenible, la NDT y la seguridad alimentaria. Los científicos de todo el mundo estuvieron activos en la presentación de los resultados de los estudios que demostraban el potencial y los desafíos del manejo y monitoreo del COS y discutían y desarrollaban los mensajes clave reflejados en este documento. Los países miembros de las Naciones Unidas y especialmente sus asesores en políticas y responsables de tomas de decisiones pueden activar la implementación de las recomendaciones derivadas de este simposio.

Los expertos en el simposio concluyeron que existe evidencia científica convincente de que un incremento constante en el COS contribuye a múltiples objetivos de la mitigación del y adaptación al cambio climático, la seguridad alimentaria y la consecución de la NDT. Con frecuencia existen sinergias entre la adaptación al y la mitigación del cambio climático y la consecución de la NDT. Aun cuando el potencial de mitigación no se logra totalmente debido a las interacciones con otros flujos de GEI, el aumento del COS tiene beneficios positivos cruciales para la seguridad alimentaria, la adaptación al cambio climático y la consecución de la NDT vía la mejora en la calidad del suelo, la reducción de la erosión del suelo y el aumento de la capacidad de retención del agua del suelo y la resiliencia a las sequías. Los expertos también coincidieron en que las principales prioridades de la agenda del COS deben impedir mayores pérdidas de COS y cuando es factible, ofrecer incentivos para aumentar las reservas del COS. Esto puede lograrse al evitar o reducir la degradación del suelo y la tierra apoyándose, cuando sea posible, en un aumento del COS. Esta estrategia es consistente con la meta de la NDT. Los resultados del simposio ofrecen muchos ejemplos de cambios en los usos del suelo y en el manejo del suelo que pueden ayudar a mantener o incrementar el COS. Los resultados también resaltan los factores que determinan la efectividad de las medidas para incrementar las reservas del COS en diferentes contextos ambientales, socio-económicos, culturales e institucionales y brindan principios de diseño para optimizar su eficacia. Aunque las estimaciones del potencial global de secuestro del COS varían en magnitud dependiendo de cuál de las categorías de uso del suelo y flujos de GEI se incluyan en las evaluaciones y supuestos hechos con respecto a los impactos de las prácticas en las reservas del COS, los resultados enfatizan el fuerte potencial para lograr la conservación y secuestro del COS mediante prácticas de manejo apropiadas del suelo y la tierra. La adaptación de prácticas sólidas e innovadoras a las condiciones locales es esencial para apoyar esto.

Desde la perspectiva de la mitigación al cambio climático, se identificó la prevención de las pérdidas del COS de suelos ricos en carbono como las turberas, el permafrost y los suelos negros, como una prioridad debido a la gran cantidad de GEI que pueden liberar potencialmente a la atmósfera. Por otro lado, la conservación e incremento de las reservas del COS son importantes en todos los suelos utilizados para la producción de alimentos a fin de mantener funciones del suelo que garanticen y mejoren la seguridad alimentaria. Esto se aplica a los pastizales usados para el pastoreo y es especialmente importante en las zonas áridas, las cuales tienen una gran extensión espacial pero con frecuencia bajas reservas de COS por unidad de superficie.

Usualmente los usuarios de la tierra están más preocupados por el aumento y la estabilidad de los rendimientos y garantizar con ello su sustento. La preservación y el incremento de las reservas del COS podrían ser promovidos, por tanto, bajo la cobertura más amplia del manejo sostenible del suelo. Los múltiples beneficios a largo plazo de mantener e incrementar las reservas del COS que se traducen en una mayor seguridad alimentaria y una mejora de la nutrición, la reducción de la pobreza, la adaptación al cambio climático y la consecución de la NDT y los ODS deben servir como incentivo global para apoyar decisiones encaminadas a mantener e incrementar el COS. Para fomentar las mejores prácticas de manejo del COS por los usuarios del suelo, sin embargo, son necesarios incentivos locales tangibles.

Las DVGSS fueron desarrolladas en un proceso inclusivo y aprobado por los países miembros de la FAO. Como parte de su implementación y a efecto de progresar con la concreción de la conservación y secuestro



del COS en el campo, los participantes del simposio recomendaron que se perfeccionaran las directrices para ofrecer una orientación específica del contexto con base en el manejo sostenible del COS a escalas nacional y local. Para lograr esto será establecido un grupo en la AMS que coordinará el desarrollo de un manual técnico e institucional sobre el manejo del COS.

Al hacer recomendaciones para las estrategias del secuestro del COS se requiere de una muy confiable base científica. Por lo tanto, se recomendó que la investigación se enfoque en la reducción de las incertidumbres mediante el análisis y el fomento de experimentos a largo plazo, la validación de resultados a través de meta-análisis y el enfoque geográfico de regiones poco estudiadas. Una importante actividad a este respecto fue el lanzamiento de la Red Internacional de Suelos Negros en el GSOC17 con la mira de impulsar la colaboración técnica a efectos de mantener las altas reservas del COS de suelos negros en todo el mundo.

El desarrollo de informes sobre políticas sería útil para convertir la evidencia científica en lenguaje accesible para que los países miembros informen sobre la toma de decisiones. Sería de gran efectividad contar con historias de éxito y ejemplos de la vida real sobre prácticas con las más bajas incertidumbres con respecto a sus efectos positivos. Para lograr la implementación a gran escala de las medidas de conservación y secuestro del COS, la comunidad científica, los diseñadores de políticas y los tomadores de decisiones podrían intervenir en un proceso de comunicación participativo, interactivo e iterativo con los agricultores, usuarios de la tierra, terratenientes y servicios de extensión.

Los servicios de extensión son vitales para llevar prácticas de manejo recomendadas a los usuarios, por ejemplo, a través de los programas de Doctores de Suelos y la Escuela de Campo para Agricultores. Es esencial elevar la conciencia sobre los beneficios para los propietarios de tierras y una comunidad más amplia del COS y la salud del suelo; este proceso que dió inicio en el Año Internacional de los Suelos y en el Día Mundial de los Suelos debe continuar siendo nutrido.

La motivación financiera para la implementación a gran escala de prácticas de manejo sostenibles del suelo y de la tierra por los usuarios y administradores de la tierra fue mencionada varias veces durante el GSOC17. Las especificaciones, riesgos y oportunidades de establecer mayores incentivos o acuerdos financieros para el suministro de servicios a los ecosistemas mediante la preservación y secuestro del COS, así como las oportunidades para ello, incluyendo la creación de mercados del COS, requieren de una exploración cuidadosa e integral.

Se recomendó que se otorgaran facultades a los países mediante el desarrollo y fortalecimiento de capacidades nacionales relacionadas con la evaluación, mapeo, monitoreo y rendición de informes sobre las reservas del COS a través del tiempo y con el manejo del suelo en general. Las acciones nacionales tendrán lugar cuando los países perciban su titularidad sobre la información, métodos y resultados. La identificación y apoyo de prioridades nacionales y el enfoque dado a la investigación, empezando con los usuarios directos e involucrando a los investigadores locales en actividades de investigación, podrán estimular dicho sentido de propiedad.

Una de las actividades clave de la AMS es la compilación del GSOCMap que quedará terminado el 5 de Diciembre de 2017 con base en conjuntos de datos sobre suelos a nivel nacional y en mapas desarrollados nacionalmente que utilizan especificaciones armonizadas. Conjuntamente con esta actividad se recomendó el establecimiento de un grupo de trabajo bajo los auspicios de la AMS para facilitar la colaboración entre los actores científicos, paneles asesores y organismos de implementación estratégicos para desarrollar guías factibles regionalmente contextualizadas encargados de medir, mapear, monitorear y presentar informes sobre el COS. Para dar apoyo al monitoreo y a la presentación de informes a las convenciones y al fin último de habilitar decisiones locales y nacionales para mejorar el manejo del carbono del suelo, se recomendó dar apoyo a los países para aumentar su capacidad en el desarrollo de valores de referencia nacionales para las reservas del COS y para mejorar las capacidades e infraestructura en el manejo de datos.

Este documento de resultados titulado “Liberación del potencial del carbono orgánico del suelo”, será presentado a través de los canales apropiados, entre otros, a la 13<sup>a</sup> Conferencia de las Partes (COP13) de la CNUCLD, la COP23 de la CMNUCC, la Asamblea Plenaria de la AMS, el Consejo de la FAO y la COP14 de la Convención sobre Diversidad Biológica y se pondrá a disposición del IPCC para su consideración en la reunión de alcance de su Sexta Comunicación.

# REFERENCES

1. **FAO & ITPS**. 2015. The Status of the World's Soil Resources (Main Report). 648 pp. (also available at <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01241064/>).
2. **Lawes, J.B. & Gilbert, J.H.** 1885. XLIV. On some points in the composition of soils; with results illustrating the sources of the fertility of Manitoba prairie soils. *Journal of the Chemical Society, Transactions*, 47(0): 380–422 (available at: <https://doi.org/10.1039/CT8854700380>).
3. **Lal, R.** 2013. Soil carbon management and climate change. *Carbon Management*, 4(4): 439–462 (available at: <https://doi.org/10.4155/cmt.13.31>).
4. **Batjes, N.H.** 2014. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 65(1): 10–21 (available at: [https://doi.org/10.1111/ejss.12114\\_2](https://doi.org/10.1111/ejss.12114_2)).
5. **Hiederer, R. & Köchy, M.** 2011. Global soil organic carbon estimates and the harmonized world soil database. European Commission. Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
6. **IPCC**. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
7. **Scharlemann, J., Tanner, E.V.J., Hiederer, R. & Kapos, V.** 2014. Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, 5(1): 81–91 (available at: <https://doi.org/10.4155/cmt.13.77>).
8. **FAO & ITPS**. 2016. Report of the Fifth Working Session of the Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome, FAO (available at: <http://www.fao.org/3/a-bl137e.pdf>).
9. **Orr, B.J., Cowie, A.L., Castillo Sanchez, V.M., Chasek, P., Crossman, N.D., Erlewein, A., Louwagie, G., Maron, M., Metternicht, G.I., Minelli, S., Tengberg, A.E., Walter, S. & Welton, S.** 2017. Scientific conceptual framework for land degradation neutrality. A report of the Science-Policy Interface. Bonn, Germany, United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) (available at: [http://www2.unccd.int/sites/default/files/documents/LDN\\_Scientific\\_Conceptual\\_Framework\\_FINAL.pdf](http://www2.unccd.int/sites/default/files/documents/LDN_Scientific_Conceptual_Framework_FINAL.pdf)).
10. **IPCC**. 2006. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Volume 4 Agriculture, forestry and other land use. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (available at: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>).
11. **IPCC**. Undated. Decision IPCC/XLIV-5. Sixth Assessment Report (AR6) products, outline of the methodology report(s) to refine the 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (available at: [https://www.ipcc.ch/meetings/session44/l3\\_adopted\\_outline\\_methodology\\_report\\_guideline.pdf](https://www.ipcc.ch/meetings/session44/l3_adopted_outline_methodology_report_guideline.pdf)).
12. **UN**. 2015. Paris Agreement. United Nations (UN) (available at: [http://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf)).
13. **UNCCD**. 2016. Indicator 15.3.1: Proportion of land that is degraded over total land area. United Nations Convention to Combat Desertification (UNFCCC) (available at: [http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Rio+20/LDN\\_2016/UNCCD\\_15.3.1\\_metadata\\_04\\_March\\_2016.pdf](http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Rio+20/LDN_2016/UNCCD_15.3.1_metadata_04_March_2016.pdf)).

14. **United Nations Convention to Combat Desertification, Convention on Biological Diversity, FAO & Scientific and Technical Advisory Panel of the Global Environment Facility.** 2016. Framework and guiding principles for a land degradation indicator data from multiple sources. 2.2 Guiding principles. 3.0 Definitions, methodologies and data options (available at: [http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Rio+20/LDN\\_2016/Framework and Guiding Principles for a Land Degradation Indicator.pdf](http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Rio+20/LDN_2016/Framework_and_Guiding_Principles_for_a_Land_Degradation_Indicator.pdf)).

---

15. **Lorenz, K. & Lal, R.** 2016. Soil organic carbon: an appropriate indicator to monitor trends of land and soil degradation within the SDG framework? Dessau-Roßlau, Germany (available at: [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2016-11-30\\_soil\\_organic\\_carbon\\_as\\_indicator\\_final.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2016-11-30_soil_organic_carbon_as_indicator_final.pdf)).

---

16. **UNFCCC.** 2014. Handbook on measurement, reporting and verification for developing countries. Bonn, Germany, United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (available at: [https://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_natcom\\_/application/pdf/non-annex\\_i\\_mrv\\_handbook.pdf](https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom_/application/pdf/non-annex_i_mrv_handbook.pdf)).

---

17. **Batjes, N.H.** 2011. Soil organic carbon stocks under native vegetation: revised estimates for use with the simple assessment option of the Carbon Benefits Project system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142(3): 365–373 (available at: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.06.007>).

---

18. **Hengl, T., Mendes de Jesus, J., Heuvelink, G.B.M., Ruiperez Gonzalez, M., Kilibarda, M., Blagoti, A., Shangguan, W., Wright, M.N., Geng, X., Bauer-Marschallinger, B., Guevara, M.A., Vargas, R., MacMillan, R.A., Batjes, N.H., Leenaars, J.G.B., Ribeiro, E., Wheeler, I., Mantel, S. & Kempen, B.** 2017. SoilGrids250m: global gridded soil information based on machine learning. *PLOS ONE*, 12(2): e0169748 (available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>).

---

19. **Totsche, K.U., Rennert, T., Gerzabek, M.H., Kögel-Knabner, I., Smalla, K., Spiteller, M. & Vogel, H.-J.** 2010. Biogeochemical interfaces in soil: the interdisciplinary challenge for soil science. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173(1): 88–99 (available at: <https://doi.org/10.1002/jpln.200900105>).

---

20. **Pribyl, D.W.** 2010. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. *Geoderma*, 156(3): 75–83 (available at: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.02.003>).

---

21. **UNCCD-SPI.** 2015. Pivotal soil carbon. Science-Policy Brief 01. United Nations Convention to Combat Climate Change Science-Policy Interface (UNCCD-SPI) (available at: [http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/2015\\_PolicyBrief\\_SPI\\_ENG.pdf](http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/2015_PolicyBrief_SPI_ENG.pdf)).

---

22. **Stockmann, U., Adams, M.A., Crawford, J.W., Field, D.J., Henakaarchchi, N., Jenkins, M., Minasny, B., McBratney, A.B., Courcelles, V. de R. de, Singh, K., Wheeler, I., Abbott, L., Angers, D.A., Baldock, J., Bird, M., Brookes, P.C., Chenu, C., Jastrow, J.D., Lal, R., Lehmann, J., O'Donnell, A.G., Parton, W.J., Whitehead, D. & Zimmermann, M.** 2013. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 164: 80–99 (available at: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.10.001>).

---

23. **Lehmann, J. & Kleber, M.** 2015. The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528(7580): 60–8 (available at: <https://doi.org/10.1038/nature16069>).

---

24. **Trumbore, S.E. & Czimczik, C.I.** 2008. An uncertain future for soil carbon. *Science*, 321(September): 1455–1456 (available at: <https://doi.org/10.1126/science.1160232>).

---

25. **Lal, R.** 2003. Offsetting global CO<sub>2</sub> emissions by restoration of degraded soils and intensification of world agriculture and forestry. *Land Degradation and Development*, 14(3): 309–322 (available at: <https://doi.org/10.1002/ldr.562>).

---

26. **Sommer, R. & Bossio, D.** 2014. Dynamics and climate change mitigation potential of soil organic carbon sequestration. *Journal of Environmental Management*, 144: 83–87 (available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.05.017>).

---

27. **FAO.** 2017. Soil organic carbon: the hidden potential. Rome (available at: <http://www.fao.org/3/a-i6937e.pdf>).

---

28. **Liu, X., Lee Burras, C., Kravchenko, Y.S., Duran, A., Huffman, T., Morras, H., Studdert, G., Zhang, X., Cruse, R.M. & Yuan, X.** 2012. Overview of mollisols in the world: distribution, land use and management. *Canadian Journal of Soil Science*, 92(3): 383–402 (available at: <https://doi.org/10.4141/cjss2010-058>).

---

29. **Köchy, M., Hiederer, R. & Freibauer, A.** 2015. Global distribution of soil organic carbon. Part 1: Masses and frequency distributions of SOC stocks for the tropics, permafrost regions, wetlands, and the world. *Soil*, 1(1): 351–365 (available at: <https://doi.org/10.5194/soil-1-351-2015>).

---

30. **Buffam, I., Carpenter, S.R., Yeck, W., Hanson, P.C. & Turner, M.G.** 2010. Filling holes in regional carbon budgets: predicting peat depth in a north temperate lake district. *Journal of Geophysical Research*, 115(G1): 1–16 (<https://doi.org/10.1029/2009JG001034>).

---

31. **Hugelius, G., Strauss, J., Zubrzycki, S., Harden, J.W., Schuur, E.A.G., Ping, C.L., Schirmer, L., Grosse, G., Michaelson, G.J., Koven, C.D., O'Donnell, J.A., Elberling, B., Mishra, U., Camill, P., Yu, Z., Palmtag, J. & Kuhry, P.** 2014. Estimated stocks of circumpolar permafrost carbon with quantified uncertainty ranges and identified data gaps. *Biogeosciences*, 11(23): 6573–6593 (available at: <https://doi.org/10.5194/bg-11-6573-2014>).

---

32. **Mcsherry, M.E. & Ritchie, M.E.** 2013. Effects of grazing on grassland soil carbon: a global review. *Global Change Biology*, 19(5): 1347–1357 (available at: <https://doi.org/10.1111/gcb.12144>).

---

33. **Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., & Lemanceau, P., M, D.** 2016. *Global Soil Biodiversity Atlas*.

---

34. **Conant, R.T. & FAO.** 2010. Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems: a technical report on grassland management and climate mitigation. Rome, FAO (available at: <http://www.fao.org/docrep/012/i1399e/i1399e00.htm>).

---

35. **Gaitán, L., Läderach, P., Graefe, S., Rao, I. & van der Hoek, R.** 2016. Climate-smart livestock systems: an assessment of carbon stocks and GHG emissions in Nicaragua. *PLOS ONE*, 11(12): e0167949 (available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167949>).

---

36. **Sharma, P., Abrol, V., Abrol, S. & Kumar, R.** 2012. Climate change and carbon sequestration in dryland soils. In V. Abrol & P. Sharma, eds. *Resource management for sustainable agriculture*. InTech (available at <http://www.intechopen.com/books/resource-management-for-sustainable-agriculture/climate-change-and-carbon-sequestration-in-dryland-soils>).

---

37. **Barthelmes, A., Couwenberg, J., Risager, M., Tegetmeyer, C. & Joosten, H.** 2015. Peatlands and climate in a Ramsar context. A Nordic-Baltic perspective. Nordic Council of Ministers (available at: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:norden:org:diva-3927>).







CON EL APOYO FINANCIERO DE



MINISTRY FOR FOREIGN AFFAIRS  
OF ICELAND

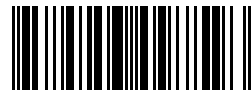


Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Economic Affairs,  
Education and Research EAER  
**Federal Office for Agriculture FOAG**

ISBN 978-92-5-309759-3



9 789253 097593

I7268ES/1/09.17