



United Nations
Convention to Combat
Desertification

UNCCD **SP** Science - Policy
Interface



Un informe de la Interfaz Ciencia-Política

Aprovechar los beneficios del carbono de las prácticas de gestión sostenible de las tierras

Directrices para estimar el carbono orgánico del suelo en el contexto de la planificación y supervisión de la neutralidad en la degradación de las tierras





United Nations Convention to Combat Desertification

Las designaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), juicio alguno sobre la condición jurídica o de desarrollo de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras y límites. La mención de empresas o productos específicos de fabricantes, estén o no patentados, no implica que hayan sido avalados o recomendados por la CNULD con preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de los autores y no reflejan necesariamente las opiniones o políticas de la CNULD.

Un informe de la Interfaz Ciencia-Política

Aprovechar los beneficios del carbono de las prácticas de gestión sostenible de las tierras

Directrices para estimar el carbono orgánico del suelo en el contexto de la planificación y supervisión de la neutralidad en la degradación de las tierras

Cómo citar este documento:

J.L. Chotte, E. Aynekulu, A. Cowie, E. Campbell, P. Vlek, R. Lal, M. Kapović-Solomun, G. von Maltitz, G. Kust, N. Barger, R. Vargas and S. Gastrow. 2019. Aprovechar los beneficios del carbono de las prácticas de gestión sostenible de las tierras: directrices para estimar el carbono orgánico del suelo en el contexto de la planificación y supervisión de la neutralidad en la degradación de las tierras. Un informe de la Interfaz Ciencia-Política. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn, Alemania.

Publicado en 2019 por la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), Bonn, Alemania.

© 2019 UNCCD. Todos los derechos reservados.

UNCCD-SPI Technical Series No.03

ISBN 978-92-95110-99-1 (copia impresa)

ISBN 978-92-95117-05-1 (copia electrónica)

Fotografía ©

Tana River watershed, Kenya © Georgina Smith/CIAT

Landscape around Halimun Salak National Park, West Java, Indonesia © Kate Evans/CIFOR

Ibrahim Thiaw © Natalia Mroz UN Environment/UNCCD

Digging terraces to stop soil erosion in Lushoto, Tanzania © Georgina Smith/CIAT

Areal of fields in China © Wong Chi Keung/UNCCD

Woman cultivating crops, Tanzania © Scott Wallace/World Bank

Aerial of the Amazon © Neil Palmer/CIAT

A farmer who has improved her income by growing higher-yielding cassava varieties,

Dong Nai province, Vietnam © Georgina Smith/CIAT

Tree of Life, Tsavo National Park, Kenya © Yann Arthus-Bertrand/GoodPlanet Foundation

A farmer harvests hedgerow grass planted to prevent soil erosion, Vietnam © Georgina Smith/CIAT

Rice terraces, Batad, Phillipines © SharonDe La Paz/Creative Commons

Selian Agricultural Research Institute, Arusha, Tanzania © Georgina Smith/CIAT

Olive plantation in Andalucía © Yann Arthus-Bertrand/GoodPlanet Foundation

Tana River watershed, Kenya © CIAT/Georgina Smith

Zaragoza Spain © ESA/Copernicus Sentinel

Coordinación editorial: Stefanie Gastrow and Jeroen Van Dalen

Diseño gráfico: Katja Cloud www.cloud-7-design.de, Anne Stein www.annestein.de

Asistente de proyecto: José Carlos Tello Valle Hiriart

Esta publicación está impresa en papel 100% reciclado FSC.

Con el apoyo de la CNULD, la Unión Europea y la Iniciativa Changwon del Servicio Forestal de Corea.



Un informe de la Interfaz Ciencia-Política

Aprovechar los beneficios del carbono de las prácticas de gestión sostenible de las tierras

Directrices para estimar el carbono orgánico del suelo en el contexto de la planificación y supervisión de la neutralidad en la degradación de las tierras

Autores y revisores

Autores principales: Jean-Luc Chotte and Ermias Aynekulu

Autores colaboradores: Annette Cowie, Eleanor Campbell, Paul Vlek, Rattan Lal, Marijana Kapović-Solomun, Graham Paul von Maltitz, German Kust, Nichole Barger, Ronald Vargas, Stefanie Gastrow

Revisores internos: Barron Joseph Orr, Mariam Akhtar-Schuster, Omer Muhammad Raja, Johns Muleso Kharika, Jonathan Davies, Corinna Voigt, Erkan Guler, Eduardo Mansur, Thomas Hamond, Maarten Kappelle

Revisores externos: Herintsitohaina Razakamanarivo, Nopmanee Suvannang, Hamid Čustović, Fernando Garcia Préchac, Joris de Vente, David Lobb, Martial Bernoux

«Aprovechar los beneficios del carbono de las prácticas de gestión sostenible de las tierras: directrices para estimar el carbono orgánico del suelo en el contexto de la planificación y supervisión de la neutralidad en la degradación de las tierras» se ha preparado de conformidad con las normas y los procedimientos establecidos por la Conferencia de las Partes (COP) de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), según los cuales cualquier resultado científico preparado bajo la supervisión de la Interfaz Ciencia-Política (ICP) se deberá someter a un proceso de revisión internacional e independiente (decisión 19/COP.12).

El informe ha sido redactado por un equipo de 2 autores principales y 10 colaboradores. Se llevaron a cabo una reunión de alcance en octubre de 2018 y una reunión de redactores en febrero de 2019 en Bonn, Alemania, en las que participaron miembros de la ICP y expertos externos. El documento de antecedentes fue preparado por dos consultores expertos. En el siguiente enlace encontrará materiales complementarios para obtener más información general, que describen las tarjetas de recursos y el inventario de herramientas de carbono orgánico del suelo: <<http://www.unccd.int/spi2019-1>>

El borrador creado por los autores se sometió a un proceso de revisión por pares de dos pasos, que incluye una revisión interna y una revisión científica externa independiente. Para esta última, se seleccionaron siete revisores externos (expertos individuales) de las diferentes regiones de la CNULD y dos representantes de organizaciones internacionales, que son relevantes para los procesos de la CNULD en NDT. Los autores principales se aseguraron de que todos los comentarios de la revisión por pares recibieran la consideración apropiada. La Mesa de la Conferencia de las Partes de la CNULD examinó un resumen del informe.

Prólogo

Hoy en día, casi una cuarta parte de nuestras tierras se han degradado y se estima que, para 2050, menos del 10 % de la superficie del planeta se habrá librado de un impacto humano considerable. Tal cambio dramático tiene un enorme efecto en el carbono orgánico del suelo, creado por la descomposición de materiales naturales, que sustenta toda la vida en la Tierra; hace crecer los alimentos, crea trabajos, reduce la pobreza, mantiene la biodiversidad y, fundamentalmente, proporciona el segundo sumidero de carbono más grande después de nuestros océanos. Es por eso que el cambio climático y el desarrollo sostenible pueden verse afectados significativamente, para bien o para mal, incluso por el mínimo cambio en la cantidad y calidad del carbono orgánico del suelo. También es la razón por la que este reporte ofrece a los países orientación práctica para supervisar y gestionar mejor esas existencias para lograr la neutralidad de la degradación de las tierras.

El tiempo avanza cada vez más rápido hacia los objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y la brecha entre las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional del Acuerdo de París y los niveles de emisión realmente necesarios para mantener el calentamiento global por debajo de 1,5 °C es cada vez más grande. Lograr nuestros objetivos de neutralidad de la degradación de las tierras desempeña un papel clave en ambos factores, y el carbono orgánico del suelo ofrece un indicador real y un motor de progreso, no solo porque responde a las prácticas de gestión de las tierras, sino porque esas prácticas pueden crear mayores beneficios a nivel social, económico y ambiental.

Sin embargo, no se puede gestionar lo que no se puede medir. Medir y supervisar el carbono orgánico del suelo es un desafío, y el volumen y la variabilidad de las técnicas y los datos hacen que sea difícil decidir qué intervenciones son las más rentables. Por ejemplo, teniendo en cuenta el coste de medir los cambios precisos en el carbono orgánico del suelo, puede resultar más eficiente integrarlo con un sistema de supervisión de la salud de las tierras más amplio. Del mismo modo, las prácticas que tienen un éxito increíble en un área pueden tener un valor limitado para los objetivos

nacionales si no se pueden verificar o ampliar para igualar la degradación en otros lugares.

Por este motivo, los responsables políticos y los administradores de tierras responsables de tomar tales decisiones difíciles y ampliar las mejores prácticas necesitan una orientación clara y métodos unificados para estimar y optimizar la existencia de carbono orgánico del suelo. En respuesta, los autores de este reporte han proporcionado orientación para ayudar a identificar prácticas y enfoques de gestión sostenible de las tierras a nivel local para mantener y mejorar las reservas de carbono orgánico del suelo, así como orientación para estimar y supervisar el carbono orgánico del suelo para planificar el uso de las tierras y supervisar los logros de la NDT.

Esto incluye revisiones de software; árboles de decisiones para evaluar temas como dónde invertir en la supervisión y cómo seleccionar enfoques de muestreo; y propuestas orientadas a las políticas sobre compartir orientación, supervisar el cambio, diseñar marcos de planificación y abordar el papel importante, aunque subestimado, que desempeña la desigualdad de género en la degradación de las tierras.

Las celebraciones por acordar los objetivos de desarrollo sostenible y cambio climático han sido reemplazadas desde hace tiempo por llamamientos a la acción cada vez más urgentes. Este reporte es un instrumento político de bienvenida para aquellos países que intentan responder a esos llamamientos mediante una mejor planificación y seguimiento de sus medidas de neutralidad de la degradación de las tierras, a la vez que minimizan los costes y riesgos, y maximizan los beneficios derivados de otros objetivos. Mi agradecimiento a todos los que han contribuido y, de antemano, a todos los que garantizarán su rápida aplicación.



Ibrahim Thiaw
*Secretario Ejecutivo
Convención de las Naciones Unidas
de Lucha contra la Desertificación*



Resumen ejecutivo

La degradación de las tierras es una de las amenazas para los sistemas humanos y naturales. Afortunadamente, en las últimas décadas se ha ido tomando conciencia sobre este problema, y 122 países se han comprometido a establecer objetivos de neutralidad en la degradación de las tierras (NDT), de los cuales 84 han validado oficialmente sus objetivos y 51 han incorporado sus objetivos en la legislación. A este respecto, se puede lograr la NDT si la nueva degradación se equilibra revirtiendo la degradación del mismo tipo de tierra en otros lugares mediante la restauración o rehabilitación. El instrumento principal para lograr la NDT es la implementación de prácticas de gestión sostenible de las tierras (GST).

Dadas sus múltiples funciones y su sensibilidad a la gestión de los suelos, el carbono orgánico del suelo (COS) se ha seleccionado como uno de los tres indicadores de la NDT. En comparación con los otros indicadores globales de NDT, es decir, el cambio en la cubierta terrestre y las dinámicas de productividad de las tierras (DPT), el COS es un elemento difícil de gestionar y supervisar a gran escala. Además, la densidad de COS en los suelos puede variar mucho, incluso cuestión de metros, y fluctúa con el tiempo, por ejemplo, entre estaciones. La evaluación comparativa del cambio de COS entre las diferentes opciones de GST (por ejemplo, para la planificación de las tierras), el seguimiento de las dinámicas del COS a lo largo del tiempo (es decir, la supervisión del COS) y el mapeo efectivo de los cambios de COS a gran escala (por ejemplo, para verificar el logro de la NDT) requieren la combinación de sistemas precisos de muestreo de suelos y el uso de herramientas de software o modelos biofísicos para evaluar el COS.

Con el fin de ofrecer orientación práctica para respaldar el despliegue de intervenciones de GST para mantener o mejorar las reservas de COS, para la NDT y otros objetivos, como la adaptación o mitigación del cambio climático basado en las tierras, se han desarrollado una serie de árboles de decisión, en base a la última información disponible. Este informe revisa y compara las herramientas y modelos disponibles para la estimación del COS.

Presenta una guía práctica para los administradores de tierras y propone opciones orientadas a las políticas. La orientación para los administradores de tierras enfatiza la selección de prácticas de GST para mantener o mejorar el carbono orgánico del suelo y lograr la NDT. Aborda la elección de prácticas de GST adaptadas al contexto local socioeconómico y biofísico; métodos para medir y supervisar el COS; y el uso de herramientas/modelos de evaluación del COS para estimar y mapear el COS, y cómo elegir una herramienta o modelo apropiado en función del propósito.

Las propuestas orientadas a las políticas incluyen i) compartir la orientación para los administradores de tierras en el nivel apropiado; ii) supervisar el cambio del COS como un indicador de la intervención de GST para respaldar la evaluación del logro de la NDT en 2030; iii) aplicar acciones sensibles al género que aborden las diferencias de género y promuevan la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres; iv) diseñar un marco para la planificación de la NDT y medios para apoyarlo.

La neutralidad en la degradación de las tierras (NDT) se puede lograr si la nueva degradación se equilibra revirtiendo la degradación del mismo tipo de tierra en otros lugares mediante la recuperación o rehabilitación.





Índice

Autores y revisores	6
Prólogo	7
Resumen ejecutivo	8
Lista de Gráficos/Tablas	13
Lista de abreviaturas	14
Glosario de términos	16



1. Introducción	22
------------------------	-----------



2. Beneficios del carbono del suelo de las prácticas de gestión sostenible de las tierras	28
--	-----------

2.1. Introducción	30
-------------------	----

2.2. Establecer relaciones entre el carbono orgánico del suelo, la gestión sostenible de las tierras y la neutralidad en la degradación de las tierras	32
--	----

2.2.1. <i>Procesos que conectan el carbono orgánico del suelo con la degradación de las tierras</i>	35
---	----

2.2.2. <i>El cambio en la cubierta terrestre, la productividad primaria neta y el carbono orgánico del suelo son interdependientes y, a menudo, se mueven al unísono</i>	37
--	----

2.2.3. <i>Muchas convenciones pueden aprovecharse del mantenimiento o aumento del carbono orgánico del suelo</i>	37
--	----

2.3. Escoger prácticas de gestión sostenible de las tierras para mantener o aumentar el carbono orgánico del suelo	39
--	----

2.3.1. <i>Escoger prácticas de GST para la gestión del COS a nivel subnacional y local</i>	44
--	----

2.3.2. <i>La dinámica de género de la GST</i>	47
---	----

2.3.3. <i>Selección de prácticas de gestión sostenible de las tierras para favorecer el carbono orgánico del suelo: (i) sin invertir en una evaluación comparativa</i>	51
--	----

2.3.4. <i>Selección de prácticas de gestión sostenible de las tierras para favorecer el carbono orgánico del suelo: (ii) invirtiendo en una evaluación comparativa</i>	54
--	----

Índice



3. Estimar y supervisar las reservas de carbono orgánico del suelo 58

3.1. Introducción 60

3.2. Revisión de herramientas para la estimación y la supervisión del carbono orgánico del suelo 62

3.3. La supervisión del COS como prioridad 66

3.4. Selección de herramientas para la estimación y supervisión de las reservas de carbono orgánico del suelo 66

3.4.1. Análisis de las reservas espaciales de carbono orgánico del suelo para la neutralidad en la degradación de las tierras: lagunas computacionales y en datos 66

3.4.2. Creación de una estrategia a nivel nacional para invertir en la evaluación y la supervisión del COS 68

3.4.3. Utilizar el COS de referencia inicial y el potencial de las tierras para identificar áreas prioritarias para las intervenciones de gestión sostenible de las tierras 70

3.4.4. Medición de las reservas de carbono orgánico del suelo para respaldar la supervisión (ii) invirtiendo en una evaluación comparativa 77

3.4.5. Evaluar el logro de la neutralidad en la degradación de las tierras 82



4. Orientación para administradores de tierras 84

4.1. Implementación de la gestión sostenible de las tierras para mantener o mejorar el carbono orgánico del suelo y lograr la neutralidad en la degradación de las tierras 86

4.2. Estimar y supervisar las reservas de carbono orgánico del suelo 88



5. Conclusión y propuestas orientadas a la creación de políticas 90

Referencias 96

Lista de figuras

FIGURA 1	Árbol de decisiones 1, con orientación sobre dónde se recomiendan las inversiones en la evaluación y la supervisión del carbono orgánico del suelo (COS)	31
FIGURA 2	Un marco para la gestión del COS para la NDT y otros beneficios a través de la GST	34
FIGURA 3	Árbol de decisión 2 con orientaciones sobre el uso de la supervisión del COS para evaluar y verificar los efectos de la GST en el COS	46
FIGURA 4	Los árboles de decisión 3a) y 3b) respaldan el uso de herramientas/ modelos para la evaluación del COS	55/56
FIGURA 5	La estructura de un modelo biofísico sencillo de materia orgánica del suelo (MOS)	64
FIGURA 6	El árbol de decisiones 4 ayuda a identificar áreas esenciales de supervisión del COS	67
FIGURA 7	El árbol de decisiones 5 ayuda a seleccionar los tipos de enfoques de muestreo para medir el COS y evaluar los cambios en el COS con la GST	81

Lista de tablas

TABLA 1	Efectos positivos del COS y la MOS en la salud y funcionalidad del suelo	32
TABLA 2	Elección de sitios de referencia para establecer la relación entre la GST y el COS a través de la investigación participativa	33
TABLA 3	Una selección de algunos de los enfoques y tecnologías de GST, así como acciones colectivas que tienen relevancia en los esquemas de NDT	42
TABLA 4	Beneficios de una NDT con perspectiva de género y riesgos de no integrarla	47
TABLA 5	Ejemplos de criterios de evaluación de género	47
TABLA 6	Influencia de la GST en el COS: evaluación cualitativa de grupos de tecnologías de GST	52
TABLA 7	Los efectos de las acciones conjuntas y las tecnologías de GST en el COS	53
TABLA 8	Comparación de herramientas para la evaluación y supervisión del COS	74
TABLA 9	Comparación de herramientas para la evaluación y supervisión del COS que describe el estado actual de la plataforma de software, los usuarios y los enlaces a otros programas	76

Abreviaturas

AFOLU	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra
CBP	Proyecto de beneficios del carbono
CCAFS-MOT	Herramienta de opciones de mitigación del cambio climático, la agricultura y la seguridad alimentaria
CFT	Cool Farm Tool
CH₄	Fórmula química del metano
DDTS	Desertificación, degradación de las tierras y sequía
DNDC	Desnitrificación y descomposición
EX-ACT	Herramienta de balance de carbono ex-ante
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GEI	Gases de efecto invernadero
GLADA	Evaluación global de la degradación de las tierras
GLADIS	Sistema global de información de la degradación de las tierras
GLOSIS	Sistema global de información del suelo
GLOSOLAN	Red global de laboratorios del suelo
GLTN	Red global de herramientas de las tierras
GRACEnet	Reducción de gases de efecto invernadero a través de la red de mejora del carbono agrícola
COGS	Carbono orgánico global del suelo
GSOCmap	Mapa del carbono orgánico global del suelo
AMS	Alianza Mundial por el Suelo
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
ISRIC	Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos
ITPS	Panel Técnico Intergubernamental sobre Suelos
LATSOLAN	Red Latinoamericana de Laboratorios de Suelos
LCC	Cambio de la cubierta terrestre
NDT	Neutralidad en la degradación de las tierras
DPT	Dinámicas de productividad de las tierras
N₂O	Fórmula química del óxido nitroso
PAND	Programa de Acción Nacional contra la Desertificación
CDN	Contribuciones determinadas a nivel nacional
ONG	Organización no gubernamental
PPN	Productividad primaria neta
NSIS	Sistema nacional de información del suelo

RESOLAN	Redes regionales de laboratorios de suelos
DR	Detección remota
TSA	Trópicos semiáridos
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
SEALNET	Red de laboratorios de Asia sudoriental
CIS	Carbono inorgánico del suelo
GST	Gestión sostenible de las tierras
COS	Carbono orgánico del suelo
MOS	Materia orgánica del suelo
ICP	Interfaz Ciencia-Política
CNULD	Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
ONU-HABITAT	Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos
DVGSS	Directrices Voluntarias para la Gestión Sostenible de los Suelos
WOCAT	Reseña Mundial de Enfoques y Tecnologías de la Conservación

Glosario

evaluación del COS	Ver cambio del COS (evaluado).
base de referencia	El valor estimado inicial (2015) de cada uno de los indicadores utilizados para supervisar el progreso del logro de la NDT para cada tipo de tierra.
reservas de referencia de COS	La cantidad inicial de COS, expresada como masa por unidad de área (por ejemplo, gm ⁻²), en base a la cual se calculan los cambios en las reservas de COS a escala nacional, subnacional o local. Las reservas de referencia de COS del área de interés se pueden estimar utilizando mediciones o la combinación de mediciones y herramientas/modelos para la evaluación del COS.
sitios de referencia (para el COS)	Ubicación representativa (en términos de clima, ecorregión, tipo de suelo, etc.) donde se utiliza una recopilación extensa de datos de medición para mejorar las herramientas/modelos de evaluación del COS.
COS a granel	COS total de una sección del perfil del suelo, por ejemplo, de 0 a 30 cm.
créditos de carbono	Un permiso o certificado que otorga el derecho a emitir una cierta cantidad de gases de efecto invernadero que se puede comercializar si no se utiliza. En teoría, los suelos se pueden gestionar para almacenar carbono y, por lo tanto, generar créditos de carbono para comerciar, si se cumplen con los requisitos de certificación.
mitigación del cambio climático	La mitigación del cambio climático es una intervención antropogénica para reducir la emisión o mejorar el aislamiento de gases de efecto invernadero.
comparación de posibles impactos de las intervenciones de GST en el COS	La estimación ex-ante del impacto de las intervenciones de GST alternativas utilizando herramientas/modelos para la evaluación del COS en áreas terrestres donde se necesita acumular COS para cumplir con los objetivos de la NDT.
comunidad de desarrollo (software)	Los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas según lo definido por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA, 2005).
indicadores/métricas para supervisar la NDT	Los indicadores son variables que reflejan un proceso de interés, en este caso, la degradación de las tierras. Los parámetros o criterios de medición son medidas que se utilizan para cuantificar o evaluar el estado o nivel de los indicadores.

intervención (degradación de las tierras o GST)	Acción (por ejemplo, iniciar una nueva práctica de GST) que se lleva a cabo en un área específica para contrarrestar o detener los procesos que causan la degradación de las tierras.
ordenación del territorio	En el contexto de la NDT, se trata de la planificación del uso de las tierras, que busca equilibrar las oportunidades económicas, sociales y culturales provistas por la tierra con la necesidad de mantener y mejorar los servicios del ecosistema provistos por el capital natural basado en las tierras. También busca combinar o coordinar estrategias de gestión y necesidades de implementación en diversos sectores y jurisdicciones (adaptado de la Asamblea General de las Naciones Unidas, 1992).
cubierta terrestre	Se trata de la materia física de la superficie de la Tierra, con vegetación o sin ella, natural o no.
clase de cubierta terrestre	Categoría de cubierta terrestre caracterizada por una combinación de atributos de diagnóstico basados en una aplicación ajustada a escala nacional de un criterio internacional como el Sistema de Clasificación de la Cubierta Terrestre de la FAO.
neutralidad en la degradación de las tierras (NDT)	Un estado en el cual la cantidad y la calidad de los recursos de las tierras necesarios para respaldar las funciones y los servicios del ecosistema y mejorar la seguridad alimentaria se mantienen estables o aumentan a través de ecosistemas y escalas temporales y espaciales concretas.
gestión de las tierras	Las prácticas que se aplican para gestionar los recursos de las tierras.
potencial de las tierras	El potencial a largo plazo inherente a las tierras para generar de manera sostenible servicios del ecosistema, el cual refleja la capacidad y la resiliencia del capital natural basado en las tierras, frente a los cambios medioambientales en curso.
tipo de suelo	Clase de tierra con respecto al potencial de la tierra, que se caracteriza por la combinación de características edáficas, geomorfológicas, topográficas, hidrológicas, biológicas y climáticas que apoyan la estructura de vegetación actual o histórica y la composición de especies en esa tierra.
uso de las tierras	Tipo de actividad que se realiza en una unidad de tierra, en entornos urbanos, rurales y de conservación (IPCC, 2006a).
logro de la NDT	Demostrar a nivel nacional la neutralidad en la degradación de las tierras en términos de, como mínimo, cambio en la cubierta de la tierra, LDP y COS al comparar 2030 con una base de referencia de 2015.

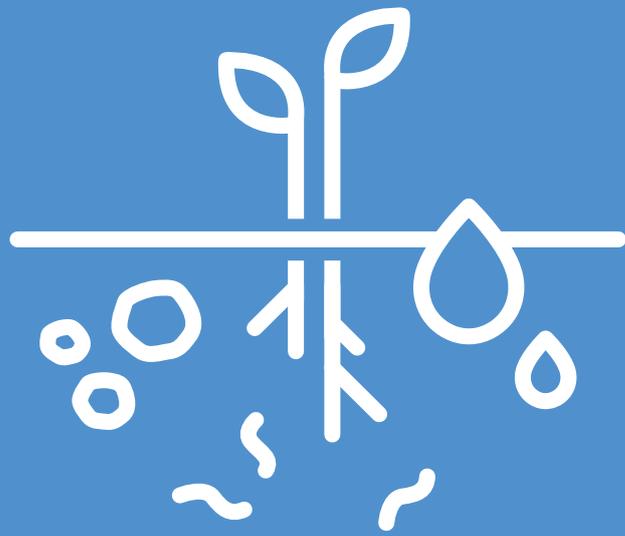
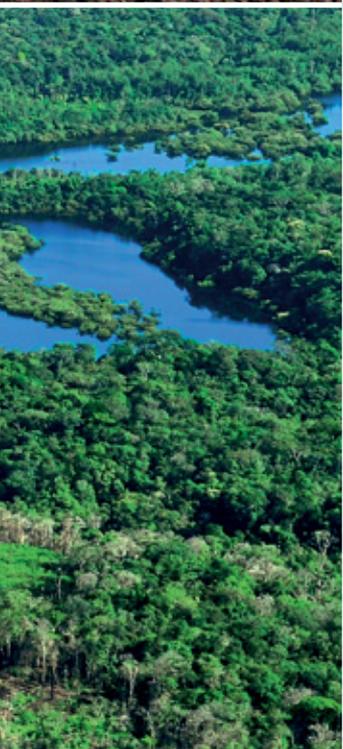
objetivo de la NDT (a escala nacional)	El objetivo de alcanzar la NDT a escala nacional, adoptado voluntariamente por un país. No sufrir pérdidas netas de tierras prósperas y productivas de ningún tipo de tierra, en comparación con la base de referencia.
objetivo de la NDT (global)	Lograr un mundo neutral en cuanto a la degradación de las tierras (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2015).
like for like	Principio según el cual se contrapesan las pérdidas en un tipo de tierra con ganancias equivalentes (o mayores) en el mismo tipo de tierra en cualquier otra parte del planeta para mantener (o ampliar) la NDT.
modelo para la evaluación del COS	Representación matemática de los procesos que afectan al COS en función de las relaciones biofísicas que, cuando se combinan con datos de medición para una situación o región determinadas, pueden utilizarse para estimar y mapear los cambios del COS.
uno fuera, todos fuera	Enfoque conservador para combinar diferentes indicadores o parámetros a fin de evaluar el estado y que sigue el principio de precaución. El enfoque «uno fuera, todos fuera» se aplica a la NDT de modo que, cuando alguno de los tres indicadores que pertenecen a una parte de las tierras muestra un cambio negativo significativo, se considera una pérdida (y, a la inversa, si al menos un indicador muestra una tendencia positiva y ninguno muestra una tendencia negativa, se considera una recuperación).
principios de ciencia abierta	Aplicar el concepto central de acceso abierto (es decir, disponibilidad gratuita y pública) a todos los aspectos del proceso científico con el fin de respaldar una mayor transparencia y reproducibilidad en la investigación científica, así como una colaboración, distribución, reutilización y readaptación de los recursos científicos más sencillas (por ejemplo, datos, código de análisis o modelos).
productividad	La productividad en este documento se utiliza en términos biológicos. Se refiere a la tasa de producción de nueva biomasa por individuo, población o comunidad.
rehabilitación	Acciones llevadas a cabo con la finalidad de reintegrar la funcionalidad del ecosistema y centradas en la provisión de bienes y servicios más que en la recuperación.

resiliencia	La capacidad de un sistema para absorber las perturbaciones y reorganizarse, conservando en esencia la misma función, estructura y reacciones. La resiliencia es una propiedad neutral, no es buena ni mala.
jerarquía de respuesta	El conjunto de medidas/intervenciones prioritarias que pueden planificarse y posteriormente implementarse en respuesta a una degradación del pasado o de un futuro anticipado.
recuperación	El proceso de apoyar la recuperación de una tierra que ha sido degradada, con especial atención a la recuperación de la integridad del ecosistema.
significativo (con respecto a los indicadores/parámetros de la NDT)	Un cambio en un parámetro de la NDT que i) los expertos consideran significativo, teniendo en cuenta la precisión del método, o ii) es poco probable que haya surgido por casualidad, según el análisis estadístico.
cambio del COS (evaluado)	Un cambio positivo o negativo en el COS proyectado durante la planificación del uso de las tierras para un área específica de la tierra (por ejemplo, unidad de tierra) y un plazo específico, donde se anticipa el cambio debido a las intervenciones de la NDT o la falta de ellas.
cambio del COS (supervisado)	Un cambio positivo o negativo en el COS para un área específica de tierra (por ejemplo, unidad de tierra), en un plazo específico, medido y verificable.
gestión del COS	Las prácticas que se aplican para gestionar los recursos de las tierras y aumentar el COS.
supervisión del COS	Utilizar mediciones o la combinación de mediciones y herramientas/ modelos de evaluación del COS para hacer un seguimiento de los cambios en el COS a lo largo del tiempo a escala nacional, subnacional o local, habitualmente comparando una base de referencia inicial de COS con el COS del área de interés en un momento posterior.
cambio en las reservas de COS	Cambio en el COS en masa por unidad de área (por ejemplo, gm ⁻²), habitualmente tras un periodo de tiempo después de los cambios en el uso o la gestión de las tierras, que pueden cambiar la dinámica del COS a escala nacional, subnacional o local.
carbono orgánico del suelo (COS)	Material del suelo de origen vivo (por ejemplo, plantas, microbios, biota del suelo) en distintas etapas de descomposición que actúa como un recurso clave para la energía y los nutrientes, y afecta muchas propiedades del suelo, como la hidrología, la estructura y el hábitat.

desarrollo de modelos/ herramientas de COS	Mejorar las herramientas y modelos de evaluación del COS para representar mejor un área, una característica de las tierras (por ejemplo, la textura del suelo) o una práctica de GST de interés, que generalmente requiere sitios de supervisión del COS de referencia para recopilar datos adecuados, así como la participación de expertos en desarrollo.
muestreo espacio-por-tiempo	La medición directa de los efectos del tratamiento a lo largo del tiempo comparando simultáneamente una unidad de tierra tratada con una unidad de tierra equivalente que no está tratada.
estandarización	El proceso de desarrollar un método, proceso o sistema acordado de manera común para una finalidad concreta.
Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible es un conjunto de 17 «metas globales» con 169 objetivos entre ellos. Los objetivos figuran en el párrafo 54 de la Resolución A/RES/70/1 de las Naciones Unidas del 25 de septiembre de 2015.
gestión sostenible de las tierras (GST)	El uso de los recursos de las tierras, incluidos los suelos, el agua, los animales y las plantas, para la producción de bienes para satisfacer las necesidades humanas cambiantes y garantizar, al mismo tiempo, el potencial productivo a largo plazo de estos recursos y el mantenimiento de sus funciones ambientales.
intervenciones de GST	Prácticas de gestión sostenible de las tierras implementadas con el objetivo de reducir la degradación de las tierras a nivel nacional, subnacional o local. En el caso del COS, las intervenciones de GST estarían dirigidas a aumentar las reservas de COS en el área de interés.
seguimiento del COS	Ver supervisión del COS.
herramientas/modelos de evaluación del COS	Una combinación de datos de medición y relaciones matemáticas utilizadas para evaluar el COS en áreas espaciales más grandes y durante períodos de tiempo más largos de lo que es factible solo a través de la medición. Incluye enfoques generalizados que pueden implementarse en software (ver: herramientas de evaluación del COS) y enfoques más explícitos biofísicamente implementados en modelos (ver: modelo para la evaluación del COS).
herramienta para la evaluación del COS	Software que utiliza relaciones estadísticas y empíricas para simplificar la estimación y el mapeo de los cambios del COS.

El carbono orgánico del suelo desempeña un papel fundamental en la productividad del suelo, así como una amplia gama de factores preexistentes en el ecosistema, como el ciclo de los nutrientes, que sirven de depósito de recursos para la biota subterránea y contribuyen a la estructura del suelo y a la hidrología del suelo.





Introducción



Este informe tiene por objeto proporcionar orientación para ayudar a los países a identificar prácticas adecuadas de gestión sostenible de las tierras que sean relevantes a nivel local y que se hayan abordado para mantener o mejorar las reservas de carbono orgánico en el suelo, así como orientación sobre la estimación y el seguimiento del carbono orgánico en el suelo para la planificación del uso de la tierra y el seguimiento de los logros de la NDT.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la degradación de los ecosistemas terrestres y marinos socava el bienestar de 3200 millones de personas y cuesta alrededor del 10 % del producto bruto mundial anual en la pérdida de especies y servicios de los ecosistemas, (UNEP, 2019). La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD)¹ define la degradación de las tierras como «la reducción o pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de tierras de cultivo de regadío, pastizales, praderas, bosques y tierras boscosas resultante de una combinación de presiones, entre ellas, las prácticas de gestión y uso de las tierras». Está reconocida en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 15.3: «Para 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los

1 Definición adoptada y utilizada por los países que forman parte de la CNULD



suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo». La CNUCLD es la agencia responsable de un indicador (15.3.1, la «Proporción de tierra degradada en relación con la superficie total de tierra»). La neutralidad en la degradación de las tierras (NDT) se puede lograr si la nueva degradación se equilibra revirtiendo la degradación del mismo tipo de tierra en otros lugares mediante la recuperación² o rehabilitación (Cowie et al., 2018; IPBES, 2018). La NDT se basa en la acción en tres puntos de partida de la jerarquía de respuesta: evitar, reducir, revertir. El instrumento principal para lograr la NDT es la implementación de enfoques y tecnologías de gestión sostenible de las tierras (GST) presentadas en la gestión de sistemas socioecológicos complejos. Además del COS, el carbono inorgánico del suelo (CIS) es una forma dominante de carbono en los suelos de regiones áridas y semiáridas, y está compuesto de carbonatos y bicarbonatos de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} y Na^{+} . De hecho, el CIS constituye una mayor proporción del carbono total del suelo (CTS) en tierras secas y desempeña un papel importante en el ciclo del carbono global (Lal et al., 2000).

² La restauración ecológica se define más comúnmente como «el proceso de promover la recuperación de los ecosistemas que han sido dañados, degradados o destruidos» (SER, 2004). La recuperación prevista aquí es el restablecimiento en la medida de lo posible de la estructura histórica, la composición y el funcionamiento del ecosistema anteriores a la degradación. La recuperación difiere de la rehabilitación en tanto que las actividades de rehabilitación se centran más en la funcionalidad y la prestación de servicios específicos que en restablecer la condición del sistema antes de la perturbación en toda su complejidad biológica. La rehabilitación puede, de hecho, ser la única opción en situaciones en las que la degradación ha cruzado un punto de no retorno, las especies se han extinguido o las semillas y la biota del suelo se han perdido (Alexander et al., 2016).

El carbono orgánico del suelo es el principal componente de la materia orgánica del suelo, el cual desempeña un papel fundamental en la productividad del suelo y en una amplia gama de procesos de los ecosistemas.

El carbono orgánico del suelo (COS), la reserva de carbono más grande de la biosfera terrestre, es un componente importante del ciclo global del carbono. El COS es el principal componente de la materia orgánica del suelo (MOS), que desempeña un papel fundamental en la productividad del suelo y en una amplia gama de procesos de los ecosistemas. La MOS comprende los restos de plantas y animales en el suelo en varias etapas de descomposición, junto con la biomasa microbiana y varios subproductos de procesos metabólicos bióticos complejos. Estimado a una profundidad de 3 m y sin el permafrost, la reserva de COS de 3000 Pg. es aprox. 4 veces la reserva atmosférica (800 Pg.) y aprox. 6,5 veces la reserva biótica (560 Pg.). Por lo tanto, incluso una ligera perturbación de la reserva de COS puede causar grandes cambios en la concentración atmosférica de CO_2 . En general, 1 Pg. de reserva de COS equivale a aproximadamente 0,47 ppm de CO_2 en la atmósfera, y viceversa (Lal, 2018). Además, el COS desempeña un papel fundamental en la productividad del suelo y en una amplia gama de procesos de los ecosistemas, incluidos el ciclo de nutrientes, servir como depósito de recursos para la biota subterránea, contribuir a la estructura del suelo, afectar a la hidrología del suelo y almacenar el carbono fijado de la atmósfera mediante la fotosíntesis.

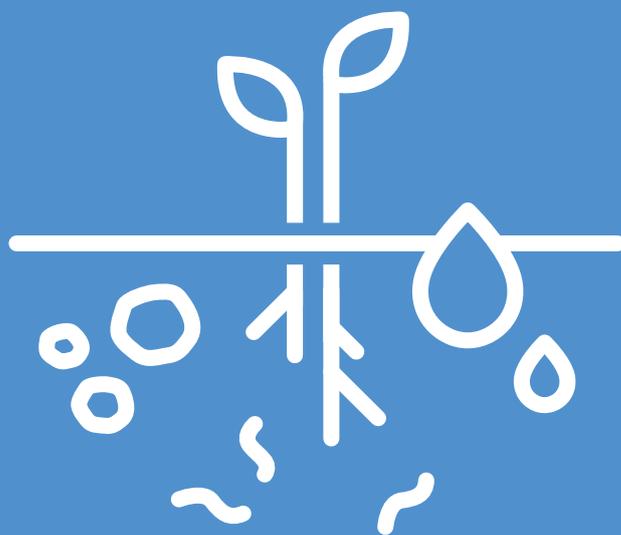


Dadas sus múltiples funciones y su sensibilidad a la gestión de los suelos, el carbono orgánico del suelo (COS) se ha seleccionado como uno de los tres indicadores de la NDT. Los dos restantes son el cambio de la cubierta terrestre (LCC) y las dinámicas de productividad de las tierras (DPT), medidos como productividad primaria neta (PPN). Como indicador clave de la salud del ecosistema, el COS presenta desafíos únicos asociados con (1) predecir posibles cambios en el COS asociados con las intervenciones de GST, (2) supervisar el COS a lo largo del tiempo, debido a la variabilidad temporal y espacial. Las herramientas de software y los modelos biofísicos para la evaluación del COS (en adelante, «herramientas/modelos para la evaluación del COS») pueden ayudar a «rellenar los huecos» en los conjuntos de datos de medición, pero estos tipos de evaluaciones pueden ser muy inciertos cuando los datos son limitados o de baja calidad.

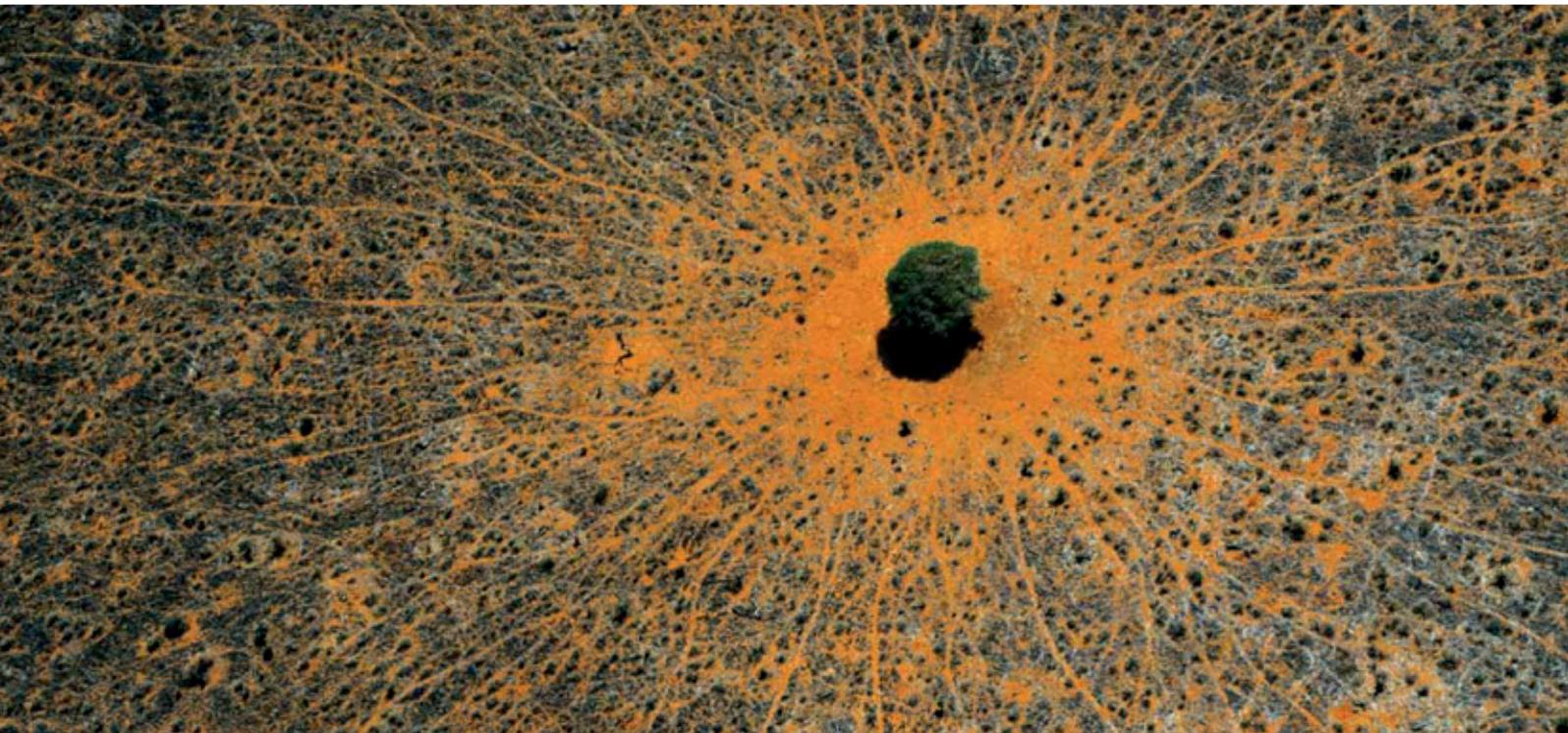
Es importante tener en cuenta que los datos de medición y estimados tienen imprecisiones. Se necesitan inversiones específicas en iniciativas de medición y el uso de herramientas/modelos para la evaluación del COS para respaldar el despliegue de intervenciones de GST para gestionar el COS, para la NDT y otros objetivos, como la adaptación o mitigación del cambio climático basado en las tierras (Batjes, 2004). El COS es un posible eje central para una acción colaborativa destinada a mejorar la salud y las funciones del suelo a través de la GST. A pesar de que el COS es un indicador clave de la calidad del suelo, por sí solo no proporciona información suficiente para guiar el uso inteligente de los recursos de la tierra y, por lo

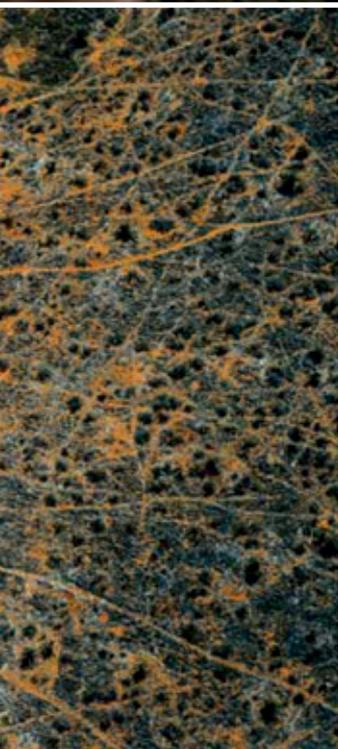
tanto, los sistemas de medición del COS independientes tendrán un valor limitado, especialmente dados los grandes recursos que se necesitan para el muestreo de campo y las mediciones de laboratorio. En la mayoría de los casos, será más eficiente integrar la medición del COS en un sistema nacional más amplio de supervisión de la salud de las tierras (Shepherd et al., 2015b).

El objetivo de este informe técnico es ofrecer orientación para ayudar a los países a i) identificar prácticas y enfoques de GST adecuados y específicos de la región para mantener o mejorar las reservas de COS, y ii) estimar y supervisar el COS para planificar el uso de las tierras y supervisar la NDT. El alcance incluye el **uso de herramientas/modelos de evaluación del COS** para comparar y seleccionar enfoques y tecnologías de GST, así como enfoques para **supervisar los cambios en las reservas de SOC** a nivel local y nacional, combinando el uso de herramientas/modelos para la evaluación del COS y **datos de medición**. Los marcos y árboles de decisión para planificar las intervenciones de GST y la evaluación del COS ayudarán a los países a tomar mejores decisiones al comprender qué prácticas de GST podrían aumentar o mantener el COS y ofrecer otros beneficios ambientales colaterales, y satisfacer las necesidades de las partes interesadas al tiempo que minimizan los costes y riesgos.



El instrumento principal para lograr la NDT es la implementación de enfoques y tecnologías de gestión sostenible de las tierras introducidas en la gestión de sistemas socioecológicos complejos.





Beneficios del carbono del suelo de las prácticas de gestión sostenible de las tierras

- | | | |
|------|---|----|
| 2.1. | Introducción | 30 |
| 2.2. | Establecer relaciones entre el carbono orgánico del suelo, la gestión sostenible de las tierras y la neutralidad en la degradación de las tierras | 32 |
| 2.3. | Escoger prácticas de gestión sostenible de las tierras para mantener o aumentar el carbono orgánico del suelo | 39 |



Optimizar el uso de los recursos para gestionar el carbono orgánico del suelo utilizando la gestión sostenible de las tierras para lograr la neutralidad en la degradación de las tierras y ofrecer múltiples beneficios.

2.1. Introducción

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la degradación de los ecosistemas terrestres y marinos socava el bienestar de 3200 millones de personas y cuesta alrededor del 10 % del producto bruto mundial anual en la pérdida de especies y servicios de los ecosistemas, (UNEP,2019). El fenómeno se agrava cada vez más por el cambio climático. Por lo tanto, en muchos sentidos, se trata de un proceso globalizado con impacto local que puede conducir a una catástrofe global (Vlek, 2005).

Con el fin de optimizar el uso de recursos limitados para respaldar la gestión del COS, este informe presenta un razonamiento para enfocar la inversión en la medición, la supervisión, la capacidad mejorada para una evaluación comparativa del COS en los usos y tipos de tierras para los cuales es más importante una estimación precisa del COS.

En el marco conceptual adoptado por la CNUCLD (Orr et al., 2017), se puede lograr la NDT si la nueva degradación se equilibra revirtiendo la degradación del mismo tipo de tierra en otros lugares mediante la recuperación o rehabilitación. La NDT se basa en la acción en tres puntos de partida de la jerarquía de respuesta: evitar, reducir, revertir. El instrumento principal para lograr la NDT es la implementación de enfoques y tecnologías de GST. **La GST combina tecnologías, políticas y actividades destinadas a integrar los principios socioeconómicos con las preocupaciones ambientales para lograr de manera simultánea: reducir o mejorar la producción y los servicios (productividad); reducir el nivel de riesgo de producción (seguridad); proteger la base de recursos naturales y evitar la degradación de la calidad del suelo y el agua (protección); ser económicamente viable (viabilidad); y socialmente aceptable (aceptabilidad) (Orr et al., 2017).**

Con el fin de optimizar el uso de recursos limitados para respaldar la gestión del COS, este informe presenta un razonamiento para enfocar la inversión en la medición, la supervisión, la capacidad mejorada para una evaluación comparativa del COS en los usos y tipos de tierras para los cuales es más importante una estimación precisa del COS. La Figura 1 presenta el árbol de decisión 1, que ofrece una orientación práctica para dirigir la inversión en supervisión del COS y evaluaciones comparativas del COS a determinadas intervenciones de GST para la NDT y la consecución de múltiples beneficios, utilizando una amplia gama de recursos (por ejemplo, experiencia local, datos disponibles o recursos de bases de datos de GST como la Reseña Mundial de Enfoques y Tecnologías de la Conservación (WOCAT). El primer paso implica la evaluación de la salud de la tierra, si aún no está disponible, que incluye la evaluación del potencial de la tierra y el estado de degradación de la tierra, que son pasos previos a la planificación de la NDT (Orr et al., 2017).

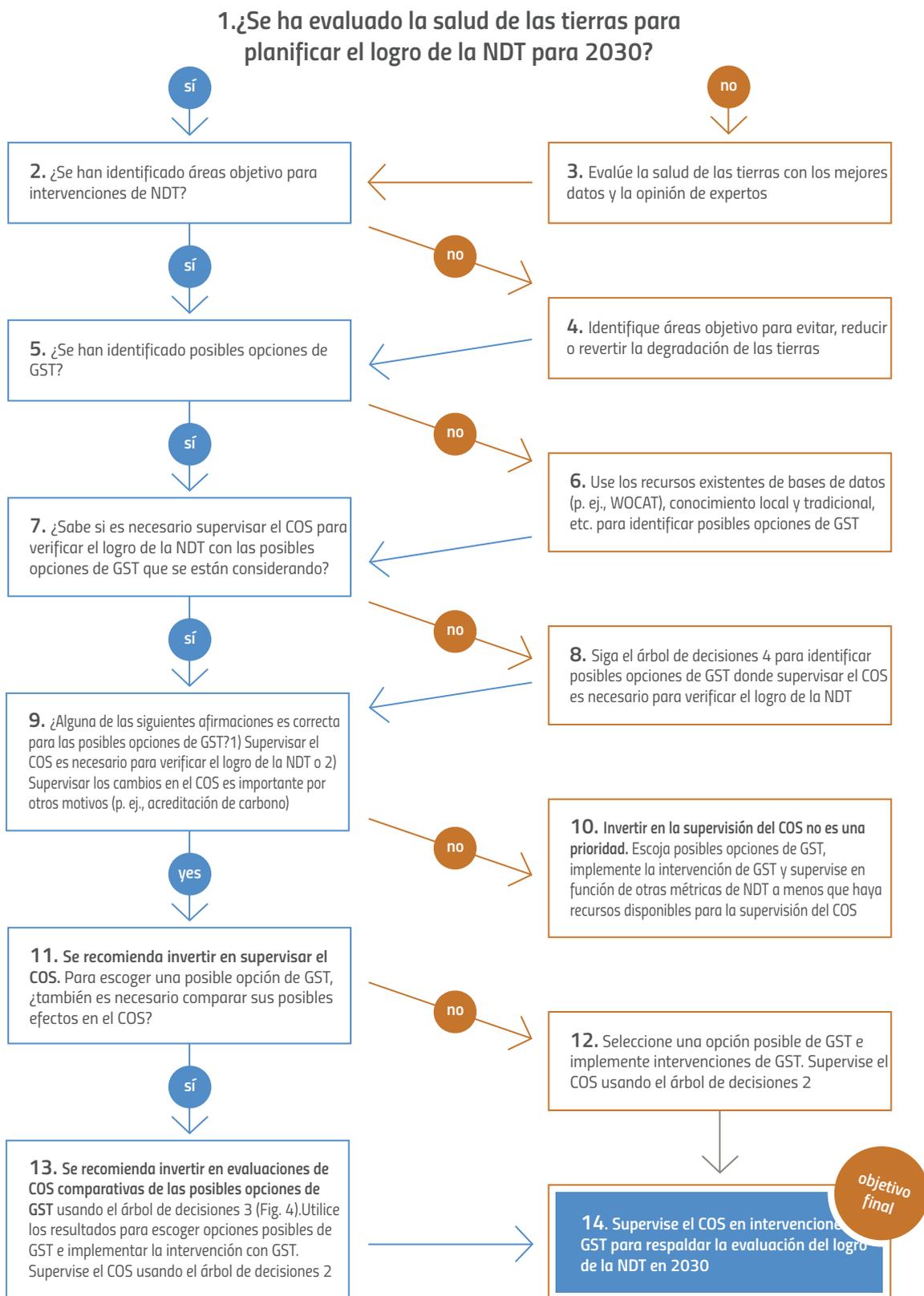


FIGURA 1

Árbol de decisiones 1, con orientación sobre dónde se recomiendan las inversiones en la evaluación y la supervisión del carbono orgánico del suelo (COS) para hacer un seguimiento del impacto de la implementación de la gestión sostenible de las tierras (GST) y respaldar la supervisión del logro de la NDT en términos de cambio de COS en 2030.



Estos parámetros están vinculados a diferentes aspectos de los procesos de degradación de las tierras. El LCC indica cambios más inmediatos en el uso de las tierras y la vegetación; las DPT, respuestas relativamente rápidas de la función del ecosistema; y el COS, respuestas y resiliencia acumulativas a largo plazo a la degradación de las tierras ofrecidas por la MOS (Cowie et al., 2018).

2.2. Establecer relaciones entre el carbono orgánico del suelo, la gestión sostenible de las tierras y la neutralidad en la degradación de las tierras

La degradación de las tierras se evalúa a través de tres indicadores basados en las tierras, a modo de indicadores de la capacidad de las tierras para ofrecer servicios ecosistémicos: tendencias en el cambio de la cubierta terrestre (LCC), dinámicas

de productividad de las tierras (DPT) medidas como productividad primaria neta (PPN) y reservas de carbono medidas como carbono orgánico del suelo (COS). Estos parámetros están vinculados a diferentes aspectos de los procesos de degradación de las tierras. El LCC indica cambios más inmediatos en el uso de las tierras y la vegetación; las DPT, respuestas relativamente rápidas de la función del ecosistema; y el COS, respuestas y resiliencia acumulativas a largo plazo a la degradación de las tierras ofrecidas por la MOS (Cowie et al., 2018).

La tasa de aumento del COS depende del suelo, el clima, la vegetación y la interacción entre ellos, alterados a través de intervenciones antropogénicas. Las mejoras en el COS a través de la GST influyen muy positivamente en las propiedades y los procesos del suelo (Tabla 1).

La tasa neta de almacenamiento de COS para la GST específica del sitio debe determinarse estableciendo experimentos a largo plazo (de 5 a 10 años) en los ecosistemas agrícolas de referencia del mundo, incluidas las ubicaciones de tierras

Dificultad	Impacto
Sequía	Conservación del agua, moderación de la temperatura del suelo, proliferación del sistema radicular, suministro de agua verde mejorado
Fertilidad del suelo	Retención y disponibilidad de nutrientes; reducción de pérdidas por lixiviación, volatilización y erosión; alto aprovechamiento de nutrientes
Salud del suelo	Suelos supresores de enfermedades, alta biodiversidad del suelo, mayor crecimiento y vigor de las plantas, resiliencia del suelo
Cultivo del suelo	Bajo riesgo de formación de cortezas y compactación, mejor aireación del suelo, porosidad favorable y distribución del tamaño de los poros
Producción	Producción agronómica sostenible, rendimiento mínimo asegurado, mejor calidad nutricional

TABLA 1
Efectos positivos del COS y la MOS en la salud y funcionalidad del suelo.



áridas globales (Lal, 2019). Los estudios deben realizarse con la participación de los agricultores desde la planificación hasta las fases de supervisión. Deben establecerse sitios de referencia basados en la comunidad para los órdenes de suelo predominantes en una región ecológica (Dregne, 1976). Las principales regiones ecológicas, en función del índice de aridez (IA)³ son: i) hiperáridas (< 0,05), áridas (0,05-0,2), semiáridas (0,2-0,5) y subhúmedas secas (0,5-0,65) (UNEP, 1991). La información sobre los suelos predominantes en estas regiones ecológicas (es decir, Inceptisoles, Arenosoles, Psammentes, Vertisoles y Alfisoles), Dewitte et al. (2013) se puede combinar con el mapa climático de África (WMO/UNEP, 2001) con el fin de identificar sitios de referencia para realizar estudios comunitarios a largo plazo (Tabla 2).

El COS se puede perder mucho más rápidamente de lo que se puede recuperar a través de una mejor gestión. Para predecir la posible magnitud del cambio del COS en cualquier dirección, por ejemplo, para optimizar la selección de GST, es necesario el uso combinado de datos de medición y herramientas/modelos para evaluar

el COS.⁴ **La evaluación precisa del cambio de COS mediante las intervenciones de GST a menudo se ve limitada por la disponibilidad de datos y el**

4 Herramientas/modelos para la evaluación del COS: se trata de un término que abarca todos los tipos de enfoques analíticos que se pueden usar para evaluar las reservas y cambios de COS a nivel nacional, subnacional o local. Por lo general, las herramientas/modelos para la evaluación del COS combinan el uso de datos de medición y relaciones matemáticas para evaluar el COS en áreas espaciales más grandes y en periodos de tiempo más largos de lo que es posible solo a través de las mediciones. Las herramientas para la supervisión del COS son herramientas de software que utilizan relaciones estadísticas y empíricas para simplificar el mapeo y la estimación de los cambios en el COS. Por lo general, estas herramientas están diseñadas para evaluar el COS más fácilmente, así como para integrar la evaluación del COS con otros factores como la contabilidad de carbono o el análisis socioeconómico. Ejemplos: EX-ACT, Carbon Benefits Project, Cool Farm Tool. Definimos los modelos para la evaluación del COS como modelos que utilizan relaciones biofísicas y datos de medición para estimar y mapear los cambios en el COS. Normalmente, los modelos de COS ofrecen análisis más seguros al representar mejor los procesos biofísicos. Sin embargo, a menudo requieren la participación de expertos y conjuntos de datos extensos en la escala del área de interés para utilizarse correctamente. Ejemplos: DAYCENT, Desnitrificación y descomposición (DNDC), Millennial, RothC, EPIC. Estos modelos no se presentan en detalle en este informe. Consulte FAO, 2019 para obtener más información. <<http://www.fao.org/3/ca2934en/CA2934EN.pdf>>

3 $IA=P/ET$, donde P y ET son ambos en mm por año, por lo que el IA es un índice sin dimensiones.

Orden de suelos	Región ecológica			
	Hiperárida	Árida	Semiárida	Subhúmeda seca
Alfisoles				
Arenosoles				
Inceptisoles				
Psammentes				
Plínticos				
Vertisoles				

Identificar transectos a lo largo del IA y las pendientes de suelo

TABLA 2
Elección de sitios de referencia para establecer la relación entre la GST y el COS a través de la investigación participativa.



Marco para gestionar el COS para la NDT

34

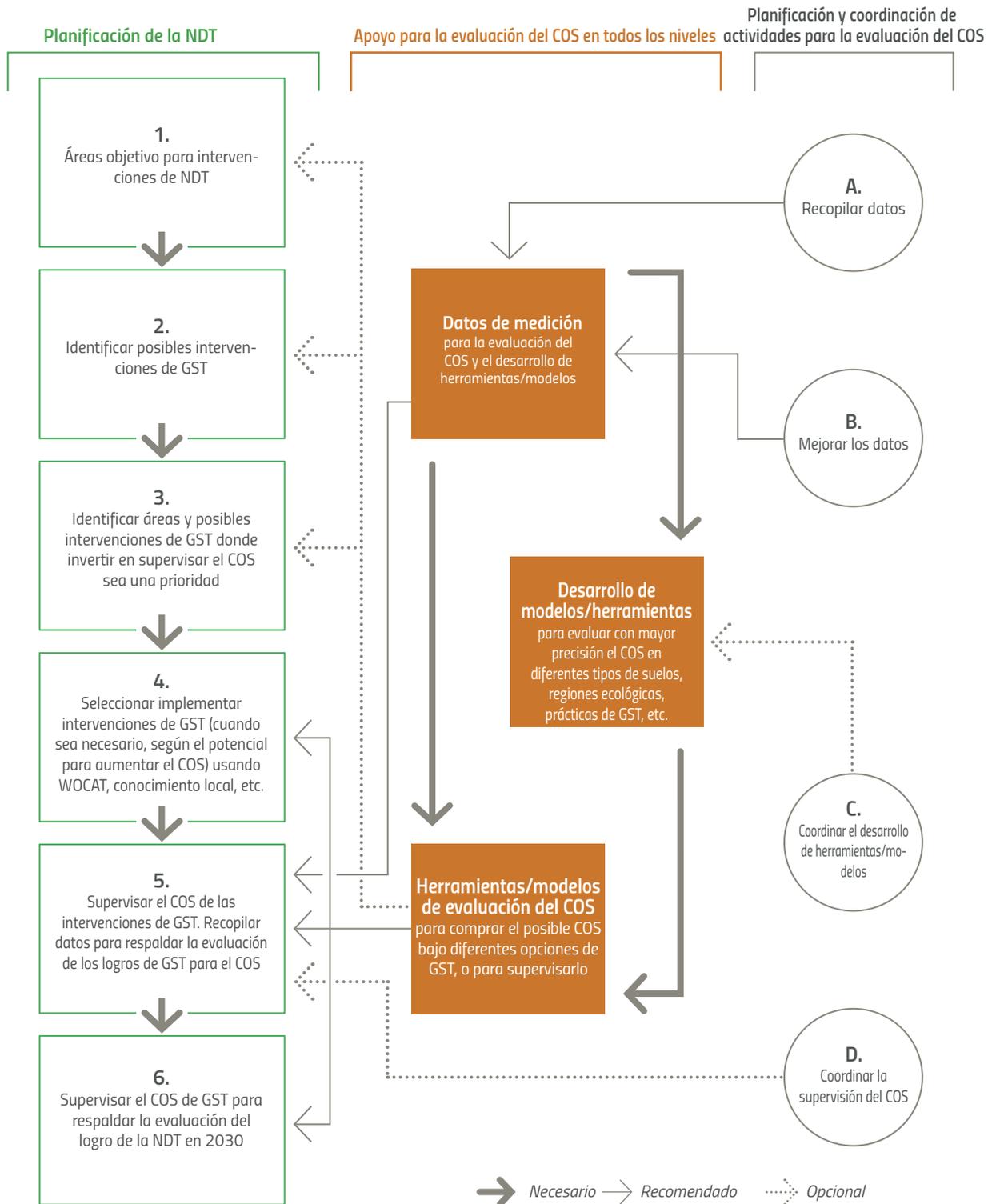


FIGURA 2

Un marco para la gestión del COS para la NDT y otros beneficios a través de la GST, en el que se muestra cómo el uso combinado de datos de medición y herramientas/modelos para la evaluación del COS (recuadros rojos), respaldados por actividades de planificación y coordinación (círculos grises) sustentan las actividades de planificación de NDT que conducen al logro de la NDT (recuadros verdes). Las actividades de planificación para (A) recopilar datos incluyen la identificación del mejor clima disponible, textura del suelo, mediciones de COS, historial de uso de las tierras, LPD, LCC; y (B) la mejora de los datos incluye la planificación e implementación de mejoras en los conjuntos de datos a escala nacional y en la escala de las intervenciones de degradación de las tierras, particularmente a través de mediciones del COS y la recopilación de información sobre el uso de las tierras. Las actividades de coordinación (C, D) pueden ocurrir con actividades científicas, industriales y otras actividades fuera de las labores para la NDT.



rendimiento de las herramientas/modelos para la evaluación del COS: por lo tanto, es necesario invertir en su mejora para ampliar la estimación del SOC y respaldar la NDT.

Con el fin de optimizar el uso de recursos limitados para gestionar el COS a través de la GST, perseguir la NDT y conseguir múltiples beneficios, este informe establece un marco para emparejar áreas de tierra con los enfoques de GST adecuados, respaldado por información de mediciones del COS y herramientas/modelos para la evaluación del COS (Figura 2). El marco sirve de guía para que los usuarios desarrollen, prueben y perfeccionen los métodos de evaluación del COS y aplicarlo en la supervisión del COS, para respaldar la evaluación del logro de la NDT.

2.2.1 Procesos que conectan el carbono orgánico del suelo con la degradación de las tierras

La PPN teórica de las tierras viene dada por la posición de las tierras en el mundo y las limitaciones impuestas por el agua y el suelo para respaldar el crecimiento de las plantas (Del Grosso et al., 2008). Los ecosistemas terrestres son de naturaleza dinámica y sus atributos, como la reserva de carbono, la diversidad biológica y sus servicios, fluctúan en un ancho de banda como resultado de los ciclos climáticos y otras perturbaciones naturales, como los incendios forestales. El tiempo para recuperarse de tales perturbaciones puede ir desde años para los pastizales hasta décadas para las selvas tropicales, en función de las condiciones climáticas y la resistencia del suelo (Running, 2008). **Sin embargo, la intromisión de los seres humanos en entornos puros a menudo ocasiona perturbaciones persistentes y una degradación de las tierras a costa del rendimiento del ecosistema, debido a la eliminación de la vegetación, la reducción de la PPN y la pérdida de salud del suelo (Blaikie et al., 2015).**

Una de las repercusiones clave de la degradación de las tierras es la pérdida de productividad del suelo, que puede verse afectada por muchas intervenciones humanas, tanto en sentido positivo como negativo. La degradación del suelo es el resultado de cambios perjudiciales en las condiciones bio-fisicoquímicas del suelo, y a menudo los tres componentes interactúan y afectan la resiliencia y la PPN de los ecosistemas. A la inversa, una disminución de la PPN afectará a la dinámica bioquímica del suelo, a menudo con una reducción en la entrada de carbono en el suelo como consecuencia de la eliminación de la vegetación. Con una respiración heterotrófica inalterada, la reducción de la PPN conlleva una disminución del COS y, finalmente, una pérdida de la biodiversidad del suelo. Las tasas de disminución del COS dependen de las tasas de actividad microbiana y de la accesibilidad del COS (por ejemplo, si la MOS está protegida de la actividad microbiana debido a la formación de agregados del suelo). Además, la dinámica del COS está fuertemente vinculada a la textura del suelo, y la cantidad y el tipo de arcilla presente determinan el grado de protección a través de la formación de complejos arcillosos orgánicos (Lehmann y Kleber, 2015). El COS integra muchos procesos por encima y por debajo de la superficie, lo que lo convierte en un indicador útil de la capacidad productiva del suelo, aunque es posible que no recoja todas las formas de degradación (Aynekulu and Shepherd, 2015).

El COS integra muchos procesos por encima y por debajo de la superficie, lo que lo convierte en un indicador útil de la capacidad productiva del suelo, aunque es posible que no recoja todas las formas de degradación.



La pérdida de COS como resultado de la conversión de las tierras generalmente va seguida de una función de registro negativa, alcanzando asintóticamente un nuevo equilibrio dictado por el nuevo uso y gestión de las tierras (Bernoux et al., 2006). A modo de ejemplos: las reservas de COS en ambientes tropicales semiáridos pueden disminuir en un 30 % en menos de cinco años si la vegetación nativa o las tierras de pastoreo se transforman en tierras de cultivo (Noellemeyer et al., 2008; Zach et al., 2006), y el cultivo en suelos de selvas tropicales causó la pérdida de más del 60 % de las reservas de COS en solo unos años (Brown and Lugo, 1990; Guo and Gifford, 2002). La GST puede atenuar o vencer estos descensos (Trivedi et al., 2016), pero recuperar el COS es un proceso a menudo lento y que con poca probabilidad alcanzará los niveles previos a la perturbación, manteniéndose por lo general muy por debajo del equilibrio establecido durante décadas o siglos bajo la vegetación nativa. Winowiecki et al. (2016), por ejemplo, informaron de que en Tanzania, las parcelas cultivadas tenían, de media, menos de la mitad del COS que otras parcelas seminaturales iguales. Incluso un cultivo altamente productivo como la caña de azúcar, que ha demostrado un potencial para aumentar el COS en comparación con las tierras de pastoreo, especialmente cuando están degradadas, tiene menos COS que otros suelos con vegetación nativa (Bordonal et al., 2018; Mello et al., 2014; Oliveira et al., 2016).

La mayoría de los procesos de degradación del suelo se reflejan en un cambio del COS a lo largo del tiempo, aunque hay excepciones. Por ejemplo, la infestación de cisca (*Imperata cylindrica*) en el sudeste asiático después de la tala se produjo sin pérdida de COS. Sin embargo, muchos factores

que impulsan la degradación de las tierras pueden desencadenar procesos del suelo que resultan en pérdidas del COS. Por ejemplo, la tala, los incendios forestales y el pastoreo excesivo pueden conducir a la exposición del suelo, aumentando la temperatura del suelo y la descomposición de la MOS (Crowther et al., 2016), así como la erosión por viento y agua con desplazamiento de COS (Fernandez-Raga et al., 2017; Goudie y Middleton, 2006). La extracción y exportación de nutrientes (Grote et al., 2005; Stoorvogel and Smaling, 1990), así como la eliminación o quema de residuos de plantas, conllevan un agotamiento de los nutrientes del suelo, una pérdida de productividad y, nuevamente, la exposición del suelo. Los cultivos airean el suelo y favorecen la descomposición de la MOS, así como la erosión del suelo en terrenos inclinados, desplazando el COS (Li et al., 2008; Lobb, 2011). La tracción animal favorece la conversión y el cultivo de las tierras con las consecuencias mencionadas anteriormente. La mecanización puede agravar estos procesos y causar daños debido a la compactación del suelo, lo que a su vez disminuye la aireación del suelo y la actividad biológica, con las consiguientes repercusiones para el COS. La situación se complica aún más porque, en muchos casos, el COS se puede perder mucho más rápidamente de lo que se puede añadir o recuperar. Además, en comparación con otros indicadores, el cambio del COS es más difícil de gestionar y supervisar a gran escala que la cubierta terrestre y la productividad. **La GST, si se implementa de manera adecuada en determinadas ubicaciones y situaciones, se puede utilizar para evitar estas acciones perjudiciales, así como para contrarrestar o compensar su efecto.**



2.2.2 El cambio en la cubierta terrestre, la productividad primaria neta y el carbono orgánico del suelo son interdependientes y, a menudo, se mueven al unísono

El cambio en la cubierta terrestre (LCC) debido a la limpieza de la vegetación natural es generalmente el primer paso en el proceso de degradación de las tierras, mientras que las tendencias en PPN de cualquier sistema de uso de las tierras posterior indican cambios en la función general del ecosistema. Teóricamente, la PPN en cualquier punto del planeta se establece por las horas de luz, la radiación y elevación solar, la disponibilidad de agua y la capacidad productiva del suelo que se refleja en la vegetación nativa. Una disminución de la PPN en la vegetación nativa, corregida por el cambio climático y la fertilización atmosférica (nitrógeno o CO²) (Vlek et al., 2010), es una señal de degradación de las tierras. Lo mismo se puede decir de la disminución sistemática de la productividad agrícola, supervisada y notificada anualmente por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Los insumos de COS están relacionados con la PPN por encima del suelo y las raíces, que guarda relación con el tipo de vegetación (Ingram y Fernandes, 2001). Por lo general, estas interdependencias harán que los indicadores de NDT disminuyan y mejoren al unísono, al menos hasta cierto punto (Oldfield et al., 2019).

Sin embargo, existen situaciones en las que los indicadores de NDT cambian a diferente ritmo o en diferentes direcciones. Un metaanálisis de la relación entre el COS y los rendimientos de los cultivos (Oldfield et al., 2019), por ejemplo, reveló que aumentar el COS aumenta los rendimientos hasta que las concentraciones alcanzan el 2 %, momento a partir del que el aumento del COS comienza a generar rendimientos decrecientes. Por debajo del umbral del 2 %, hay potencial para mejorar el COS y los rendimientos al unísono, utilizando enfoques y tecnologías de GST. Por ejemplo, aproximadamente dos tercios de los suelos agrícolas destinados al

maíz y el trigo contienen menos del umbral del 2 %, y los suelos de los trópicos semiáridos (TSA) que producen sorgo y mijo son aún más pobres en COS. En estas situaciones, los rendimientos están estrechamente relacionados con los niveles de COS (MacCarthy et al., 2018). Sin embargo, por encima del umbral del 2 %, es posible mejorar el COS incluso si apenas influye en los rendimientos, lo que requiere un planteamiento separado de la PPN o los parámetros de productividad agrícola frente a los cambios del COS en el contexto de la GST. **Dados los recursos limitados, invertir en el seguimiento de los cambios en el COS es de máxima prioridad a) cuando el COS sea el principal indicio de una degradación de las tierras y del logro de la NDT a través de la GST, b) cuando hacer un seguimiento del COS sea de vital importancia (por ejemplo, comercio de carbono) o c) cuando sea menos probable que el COS se mueva al unísono con la PPN y el LCC a través de la GST.**

2.2.3 Muchas convenciones pueden aprovecharse del mantenimiento o aumento del carbono orgánico del suelo

Para fines de la NDT, es fundamental determinar el cambio direccional en el COS para alcanzar o superar los niveles de referencia de 2015, en lugar de un cambio absoluto. Como componente de la planificación e implementación de actividades de

Como componente de la planificación e implementación de actividades de NDT, es importante saber si un enfoque o tecnología de GST implementados en una zona específica podrán contribuir a este objetivo.



NDT, es importante saber si un enfoque o tecnología de GST implementados en una zona específica podrán contribuir a este objetivo. En última instancia, los logros de la NDT se agregan a nivel nacional y deben verificarse. Sin embargo, la gestión del COS para lograr la NDT puede diferir de la gestión del COS con otros propósitos. Un ejemplo importante es la gestión del COS en el contexto de la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI), que tiene en cuenta todos los GEI y el impacto general en el cambio climático. Para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el aislamiento del carbono del suelo se considera en el contexto de los flujos netos de GEI (incluidos el N₂O y el CH₄, que pueden emitirse desde los suelos y están afectados por el COS); por lo tanto, cualquier estrategia de gestión del uso de las tierras que aumente el COS es de valor limitado si esas ganancias se contrarrestan con el aumento de las emisiones de estos potentes GEI (Bernoux et al., 2006).

La CNUCLD reconoce el potencial integrador del COS y argumenta que se debe aprovechar siempre que sea posible (UNCCD, 2015)). Por ejemplo, las actividades iniciales de planificación de la NDT podrían utilizar las evaluaciones de COS completadas como un componente de los inventarios nacionales de GEI si el componente de COS se estimara utilizando los enfoques de nivel 2 o nivel 3 del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). La supervisión y la evaluación supervisadas del COS para múltiples convenciones podrían contribuir al uso de recursos colectivos y mutuamente beneficiosos. Sin embargo, la capacidad para actividades integradas variará enormemente en función de las actividades pasadas, los recursos disponibles y las oportunidades de financiamiento. La urgencia del impacto de la degradación de las tierras es tal que la aspiración de integración no

debe ser una restricción a la hora de iniciar acciones de NDT en el terreno. Al contrario, el propósito de integración puede ayudar a guiar la naturaleza y el aumento de las acciones de NDT a través de colaboraciones, siempre que sea posible.

A efectos de coordinación a gran escala, Orr et al. (2017) recomiendan aprovechar las actividades de planificación de las tierras existentes, conectando específicamente la planificación de la NDT con: «Programas de acción nacional (PAN) de la CNUCLD, contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) y planes de adaptación nacionales de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) e integración en los planes nacionales de desarrollo y otros procesos políticos». Lo ideal es que estos esfuerzos estén basados en evaluaciones fiables de referencia de la degradación de las tierras basadas en datos, que son un desafío mayor para el COS que para la PPN o el LCC, debido a una mayor limitación en la disponibilidad de datos y a las mayores demandas analíticas para hacer un seguimiento de los cambios pasados o de los posibles cambios en un futuro. La guía de planificación de recursos de las tierras para la GST creada por la FAO puede resultar útil para dicha planificación multisectorial (Ziadata et al., 2017).



2.3 Escoger prácticas de gestión sostenible de las tierras para mantener o aumentar el carbono orgánico del suelo

La aplicación específica de prácticas de GST (políticas, estrategias, enfoques y tecnologías) es la principal forma de conseguir la NDT a nivel nacional y de entorno. La contribución al logro de la NDT y, especialmente, al aumento del COS, puede considerarse como un criterio para la identificación de tecnologías y enfoques de GST adecuados para un territorio en particular. Las prácticas de GST generalmente demuestran ser soluciones óptimas para abordar simultáneamente la degradación de las tierras y la adaptación y mitigación del cambio climático. Estas prácticas tienden a mostrar un potencial de adaptación significativo (es decir, mejoran la resiliencia y mantienen o mejoran la seguridad alimentaria) en zonas húmedas y semiáridas, pero pueden mostrar menos beneficios complementarios de mitigación (por ejemplo, emisión de gases de efecto invernadero y un mayor aislamiento de carbono) en zonas áridas donde abordar la degradación de las tierras y adaptarse al cambio climático es de mayor relevancia como objetivo que mitigar el cambio climático (Sanz et al., 2017; UNCCD, 2017a). Se puede consultar un análisis más detallado de las contribuciones de la GST a la adaptación y mitigación del cambio climático basado en las tierras en Sanz et al. (2017).

Se requiere información sobre prácticas de GST específicas que contribuyan a mantener o aumentar el COS, y para identificar áreas de tierra y enfoques de GST para priorizar la inversión en el COS. No existe una solución única de GST para las 300 000 series de suelo conocidas y la amplia variedad de factores específicos de un sitio. Una pregunta clave decisiva que suelen hacer los países a menudo es: ¿qué asociación de recursos entre las

intervenciones para recuperar las tierras ofrecerá el mejor retorno de la inversión teniendo en cuenta los múltiples objetivos ambientales y de desarrollo? **Para responder a esto, los responsables de tomar decisiones podrían utilizar modelos económicos que proyecten costes, beneficios y riesgos a largo plazo de las opciones de intervención de GST, y el coste de no hacer nada** (Shepherd et al., 2015a).

Las prácticas de GST generalmente demuestran ser soluciones óptimas para abordar simultáneamente la degradación de las tierras y la adaptación y mitigación del cambio climático.

La Figura 2 ofrece una guía general sobre la elección de intervenciones de GST para la gestión del COS, que consta de varias etapas (recuadros verdes) y que, idealmente, debería estar respaldada por la acumulación de recursos y conjuntos de datos (herramientas/modelos para la evaluación del COS), para ampliar las evaluaciones del COS (recuadros rojos). Las opciones de GST se deben validar y ajustar en función de las condiciones específicas del sitio, teniendo en cuenta cuestiones biofísicas (es decir, el suelo, el clima, el terreno), socioeconómicas (la tenencia de tierras, el tamaño de la finca, la infraestructura, el soporte institucional, el acceso al mercado, cuestiones de género) y culturales (fe, tradiciones, rituales). La recuperación de las reservas de COS de suelos degradados y empobrecidos, que a menudo tiene valores tan bajos como del 0,05 % en las tierras de cultivo del sur de Asia, África subsahariana y las



regiones del Caribe y los Andes, fomenta la NDT. En este contexto, la implementación de opciones de GST (Dumanski, 1997; Hurni, 1997) puede aumentar el COS, restaurar y mantener la salud del suelo y lograr la NDT (Tabla 3). Algunos ejemplos de GST incluyen la agroecología, la agricultura de conservación con retención de residuos y cultivos de cobertura, sistemas agrícolas mixtos que integran la producción agrícola y ganadera, la agrosilvicultura, la gestión integrada de nutrientes (que involucra la combinación acertada de fuentes orgánicas e inorgánicas de nutrientes vegetales) y la agricultura de precisión (FAO, 2017).

La aplicación de una GST adecuada debería abrir paso a un presupuesto de carbono positivo para el suelo/ecosistema, de forma que la entrada de biomasa C (es decir, retención de residuos, compost, biochar) supere las pérdidas del COS (por erosión, descomposición y lixiviación). En tierras áridas (con un índice de aridez o P/ET de $< 0,65$) (UNEP, 1991), la tasa de aislamiento de COS puede variar entre $0,1 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Lal, 2002). En estos entornos, la adopción de la GST también podría mejorar las reservas de CIS, como carbonatos secundarios o caliche, y mediante la lixiviación de bicarbonatos en las aguas freáticas (Monger et al., 2015). Los ecosistemas de las tierras áridas tienen mecanismos bióticos y abióticos de aislamiento del CIS, que se pueden mejorar y mantener a través de la adopción de GST, como la agroforestería (Garrity et al., 2006) y la conservación y gestión del agua (Rockstrom et al., 2009).

A pesar de que la adopción de tecnologías de GST a escala de granja pueden llevar a una mejora en la calidad de las tierras, a menudo, una gestión deficiente a nivel de entorno o parteaguas establece un contexto en el que los agricultores están limitados.

Posteriormente a la identificación de aquellas áreas con el potencial de crear COS, se pueden identificar las intervenciones de GST para gestionar el COS. Se deben consultar un gran número de fuentes de información para identificar las opciones de intervención de GST con el mayor potencial para adaptarse a contextos socioecológicos específicos y lograr con éxito la NDT. Las bases de datos como WOCAT, TerrAfrica, el libro de referencia de GST del Banco Mundial y las Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos (DVGSS) proporcionan recomendaciones integrales y ejemplos de prácticas de GST, así como experiencia local y conocimientos tradicionales (Toudert et al., 2018). Elegir la intervención que se prevé que sea más eficaz depende del tipo de problema que aborde y de los enfoques y tecnologías de GST disponibles para el tipo particular de uso de las tierras (Shepherd et al., 2015a). La herramienta GeOC ofrece un método para evaluar el contexto biofísico y socioeconómico para la selección espacial y la ampliación de las opciones de GST (Le et al., 2017).

A la hora de escoger prácticas de GST adecuadas para mejorar o mantener el COS:

- Describa el sitio (agroecosistema, potencial de la tierra, condición de la tierra, contexto socioeconómico);
- Identifique las causas de la degradación de las tierras y las limitaciones de la gestión actual;
- Céntrese en ubicaciones donde el COS sea susceptible de pérdida y haya potencial de mayores ganancias;
- Utilice recursos como WOCAT, identifique prácticas de GST potencialmente adecuadas, teniendo en cuenta tanto las tecnologías como los enfoques para abordar los factores identificados de la degradación de las tierras y las limitaciones, y también evalúe la idoneidad para el contexto socioeconómico; y



- Evalúe opciones alternativas para su potencial para ampliar el COS (utilice herramientas/modelos para la estimación del COS siempre que estén disponibles, y donde se requiera una mayor precisión)

A la hora de decidir implementar cualquier inversión específica en la gestión del COS, es importante recordar que el resultado puede depender en gran medida de la escala de la implementación. Muchas tecnologías de GST se implementan a nivel de agricultores y campo. A pesar de que la adopción de tecnologías de GST a escala de granja pueden llevar a una mejora en la calidad de las tierras, a menudo, una gestión deficiente a nivel de entorno o parteaguas establece un contexto en el que los agricultores están limitados. Se debe tener cuidado al diseñar políticas basadas en ejemplos exitosos independientes, para garantizar que una ampliación no conllevará resultados adversos, por ejemplo, a través de la revegetación en sitios inadecuados que resulte en una menor disponibilidad de aguas de corrientes.

El tipo de tierra y las características de la tierra/suelo se pueden utilizar para identificar áreas prioritarias para la gestión del COS, es decir, i) áreas con bajas precipitaciones o suelos altamente erosionables donde el COS es probablemente más propenso a pérdidas y, por lo tanto, pueden ser objetivo de las intervenciones para evitar o reducir la degradación de las tierras, y ii) suelos con altos niveles de COS o arcilla que, dada su alta capacidad para aumentar o almacenar el COS, es más probable que ofrezcan grandes beneficios a través del comercio de carbono. Estos enfoques se pueden implementar utilizando los conjuntos de datos de COS de referencia de 2015, información sobre el tipo de tierra (potencial de la tierra) utilizada en la planificación de la NDT y datos sobre la cubierta terrestre y la productividad de la tierra.

Una vez que se han identificado las áreas de prioridad general, se pueden utilizar otras fuentes de información sobre el estado de degradación de las tierras y la experiencia local para identificar

Una vez que se identifiquen las opciones de GST, puede respaldar la selección de las intervenciones de GST en el contexto de la necesidad de inversiones para la supervisión del COS o la evaluación comparativa de las consecuencias del COS, con el fin de ampliar la capacidad nacional para gestionar el COS y lograr la NDT.

objetivos «críticos» para la GST, donde «las tierras están en buena condición pero se están deteriorando» (Orr et al., 2017). La herramienta «Trends. Earth» podría ser un buen recurso para este enfoque, diseñada para respaldar la evaluación a nivel nacional de la degradación de las tierras, incluidos los métodos para estimar el COS basado en el conjunto de datos de 250 m de SoilGrids para proporcionar reservas de COS de referencia, y el cambio de la cubierta terrestre para estimar el impacto del uso de las tierras en el cambio de reservas del COS. Una vez identificadas las áreas objetivo, se pueden identificar de manera más efectiva las opciones de intervenciones de GST para gestionar el COS. Se pueden emplear múltiples fuentes de información para identificar las opciones de intervención de GST con más probabilidades de aumentar el COS: datos históricos sobre el uso y la gestión de las tierras, datos de medición de COS, herramientas/modelos para estimar el potencial de cambios en el COS en un sitio específico y contextos socioeconómicos y ecológicos específicos. Las fuentes de información incluyen, por ejemplo, la base de datos de WOCAT sobre GST y otros conjuntos de datos relevantes, así como la experiencia local y los conocimientos tradicionales. Una vez que se identifiquen las opciones de GST, puede respaldar la selección de las intervenciones de GST en el contexto de la necesidad de inversiones para la supervisión del COS o la evaluación comparativa de las consecuencias del COS, con el fin de ampliar la capacidad nacional para gestionar el COS y lograr la NDT.



TABLA 3

Una selección de algunos de los enfoques y tecnologías de GST, así como acciones colectivas que tienen relevancia en los esquemas de NDT (modificado según Toudert et al., 2018). Cada columna constituye una lista independiente, y cada lista consta de actividades con, por lo general, una implementación más individualizada de izquierda a derecha. Varias de las intervenciones se pueden utilizar para cumplir más de un propósito, pero la acción de respuesta de la NDT principal se refleja en la codificación de colores. El índice de supervisión primario y la influencia relativa en el COS (si se ha evaluado) se enumeran para cada enfoque, acción o práctica, este último basado en una evaluación cualitativa derivada de la revisión de la literatura y el criterio de los expertos, donde 1 indica un bajo o nulo impacto, 2 indica un impacto medio y 3 indica un alto impacto (de Sanz et al., 2017). Los planes de evasión no deberían conllevar un cambio en el COS y, por lo tanto, no se tuvieron en cuenta para la influencia del COS.

Enfoques		
<i>Regímenes y políticas de uso del suelo</i>		
Nombre	Índice de supervisión primario	Influencia del COS
Control de conversión de las tierras	LCC (DR)	-
Declaración de zonas de protección nacional	LCC (DR)	-
Titulación de tierras	NPP (RS/estad. ag)	-
Reforma de las tierras	NPP (RS/estad. ag)	-
Planificación de infraestructuras	LCC (DR)	-
Pago por régimen de servicios de ecosistemas	LCC (DR)	-
Apoyo a la planificación de cuencas	LCC (DR)	2
Acuerdos de pastoreo	PPN (DR/estad. de prod.)	2
Programas de conservación de suelos y agua	COS (supervisión/estad. de prod.)	2
Retirada/reasentamiento	LCC (DR)	no evaluado
Fomento de fertilizantes	COS (supervisión/estad. de prod.)	2
Regulación de la quema de biomasa	COS (supervisión/estad. de prod.)	2
Servicios de ampliación	COS (supervisión/estad. de prod.)	no evaluado
Tributación/subsidios	PPN (DR/estad. de prod.)	no evaluado
Sistemas de combustibles alternativos	LCC (DR)	1

Clave del índice de supervisión primario:

LCC (DT): cambio en la cubierta terrestre utilizando la detección remota

PPN (DT/estad. de prod.): productividad primaria neta, utilizando la detección remota y estadísticas de producción

COS (supervisión/estad. de prod.): carbono orgánico del suelo, supervisión y estadísticas de producción



Acción conjunta						Tecnologías		
Medidas estructurales			Medidas vegetativas			Medidas agronómicas		
Nombre	Índice de supervisión primario	Influencia del COS	Nombre	Índice de supervisión primario	Influencia del COS	Nombre	Índice de supervisión primario	Influencia del COS
Planificación de uso de las tierras comunitarias	LCC (DR)	-	Corredores de vegetación	LCC (DR)	-	Barbecho rotativo o completo	NPP (RS/estad. ag)	-
Gestión de la escorrentía	LCC (DR)	-	Estabilización de dunas de arena	LCC (DR)	-	Cubierta de franjas vegetativas	NPP (RS/estad. ag)	-
Control de inundaciones	PPN (DR/estad. de prod.)	2	Regeneración natural	LCC (DR)	2 – 3	Labranza/plantación en contorno	NPP (RS/estad. ag)	-
Cultivo en terrazas	PPN (DR/estad. de prod.)	2	Reforestación	LCC (DR)	3	Agroforestería	COS (supervisión/ estad. de prod.)	3
Sistema de drenaje	PPN (DR/estad. de prod.)	1	Forestación	PPN (RS)	3	Cercados vivos	COS (supervisión/ estad. de prod.)	2
Sistemas de riego	PPN (DR/estad. de prod.)	2	Recuperación de humedales	LCC (DR)	no evaluado	Labranza mínima/nula	COS (supervisión/ estad. de prod.)	2
Control de cárcavas	PPN (DR/estad. de prod.)	2	Lotes boscosos/ plantaciones	PPN (DR/estad. de prod.)	1	Rotación de cultivos	COS (supervisión/ estad. de prod.)	2
			Cercados	LCC (DR)	3	Cultivo intercalado	COS (supervisión/ estad. de prod.)	3
			Viveros	PPN (DR/estad. de prod.)	3	Abonos verdes	COS (supervisión/ estad. de prod.)	3
			Reducir las densidades de rebaño	PPN (DR/estad. de prod.)	2	Compostaje/ acolchado	COS (supervisión/ estad. de prod.)	3
						Estercolado	COS (supervisión/ estad. de prod.)	3
						Sistemas de cultivos/ ganado integrados	PPN (DR/estad. de prod.)	2
						Agricultura de conservación	COS (supervisión/ estad. de prod.)	2-3
						Uso de fertilizantes	COS (supervisión/ estad. de prod.)	2

*Influencia en el COS: baja o nula = 1; media = 2, alta = 3, = no considerada

Clave de color para los tipos de acciones de respuesta ■ evitar ■ reducir ■ revertir



2.3.1 Escoger prácticas de GST para la gestión del COS a nivel subnacional y local

Las tecnologías de GST implementadas a nivel de agricultores y campo son medidas agronómicas, vegetativas, estructurales y de gestión que controlan la degradación de las tierras y mejoran la productividad en el campo, mientras que los enfoques de GST son formas y modalidades de apoyo que ayudan a introducir, implementar, adaptar y aplicar tecnologías de GST en el campo (WOCAT, 2007). En la bibliografía se mencionan cientos de tecnologías de GST que se pueden implementar en varios ecosistemas. Además, analiza varios enfoques para crear un entorno propicio, de modo que dichas tecnologías se difundan y acaben por adoptarse en el entorno específico. Elegir las intervenciones que se prevé que serán más eficaces depende del tipo de problema que se abordará, de los enfoques y tecnologías de GST disponibles para ese uso y tipo de tierra específicos y de la experiencia y conocimiento local para respaldar su adopción y difusión. En el informe «Contribución de la GST a la adaptación y mitigación exitosas del cambio climático basado en las tierras» de la Interfaz Ciencia-Política (ICP) encontrará una evaluación cualitativa detallada del potencial para aumentar el COS a través de 100 prácticas de GST distintas aplicadas en la agricultura, la silvicultura, la gestión del pastoreo y las tierras mixtas (Sanz et al., 2017).

La Tabla 3 enumera algunos de los enfoques y tecnologías de GST que los legisladores tienen en cuenta en la planificación de la NDT. Aunque las estrategias de respuesta se aplican a todos los niveles de la intervención, las intervenciones de GST enumeradas más cerca del lado derecho en Tabla 3, son más adecuadas para una implementación en el terreno por parte de los administradores de tierras individuales. Por ejemplo, la planificación del uso de las tierras normalmente no se realiza a nivel individual de agricultores, ni las comunidades deciden sobre los sistemas de cultivo o gestión de

animales en la granja. Es precisamente en esta gama de enfoques y opciones tecnológicas que los legisladores deciden qué punto de partida es más probable que promueva los objetivos nacionales de la NDT y, en el contexto de este informe, que optimice el aumento del COS.

El aumento de las intervenciones a nivel de agricultores que son positivas para el entorno y el público puede ser lento si no hay beneficios privados para el propietario de las tierras o si se tarda mucho en conseguirlos (Stevenson y Vlek, 2018). Los beneficios reales de las tecnologías de GST en términos de aumento del COS a nivel nacional dependerán de la medida de la adopción. A menudo, los administradores de las tierras combinan intervenciones de GST en sus fincas.

La inversión en la supervisión del progreso de la NDT dependerá de la estrategia de NDT implementada (Figura 6). Cada análisis es relevante para un lugar distinto, en función de qué parte de la jerarquía de respuesta (evitar, reducir o revertir la degradación de las tierras) se aplique en la ubicación objetivo. Se puede evitar la degradación de las tierras en tierras naturales y no gestionadas (bosques y pastizales) evitando un LCC negativo ocasionado por transformar las tierras naturales y no gestionadas en tierras administradas. Si no hay cambios en la cubierta terrestre, lo más probable es que los indicadores de NDT permanezcan constantes y se puedan verificar a través de la detección remota (DR) con las correcciones adecuadas del cambio climático, **lo que hace que supervisar el COS (a través de mediciones) sea opcional.** Sin embargo, no siempre es posible evitar la degradación, ya que la conversión de las tierras naturales y no gestionadas sigue siendo un mecanismo para satisfacer las demandas de alimentos y otros productos basados en las tierras. Además, cuando las tierras productivas ya se están utilizando, las comunidades se trasladan a tierras más marginales con suelos vulnerables. Se puede hacer un seguimiento de esta conversión de tierras con



herramientas de detección remota. **También se pretende evitar la degradación de las tierras en tierras cultivadas y mixtas**, incluidos los lotes de bosques, plantaciones y pastizales que no se degradan según las prácticas de gestión actuales. Si se anticipa que estos sistemas serán estables, incluso en el contexto del cambio climático, esto sugiere que se están llevando a cabo prácticas de GST y que, **probablemente, invertir en una supervisión minuciosa del COS (incluidas las mediciones) no resulte necesario ni rentable.**

Reducir la degradación de las tierras cultivadas con la ayuda de las tecnologías de GST es un resultado deseable, pero a menos que uno de los indicadores de NDT mejore significativamente por encima de la base de referencia, no conllevará ninguna ganancia. La extracción de nutrientes es una práctica bastante común en la agricultura (Stoorvogel and Smaling, 1990), y reducir la tasa de agotamiento de nutrientes, por ejemplo, eliminando la quema de paja y devolviendo los residuos a la tierra, puede mitigar el problema. Sin embargo, siempre que los productos se exporten desde la granja, también se exportarán los nutrientes, por lo que la degradación de las tierras seguirá su curso a menos que se reemplacen los nutrientes exportados. Algunos agricultores combinan de manera rentable la restitución de paja con otras tecnologías de GST, como el uso de abonos y fertilizantes verdes para revertir este proceso de degradación de las tierras (McDaniel et al., 2014). En la medida en que estas situaciones se den en unidades comparables de uso de las tierras, las ganancias pueden ir en detrimento de la continua degradación para lograr la NDT, tal y como se describe en Orr et al. (2017). La CNUCLD y WOCAT han documentado numerosas tecnologías eficaces de GST, adaptadas a los sistemas de uso de las tierras en cuestión, ya sea pastizales, tierras de cultivo o sistemas mixtos. Su éxito puede ser específico para la ubicación y el contexto, y la supervisión del **COS es indispensable para verificar la recuperación de los niveles de COS en el suelo.**

Revertir la degradación de las tierras mediante la recuperación y la rehabilitación es una medida integral aplicada en gran medida a las tierras que ya no brinda servicios ecosistémicos y que ha perdido su capacidad productiva con anterioridad a la fecha de referencia de 2015. En función de la causa principal de esta degradación, las medidas pueden incluir la renovación del drenaje con tuberías en esquemas de riego, el cultivo en terrazas, las represas de contorno, los diques de contención, las fosas zaï o la construcción de muros de contención, a menudo combinadas con enmiendas orgánicas, uso de fertilizantes y regeneración de la vegetación, medidas enumeradas en la Tabla 3 como acciones conjuntas. La naturaleza a menudo compleja de tales medidas que implican la redistribución del suelo y cambios en la superficie del suelo (punto cero) dificultan el seguimiento del estado del COS (Nie et al., 2017). Dado que el objetivo principal de tales medidas es restaurar la capacidad productiva de las tierras, **supervisar el LCC o la PPN puede ser suficiente.**

Se debe considerar toda la gama de actividades de GST posibles (Tabla 3) para implementar la NDT. El impacto de las intervenciones de GST en el COS no se puede registrar por igual con las herramientas/modelos para la evaluación del COS. Varía en función de los contextos biofísicos y ecológicos, y se vuelve más difuso y difícil de controlar sobre todo con acciones conjuntas o institucionales a gran escala (por ejemplo, acuerdos de pastoreo o planificación comunitaria del uso de las tierras). La capacidad de prever con antelación los posibles impactos del COS está fuertemente relacionada con la disponibilidad de los datos existentes, debido a la combinación de costes y dificultades logísticas a la hora de recopilar y medir las características del suelo, en particular el COS, así como otros parámetros de ecosistemas relevantes.



1. ¿Es necesario supervisar el COS para evaluar los cambios en el COS con la GST o para la evaluación de la NDT a nivel nacional?

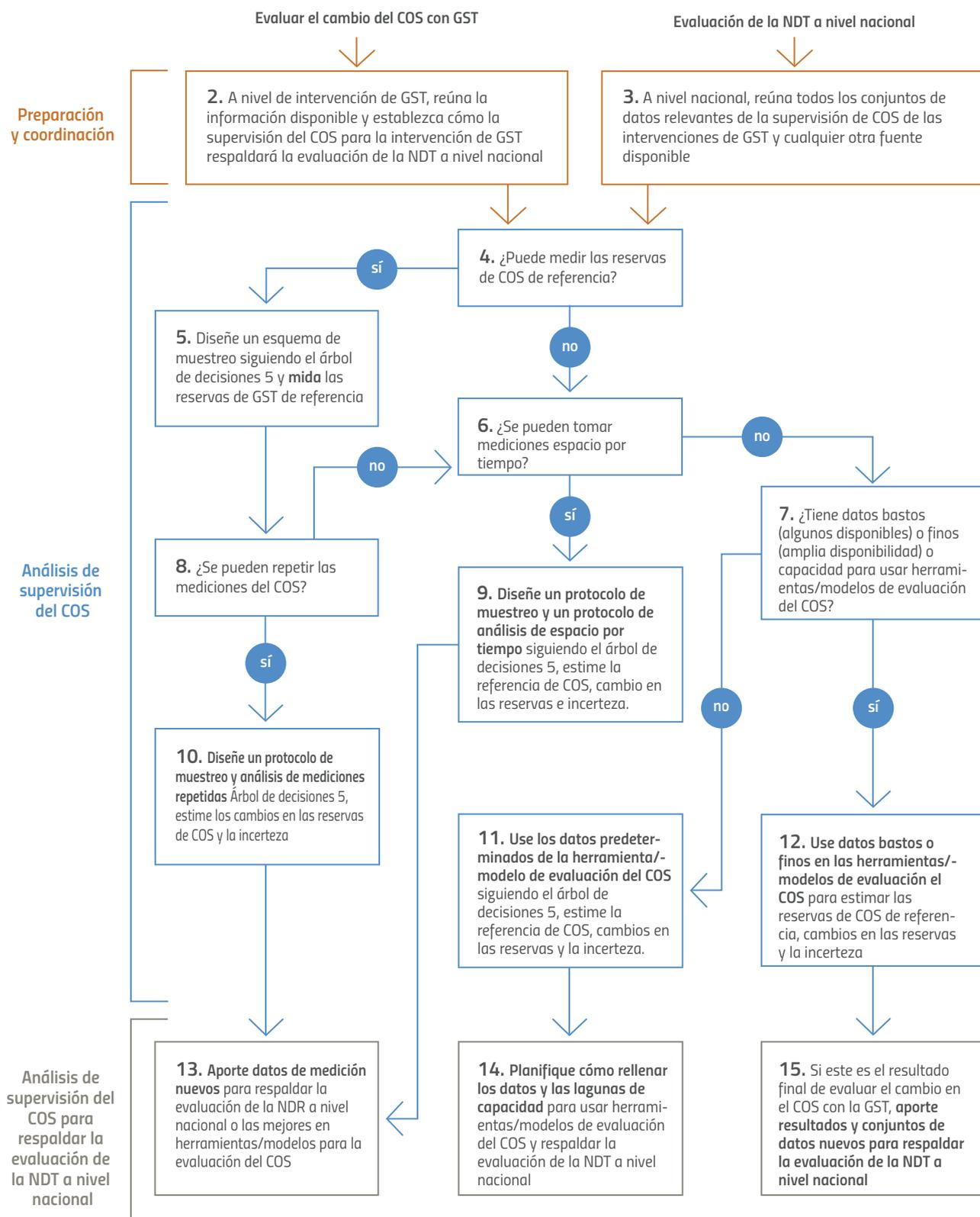


FIGURA 3

Árbol de decisión 2 con orientaciones sobre el uso de la supervisión del COS para evaluar y verificar los efectos de la GST en el COS (utilizando mediciones directas, herramientas/modelos para la evaluación del COS, o cualquier combinación de estas) y aportar estos esfuerzos a una evaluación de la NDT a escala nacional (recuadros 11-13). Este árbol de decisiones se ha concebido para utilizarse repetidamente a través del proceso de la NDT, a medida que se implementan las prácticas de GST. Se puede adaptar para la evaluación final de la NDT a escala nacional, reuniendo en primer lugar todos los conjuntos de datos relevantes de la supervisión del COS de las intervenciones de GST y cualesquiera otros datos de fuentes disponibles antes de proceder a los recuadros 2-10 del árbol de decisiones. Esta figura está adaptada para la NDT de (FAO, 2019).



2.3.2 La dinámica de género de la GST

El Marco Científico Conceptual para la neutralidad en la degradación de las tierras establece que los factores causantes de la degradación de las tierras no son neutrales en cuanto a género, puesto que la desigualdad de género desempeña un papel significativo pero subestimado en los procesos que conducen a la degradación de las tierras.

Los hombres y las mujeres se relacionan con las tierras de manera diferente, y sus perspectivas únicas están motivadas por distintas funciones, responsabilidades, acceso a los recursos y control. Comprender las funciones y responsabilidades de los hombres y mujeres, así como las relaciones de poder en la gestión de las tierras, es un requisito fundamental para lograr resultados efectivos a la hora de luchar contra la degradación de las

Énfasis/beneficios de una NDT con perspectiva de género	Riesgos de ignorar las cuestiones de género en la NDT
Identificar partes interesadas legítimas y recopilar experiencias/competencias/conocimientos relevantes de mujeres y hombres.	Mayor carga laboral para las mujeres; reforzando su estatus como víctimas de la degradación en lugar de líderes de la recuperación.
Comprender y considerar las distintas funciones, derechos y responsabilidades de las mujeres y los hombres como usuarios y administradores de tierras, incluidos sus patrones específicos de acceso y uso de las tierras.	Identificación imprecisa de i) hombres y mujeres interesados en prácticas del uso de las tierras; ii) opciones socialmente justas para intervenciones de neutralidad, y iii) participación en los beneficios que conlleva una mayor marginación de las mujeres en la toma de decisiones.
Identificación clara de los factores causantes de la degradación, precisión garantizada de la información y posibles sinergias/coordinación para abordar los desafíos.	Obstáculos en la sostenibilidad del proyecto y la efectividad a largo plazo, por ejemplo, debido a mantener la desigualdad existente en la seguridad de la tenencia.
Planificación, implementación y supervisión conjuntas de las opciones y resultados de la NDT, garantizando una conservación/recuperación sostenible de las tierras y una distribución equitativa de los beneficios, por ejemplo, en línea con un enfoque de desarrollo basado en los derechos humanos.	Sistemas de planificación discriminatorios y riesgo de distribuir costes/beneficios de forma injusta, lo que refuerza las fracturas sociales.

TABLA 4

Beneficios de una NDT con perspectiva de género y riesgos de no integrarla (Okpara et al., 2019).

Criterios	Ejemplo de preguntas de evaluación para los criterios
Participación igualitaria de mujeres y hombres y gobernanza con perspectiva de género	¿El proceso de toma de decisiones para el desarrollo de la herramienta de las tierras y su uso es transparente e inclusivo tanto para mujeres como para hombres?
Desarrollo de competencias, organización y empoderamiento de mujeres y hombres para utilizar, acceder y aprovechar la herramienta	¿La información es clara y permite tanto a las mujeres como a los hombres utilizar la herramienta y conocer sus derechos en relación ellas?
Consideraciones jurídicas e institucionales en relación con el acceso de las mujeres y los hombres a las tierras	¿Proporciona la herramienta una solución de disputas con perspectiva de género?
Consideraciones sociales y culturales en relación con el acceso de las mujeres y los hombres a las tierras	¿La herramienta tiene en cuenta las leyes y prácticas legales y consuetudinarias que afectan los derechos sobre las tierras de las mujeres?
Consideraciones económicas en relación con el acceso de las mujeres y los hombres a las tierras	¿La herramienta promueve oportunidades económicas tanto para las mujeres como para los hombres?
Escala, coordinación y sostenibilidad para llegar a más mujeres y hombres	¿La herramienta se puede implementar sistemáticamente (en lugar de ad hoc)?

TABLA 5

Ejemplos de criterios de evaluación de género (de UN-HABITAT, IIRR, GLTN., 2012).



Comprender las funciones y responsabilidades de los hombres y mujeres, así como las relaciones de poder en la gestión de las tierras, es un requisito fundamental para lograr resultados efectivos a la hora de luchar contra la degradación de las tierras e implementar iniciativas de GST/NDT.

tierras e implementar iniciativas de GST/NDT. Por lo tanto, incorporar la perspectiva de género en las actividades relacionadas con las tierras, específicamente en actividades de NDT o GST, ofrece grandes oportunidades para aprovechar las sinergias entre los compromisos de la NDT y los compromisos globales para el desarrollo sostenible, como el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 5 (Okpara et al., 2019). Una participación igualitaria en las iniciativas de NDT/GST en términos de toma de decisiones e influencia, y la distribución de los costes y beneficios (laborales), mejora las perspectivas de desarrollo humano y socioeconómico y los resultados ambientales.

Las labores para incorporar el género según lo propuesto por el Plan de Acción en materia de Género (PAG) de la CNUCLD, así como las recomendaciones de la CMNUCC, el CDB, la ONU Mujeres, la IUCN y la CETFDCM (entre otros), transmiten la importancia de la igualdad de género y de las acciones inclusivas de género. La reciente conferencia de la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), celebrada en marzo de 2019, propuso numerosas recomendaciones que promueven la igualdad de género y los derechos humanos, así como el empoderamiento de las mujeres y niñas en la gobernanza ambiental (UNEA, 2019). Estas

publicaciones, entre muchas otras, ponen de relieve que las mujeres forman una parte importante del desarrollo agrícola (UNCCD, 2017b), con conocimientos y habilidades tradicionales en la agricultura estrechamente vinculados al mantenimiento y la mejora de la productividad de las tierras (CNUCLD - Perspectiva global de las tierras: Neutralidad en la Degradación de las Tierras sensible al género, 2017). Estas funciones esenciales de las mujeres deben comprenderse y abordarse para permitir, por un lado, que las comunidades apoyen a las mujeres como agricultoras y líderes y, por otro lado, garantizar que los hombres y las mujeres se beneficien por igual, y se deje de perpetuar la desigualdad.

En referencia a los principios relacionados con el logro de la neutralidad presentados en el marco conceptual científico de la NDT, la planificación de la NDT debe centrarse en comprender las funciones y oportunidades generales de las mujeres y los hombres en la NDT. Garantizar la igualdad social, en concreto la igualdad de género, es fundamental para lograr la NDT (Orr et al., 2017). Es importante facilitar un acceso más equitativo a los recursos naturales y propiciar que las mujeres se conviertan en usuarias y administradoras de los recursos naturales. A pesar de las posibles sinergias entre la GST y la igualdad de género, las iniciativas de GST de mejora de salud de las tierras rara vez abordan las complejas desigualdades de género (Broeckhoven y Cliquet, 2015; Collantes et al., 2018; Samandari, 2017). Para abordar esto, el Plan de Acción en materia de Género de la CNUCLD ofrece un marco acordado para la participación plena y efectiva tanto de los hombres como de las mujeres en la planificación, la toma de decisiones y la implementación a todos los niveles, para empoderar a las mujeres, niñas y jóvenes en las zonas afectadas. Además, publicaciones recientes de Collantes et al., 2018 también Okpara et al., 2019, identifican puntos de partida para la integración del género en las acciones de GST. Asimismo, Okpara et al. (2019) presentaron los beneficios que conlleva una NDT con



perspectiva de género como resultado de integrar las cuestiones de género, y los riesgos de no hacerlo, lo que favorece la inclusión de género (Tabla 4). Asimismo, Okpara et al. (2019) presentaron los beneficios que conlleva una NDT con perspectiva de género como resultado de integrar las cuestiones de género, y los riesgos de no hacerlo, lo que favorece la inclusión de género (Tabla 4).

Las acciones con perspectiva de género se pueden incorporar a las actividades del proyecto, abordando de ese modo las diferencias de género de forma proactiva y promoviendo la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres. Encontrará orientación para incorporar y promover la igualdad de género a nivel de proyecto en la publicación del FMAM de 2018 (GEF, 2018); así como en la publicación «Incorporar el género en los proyectos del Fondo Verde del Clima» del Fondo Verde del Clima y la publicación de ONU Mujeres (UN Women, 2017). Las acciones con perspectiva de género no solo contribuyen a un acceso igualitario y a una toma de decisiones conjunta, sino que también mejoran la capacidad de las mujeres para invertir en recursos naturales (Okpara et al., 2019). En línea con las recomendaciones mencionadas anteriormente, en la COP14 de Nueva Delhi, India, se presentará una publicación desarrollada por la ONU Mujeres, la IUCN y el Mecanismo Mundial (MM) de la CNULD titulada «Manual para respaldar la integración de la igualdad de género en el desarrollo de proyectos para la NDT». Este manual proporciona una guía detallada para que las partes integren las cuestiones de género y promuevan la igualdad de género en el diseño de proyectos transformadores de la NDT.

Para seguir avanzando en materia de igualdad de género en la NDT, Collantes et al. (2018) formularon dos recomendaciones principales:

1. Mejorar la comprensión y avanzar en los planes y programas de NDT con perspectiva de género

Las acciones con perspectiva de género se pueden incorporar a las actividades del proyecto, abordando de ese modo las diferencias de género de forma proactiva y promoviendo la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres.

- Garantizar la representación de las mujeres en creación de políticas y estrategias financieras para la GST y la desertificación, degradación de las tierras y sequía (DDTS), incluidas mujeres de los países afectados.
- Conseguir financiación para los programas de NDT y otras iniciativas relacionadas de la CNULD condicionada a la integración de una perspectiva de género en la implementación, y garantizar resultados que promuevan la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres y niñas.
- Desarrollar guías prácticas específicas y herramientas para diseñar, implementar, supervisar y evaluar las intervenciones de NDT con perspectiva de género.
- Equipar a los hombres y mujeres delegados de la CCD con conocimientos técnicos sobre perspectivas de género y GST, NDT y DDTS, así como con las competencias y la capacidad para participar con eficacia en las reuniones de la Convención.
- Supervisar las inversiones a gran escala basadas en las tierras para garantizar consultas y consentimientos socialmente responsables y con perspectiva de género por parte de los pueblos y comunidades indígenas.



- Llevar a cabo evaluaciones periódicas de cómo se abordan la desigualdad de género y sus impactos en los planes de implementación de la NDT y la DDTS.
2. Incluir cuestiones de género en el diseño de las evaluaciones preliminares de NDT
- Garantizar consultas y consentimientos socialmente responsables y con perspectiva de género por parte de los pueblos y comunidades indígenas con respecto a las inversiones a gran escala basadas en las tierras que les afectan.
 - Promover una participación y liderazgo igualitario y significativo de las mujeres en la gobernanza de las tierras y los recursos naturales, la toma de decisiones y los mecanismos de resolución de conflictos que abordan las disputas por las tierras y los recursos naturales a través de mandatos gubernamentales o de otra manera.
 - Exigir consultas con mujeres rurales e indígenas, organizaciones de mujeres y otros grupos interesados de la sociedad civil, así como con académicas, investigadoras y profesionales en el diseño de GST, rehabilitación y recuperación de las tierras y programas y proyectos de gestión del agua.
 - Reforzar y financiar planes de medios de vida rurales para enseñar e incentivar la gestión sostenible del uso de las tierras, la conservación del suelo, la recolección de agua a prueba de sequías y otras medidas ecológicas que, al mismo tiempo, buscan empoderar a las mujeres.
 - Implementar recopilaciones de datos desglosados por sexo y con perspectiva de género, y supervisar los efectos de las políticas de incorporación de género en todos los géneros para identificar fallos en los programas y políticas con el fin de subsanarlos.
 - Mantener la sensibilización y el desarrollo de competencias para el personal del ministerio de enlaces de la CNULD y todos aquellos que participan en la implementación de políticas de conservación y recuperación de las tierras a nivel local y nacional para una NDT con perspectiva de género y la implementación con perspectiva de género de la Convención, incluido el Plan de Acción en materia de Género de la CNULD de 2017.
 - Mantener el alcance y el desarrollo de competencias para mejorar el conocimiento legal de las mujeres y las comunidades sobre los derechos de las tierras, y garantizar que las mujeres rurales e indígenas cuenten con las competencias y las nuevas tecnologías necesarias para conservar y administrar sus tierras y los recursos relacionados.
 - Financiar y realizar estudios cuantitativos a gran escala, longitudinales, comparativos o globales para crear una base de evidencia sobre las intervenciones con perspectiva de género para la NDT y su impacto y resultados a la hora de fomentar la igualdad de género, el empoderamiento de las mujeres y la resiliencia de la comunidad.
- Estas recomendaciones podrían ser un punto de partida para seguir desarrollando los indicadores de responsabilidad para abarcar la igualdad de género en la gobernanza ambiental y, específicamente, en las acciones de NDT. Como ejemplo, la Red Global de Herramientas del Suelo de la ONU-HABITAT (GLTN), IIRR, 2012, ha desarrollado criterios para evaluar las herramientas de género utilizadas para verificar si las intervenciones de GST para lograr la NDT incorporan cuestiones de género (Tabla 5).



2.3.3 Selección de prácticas de gestión sostenible de las tierras para favorecer el carbono orgánico del suelo: (i) sin invertir en una evaluación comparativa

Es posible que no sea necesario invertir en una evaluación comparativa de los efectos en el COS a la hora de seleccionar intervenciones de GST para favorecer el COS si existe la suficiente evidencia de efectos positivos en el COS y cuantificar las ganancias de COS no es una prioridad en dicha región de interés. Sin embargo, en este escenario, se recomienda invertir en la supervisión del COS para evaluar y verificar los posibles efectos positivos en el COS. La Figura 3 presenta el árbol de decisiones 2 para orientar el establecimiento de la supervisión del COS y la inversión en esquemas de medición (utilizando la Figura 7) que contribuyan de manera más efectiva a la evaluación de la NDT a escala nacional.

Sanz et al. (2017) llevaron a cabo una evaluación cualitativa del potencial de prácticas específicas de GST para aumentar o mantener el COS. Aunque en la Tabla 3 ya se presentaron prácticas específicas y su influencia en el COS, en la Tabla 6 están ahora agrupadas por categoría de uso de las tierras para ilustrar aún más su posible contribución a la NDT.

Además, en 2012, el Banco Mundial publicó un metaanálisis con más de 1000 estimaciones de aislamiento del COS y una serie de tecnologías de GST (World Bank, 2012). Casi todas las intervenciones lograron una acumulación de COS de entre $0,2^{-2}$ MgC ha⁻¹ año⁻¹. Más recientemente, se han completado algunos metaanálisis que evalúan el cambio del COS con las acciones y actividades de NDT, aunque su alcance es limitado debido al alto grado de incertidumbre y los datos limitados. En la Tabla 7 se proporciona un resumen de los hallazgos más destacados de estas fuentes.

La revisión de los datos publicados sobre los efectos de las intervenciones en el COS (Börner et

al., 2016) muestran mejores claras en la cubierta forestal como resultado de la protección, la aplicación, la divulgación y el pago de servicios de ecosistemas y certificación, siendo estas dos últimas las medidas más efectivas. En el área de la acción conjunta, ningún estudio ha vinculado las medidas estructurales con el incremento del COS, pero varios metaanálisis abordan una amplia gama de medidas para la regeneración de la vegetación. Por lo general, un cambio de bosques a pastizales y tierras de cultivo será a expensas del COS, mientras que la recuperación de los bosques ofrece beneficios para el COS. La conversión de pastizales a tierras de cultivo conlleva una pérdida de las reservas de COS, mientras que el cambio de tierras de cultivo a pastizales o barbecho incrementa el COS. En general, estos metaestudios confirman que, al menos en condiciones experimentales, las tecnologías a nivel de finca citadas tienden a favorecer la acumulación de COS, pero los beneficios reales están vinculados estrechamente con el contexto.

Los profesionales en NDT pueden invertir en una evaluación comparativa del COS basada en el nivel más bajo de certeza necesario para obtener resultados útiles con el fin de tomar decisiones relativas a la GST.



Categoría de uso de las tierras y grupos de tecnologías de GST	Grado de influencia sobre el COS de bajo (1) a alto (3)	Ejemplos de prácticas de GST	Posibles efectos en la NDT
Tierras de cultivo			
Gestión de la vegetación	2.4	Agricultura de conservación (labranza y perturbación del suelo mínimas; cubierta permanente del suelo con residuos de cultivos y mantillos vivos; rotación de cultivos y cultivos intercalados)	Control de la erosión, conservación del agua, aislamiento del COS, reposición de la fertilidad del suelo
Gestión integrada de la fertilidad del suelo	2.3		
Perturbación mínima del suelo	2.3		
Gestión integrada de plagas	2.2		
Control de la erosión del suelo	2		
Gestión del agua	1.6	Setos de contorno	
Tierras de pastoreo			
Gestión integrada de la fertilidad del suelo	2.5	Gestión de nutrientes	Control de la erosión, aislamiento del COS, ciclos de nutrientes, recuperación de tierras de pastoreo degradadas
Gestión de la vegetación	2.3	Setos de contorno	
Gestión de la presión de pastoreo	2.2		
Gestión de residuos animales	2		
Bosques y zonas boscosas			
Restauración de bosques	3	Regeneración asistida	Control de la erosión, aislamiento del COS, ciclos de nutrientes
Forestación y reforestación	2.8	Creación de áreas boscosas protegidas	
Reducción de la deforestación	2.5		
Control de incendios, de plagas y de enfermedades	2		
Control de la erosión del suelo	1.8		
Gestión forestal sostenible	1.7		
Drenaje	1		
Tierras mixtas			
Sistemas agroforestales	3	Combinaciones de cultivos de plantación, árboles de usos múltiples en tierras de cultivo y pastoreo	Ciclos de nutrientes, moderación del microclima, protección contra el viento, biodiversidad
Gestión de la vegetación	2.3	Huertos familiares	Fijación biológica de nitrógeno, alta eficiencia de uso, producción sostenible, alta biodiversidad
Gestión de la presión de pastoreo	2.2		Ciclos de nutrientes, producción sostenible, eficiencia de recursos

TABLA 6

Influencia de la GST en el COS: evaluación cualitativa de grupos de tecnologías de GST (Sanz et al., 2017).



Tipo de acción de NDT	Actividad específica	Descripción	Capa de COS	Cambio del COS	Unidad	Ref.
Acción conjunta	Regeneración de la vegetación	de tierras de cultivo	(0-20 cm)	42	%	1
Acción conjunta	Regeneración de la vegetación	de tierras de cultivo	(> 20 cm)	11-19	%	1
Acción conjunta	Regeneración de la vegetación	de tierras no cultivadas	(0-20 cm)	48	%	1
Acción conjunta	Regeneración de la vegetación	de tierras no cultivadas	(> 20 cm)	29-51	%	1
Acción conjunta	Cambio de uso de las tierras (trópicos)	Bosque primario -> pastizales	0-20/50 cm	-12.1	t/ha	2
Acción conjunta	Cambio de uso de las tierras (trópicos)	Bosque primario -> tierras de cultivo	0-20/50 cm	-25.2	t/ha	2
Acción conjunta	Cambio de uso de las tierras (trópicos)	Bosque primario -> perenne	0-20/50 cm	-30.3	t/ha	2
Acción conjunta	Cambio de uso de las tierras (trópicos)	Bosque primario -> bosque secundario	0-20/50 cm	-8.6	t/ha	2
Acción conjunta	Cambio de uso de las tierras (trópicos)	Bosque secundario -> pastizales	0-20/50 cm	-6.4	t/ha	2
Acción conjunta	Cambio de uso de las tierras (trópicos)	Bosque secundario -> tierras de cultivo	0-20/50 cm	-21.3	t/ha	2
Acción conjunta	Cambio de uso de las tierras (trópicos)	Pastizales -> bosque secundario	0-20/50 cm	17.5	t/ha	2
Acción conjunta	Cambio de uso de las tierras (trópicos)	Tierras de cultivo -> bosque secundario	0-20/50 cm	50.3	t/ha	2
Acción conjunta	Cambio de uso de las tierras (trópicos)	Pastizales -> tierras de cultivo	0-20/50 cm	-10.4	t/ha	2
Acción conjunta	Cambio de uso de las tierras (trópicos)	Tierras de cultivo -> pastizales	0-20/50 cm	25.7	t/ha	2
Acción conjunta	Cambio de uso de las tierras (trópicos)	Tierras de cultivo -> barbecho	0-20/50 cm	32.2	t/ha	2
Tecnologías de NDT	Incorporación de fertilizante	Fertilizante	NR	1,2-2,3	g/kg	3
Tecnologías de NDT	Incorporación de fertilizante	Fertilizante + paja	NR	1,9-2,2	g/kg	3
Tecnologías de NDT	Incorporación de fertilizante	Fertilizante + estiércol	NR	3,2-3,8	g/kg	3
Tecnologías de NDT	Agroforestería	Pasto -> AF	(0-30cm)	9	%	4
Tecnologías de NDT	Agroforestería	Agricultura -> AF	(0-30cm)	40	%	4
Tecnologías de NDT	Agroforestería	Pasto -> AF	(0-60cm)	10	%	4
Tecnologías de NDT	Agroforestería	Agricultura -> AF	(0-60cm)	10	%	4
Tecnologías de NDT	Agroforestería	Pasto -> AF	(0-100cm)	0	%	4
Tecnologías de NDT	Agroforestería	Agricultura -> AF	(0-100cm)	35	%	4
Tecnologías de NDT		Nativo -> cultivado	(0-60cm)	-22	t/ha	5
Tecnologías de NDT	Labranza	Convencional -> sin labranza	(0-10cm)	3.2	t/ha	5
Tecnologías de NDT	Labranza	Convencional -> sin labranza	(10-20 cm)	0	t/ha	5
Tecnologías de NDT	Labranza	Convencional -> sin labranza	(20-30cm)	-2.4	t/ha	5
Tecnologías de NDT	Labranza	Convencional -> sin labranza	(30-40cm)	-0.9	t/ha	5
Tecnologías de NDT	Labranza	Convencional -> sin labranza	(< 40 cm)	0	t/ha	5
Tecnologías de NDT	Labranza	Convencional -> sin labranza	NR	4.61	g/kg	6
Tecnologías de NDT	Labranza	Convencional -> labranza mín.	NR	3.85	g/kg	6
Tecnologías de NDT	Estiércol	Solo	(0-30 cm)	9.4	t/ha	7
Tecnologías de NDT	Estiércol	con fertilizante	(0-30 cm)	5.6	t/ha	7
Tecnologías de NDT	Rotación de cultivos	Monocultivo -> rotación	NR	3.60	%	8

TABLA 7

Los efectos de las acciones conjuntas y las tecnologías de GST en el COS derivados del metaanálisis y expresados en las unidades presentadas. Los valores positivos en el cambio del COS indican un aumento del COS, y los valores negativos indican pérdidas. 1 (Gong et al., 2017); 2 (Don et al., 2011); 3 (Han et al., 2016); 4 (De Stefano and Jacobson, 2018); 5 (Luo et al., 2010); 6 (Haddaway et al., 2017); 7 (Maillard and Angers, 2014); 8.

Nota: NR = no reportado; AF = agroforestería



La Figura 3 presenta el árbol de decisiones 2 para orientar el establecimiento de la supervisión del COS y la inversión en esquemas de medición (utilizando la Figura 7) que contribuyan de manera más efectiva a la evaluación de la NDT a escala nacional.

2.3.4 Selección de prácticas de gestión sostenible de las tierras para favorecer el carbono orgánico del suelo: (ii) invirtiendo en una evaluación comparativa

El uso de herramientas/modelos de evaluación del COS para comparar los posibles efectos de la GST en el COS tiende a requerir más tiempo y recursos a medida que aumenta la necesidad de certeza. Por lo tanto, por razones prácticas, es probable que los profesionales en NDT inviertan en una evaluación comparativa del COS basada en el nivel más bajo de certeza necesario para obtener resultados útiles con el fin de tomar decisiones relativas a la GST (se ofrece orientación en el árbol de decisiones 3, Fig. 4). La evaluación comparativa del COS con el fin de orientar los debates, por ejemplo, puede valerse de herramientas de software simples para evaluar el COS y conjuntos de datos predeterminados con bajos niveles de certeza. Sin embargo, las evaluaciones comparativas de COS para coordinarse con la gestión del COS para el comercio de carbono pueden requerir identificar y llenar lagunas de datos para alcanzar los altos niveles de certeza necesarios para algunas opciones de GST que optimizan los rendimientos económicos (Figura 4).

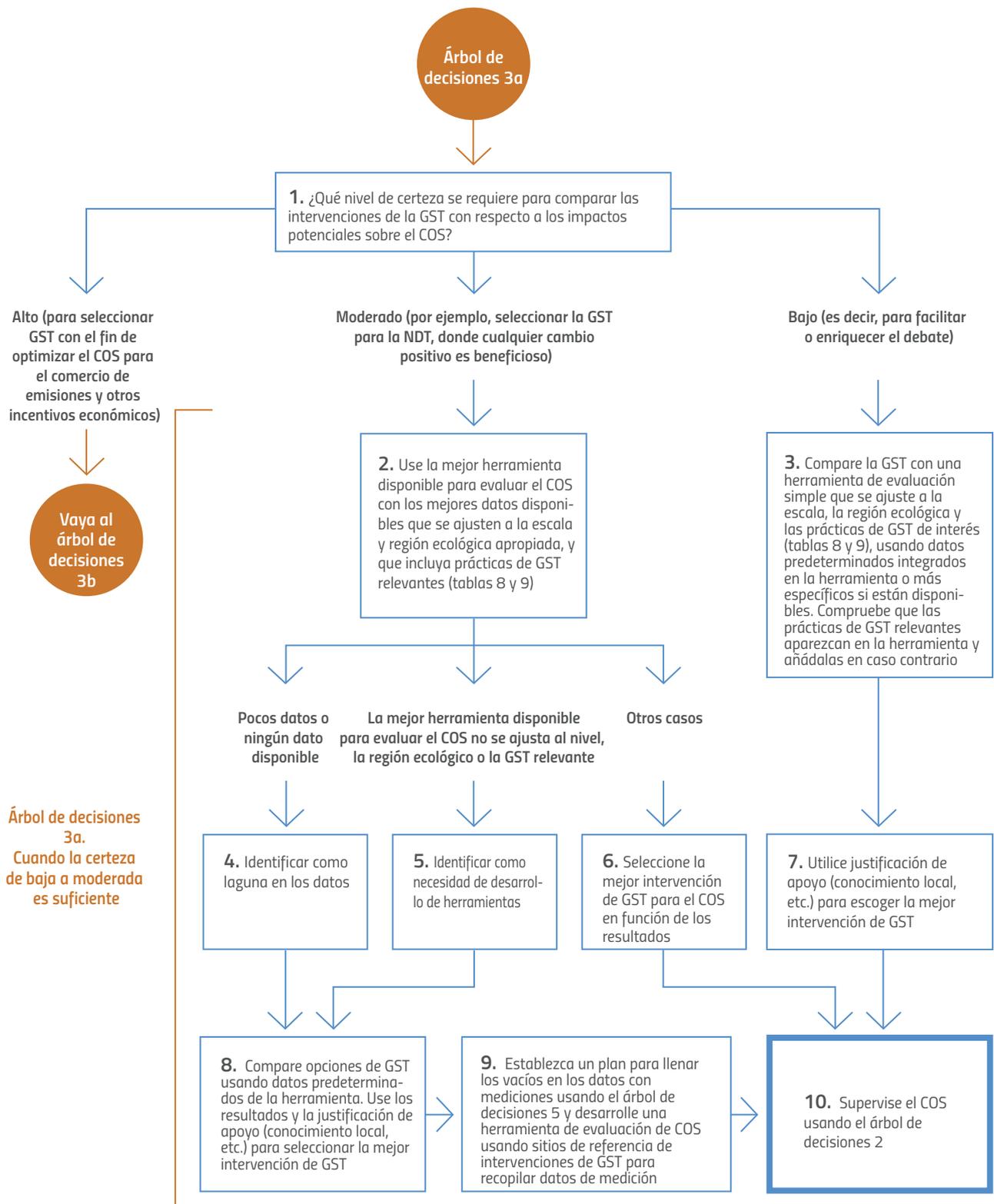


FIGURA 4

Los árboles de decisión 3a) y 3b) respaldan el uso de herramientas/modelos para la evaluación del COS y de datos de medición para evaluar comparativamente los efectos en el COS de posibles prácticas de GST, basados en niveles de certeza de bajos a moderados (árbol de decisiones 3a) y altos (árbol de decisiones 3b).

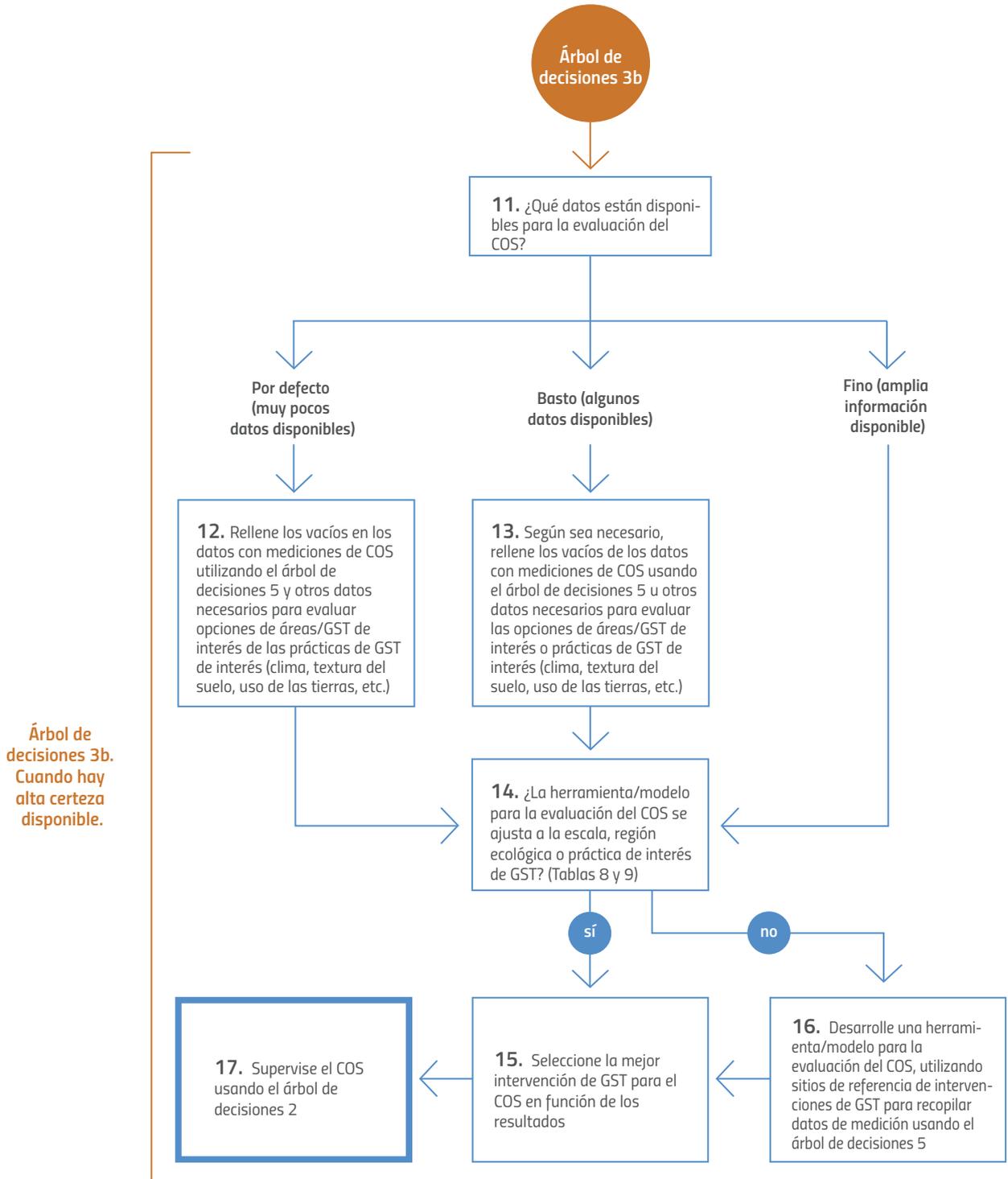


FIGURE 4



Respaldar el uso de herramientas/
modelos para evaluar
comparativamente los efectos
del carbono orgánico del suelo en
las posibles prácticas de gestión
sostenible de las tierras







Estimar y supervisar las reservas de carbono orgánico del suelo

3.1.	Introducción	60
3.2.	Revisión de herramientas para la estimación y la supervisión del carbono orgánico del suelo	62
3.3.	La supervisión del COS como prioridad	66
3.4.	Selección de herramientas para la estimación y supervisión de las reservas de carbono orgánico del suelo	66



Priorización de herramientas y métodos para supervisar, estimar y evaluar el carbono orgánico del suelo, y evaluar el logro de la neutralidad en la degradación de las tierras.

3.1 Introducción

La estimación y evaluación precisas del cambio del COS como consecuencia de las intervenciones de GST a menudo están limitadas por la existencia y disponibilidad de datos normalizados/unificados y el rendimiento de las herramientas/modelos para la evaluación del COS. Por lo tanto, puede resultar necesario invertir en su mejora con el fin de ampliar los análisis para respaldar la NDT. Además, el COS de los suelos puede variar mucho a nivel de territorio, incluso en metros. Realizar un seguimiento de la dinámica del COS (es decir, supervisar el COS) y mapear de forma efectiva los cambios en el COS a gran escala requiere la combinación de esquemas de muestreo del suelo precisos, métodos normalizados de muestreo del suelo y datos de alta calidad para utilizarlos con las herramientas/modelos para la evaluación del COS. Por lo tanto, verificar el logro de la NDT a escala nacional en términos de COS requerirá una inversión específica en la supervisión del COS, combinando el uso de herramientas/modelos para la evaluación del COS.

La supervisión de los cambios en el COS mediante mediciones es factible pero no siempre es la mejor opción dados los recursos limitados y los costes generalmente altos de los programas de medición. La FAO publicó unas directrices para la creación de marcos de muestreo de suelos que abordan los numerosos desafíos de la variabilidad del suelo (FAO, 2019; Mäkipää et al., 2012), el muestreo estratificado, diferencias mínimas detectables y la



frecuencia de remuestreo que dichos esquemas deben tener en cuenta. Si bien es posible que los países desarrollados ya cuenten con varios esquemas de muestreo, para una economía en desarrollo, un compromiso a largo plazo con tal esquema puede ser desalentador. Las iniciativas más recientes para cuantificar el COS utilizando modelos de detección remota basados en MODIS parecen prometedores para el mapeo de las reservas de COS, pero hasta ahora carecen de la precisión necesaria para hacer un seguimiento de las dinámicas del COS (Vågen et al., 2016). **Las cantidades de COS varían tanto en el espacio y en el tiempo que a menudo no es práctico medir el grado de precisión y resolución necesarios para supervisar y evaluar la NDT. Por lo tanto, además de las mediciones directas, se necesitan otros enfoques que combinen conjuntos de datos del suelo de calidad con enfoques de modelización sonora y tecnologías modernas de escalado basadas en la detección remota (Winslow et al., 2011).**

El seguimiento del COS, tanto con una implementación ex-ante o ex-post de la GST, se puede realizar a través de herramientas/modelos para la evaluación del COS. Sin embargo, la precisión de dichas evaluaciones y el nivel al que se pueden aplicar dependen de los conjuntos de datos del suelo disponibles para calibrar las herramientas y modelos de evaluación del COS a las condiciones locales. A pesar de que las evaluaciones del COS a gran escala (nacional) son útiles para establecer prioridades y objetivos de la NDT a nivel nacional, tal y como Milne et al. (2007) demuestran, este no es el nivel al que la NDT se puede poner en práctica a través de la GST (local, subnacional). **Por lo tanto, a efectos de la NDT, la generación de conjuntos de datos de medición de COS se debe considerar en combinación con el uso (y la mejora constante) de herramientas/modelos para la evaluación del COS, tanto a escala de actividades de NDT (a nivel de proyecto y subnacional) como a escala de supervisión del logro de la NDT (a nivel nacional).**

Teniendo en cuenta los problemas generalizados que ocasiona la escasez de datos de COS, es crucial invertir en la supervisión del COS (Shepherd et al.,

2015b). Los sistemas de tierras son intrínsecamente espaciales, y muchos problemas de degradación de las tierras se deben a la falta de correspondencia entre el uso que se da a las tierras y sus atributos. Por lo tanto, cualquier mejora que no se pueda ampliar de manera efectiva, al menos hasta el nivel de otras actividades de degradación similares, o que no se pueda verificar eficazmente a nivel nacional, tendrá un valor práctico escaso para la NDT, incluso si tiene muy buenos resultados en escalas más pequeñas. Las iniciativas de estimación y supervisión del COS deben basarse en evaluaciones de referencia de degradación de las tierras contundentes y respaldadas por datos. Estimar y supervisar el COS es un desafío mucho mayor que hacerlo con la PPN o el LCC, debido a la mayor limitación en la disponibilidad de datos y a las mayores demandas analíticas para hacer un seguimiento de los cambios en el pasado o los posibles cambios en el futuro. Muchos países carecen de datos suficientes sobre el COS a nivel nacional, lo que supone una dificultad adicional para la implementación de la NDT (Solomon et al., 2018).

Aunque existen datos globales del COS (por ejemplo, SoilGrids, analizado en la sección 3.4), estos datos resultan a veces inciertos y a menudo no reflejan el estado actual del COS en el suelo. Sin embargo, dado que el COS no siempre supervisa la PPN y el LCC (Oldfield et al., 2019), es importante identificar dónde y a qué nivel es vital la supervisión del COS para hacer un seguimiento eficaz y ampliar de manera efectiva las evaluaciones de los cambios en el COS. Los países pueden estimar el COS utilizando las herramientas/modelos que se ofrecen para las circunstancias específicas de cada país (región), con datos del COS limitados a nivel nacional, y dar prioridad a las áreas degradadas con potencial de aumentar el COS si se aplica la GST. Invertir en el seguimiento de los cambios en el COS es de máxima prioridad cuando el COS sea el principal indicio de una degradación de las tierras y del logro de la NDT a través de la GST, cuando hacer un seguimiento del COS sea de vital importancia (por ejemplo, acreditación de carbono) y, finalmente, cuando sea menos probable que el COS se mueva al unísono con la PPN y el LCC a través de la GST.



3.2 Revisión de herramientas para la estimación y la supervisión del carbono orgánico del suelo

Las herramientas/modelos para las evaluaciones del COS combinan el uso de datos de medición con enfoques analíticos para estimar la dinámica del COS y se utilizan para dos motivos principales: 1) «rellenar los huecos» de los sistemas de medición de COS mediante la interpolación y la extrapola-

La evaluación del COS para la adaptación o mitigación basadas en las tierras del cambio climático ha impulsado el desarrollo de herramientas/modelos para la evaluación del COS vinculado a iniciativas globales, nacionales y subnacionales, incluidos los inventarios nacionales de GEI (p. ej., Ogle et al., 2013) y la acreditación de carbono (p. ej., Climate Action Reserve, 2017).

ción, y 2) orientar la toma de decisiones para la implementación de la GST mediante la predicción de cambios en el COS en función de posibles escenarios de GST. La evaluación del COS para la adaptación o mitigación basadas en las tierras del cambio climático ha impulsado el desarrollo de herramientas/modelos para la evaluación del COS vinculado a iniciativas globales, nacionales y subnacionales, incluidos los inventarios nacionales de GEI (p. ej., Ogle et al., 2013) y la acreditación de carbono (p. ej., Climate Action Reserve, 2017). Sin embargo, el uso de estas herramientas/modelos de evaluación del COS para la NDT debe tener en cuenta varios factores específicos de la NDT, entre ellos:

1. la naturaleza de cómo se define la NDT (es decir, incluir todos los procesos de degradación impulsados por la naturaleza (Cowie et al.,

2018) en relación con los actuales conocimientos científicos de vínculos entre los procesos de degradación de las tierras y la dinámica del COS;

2. los tipos de tierra espacialmente explícitos utilizados para cumplir con los criterios «like-for-like» de la NDT, y;
3. la necesidad de estimar las reservas de COS, así como los posibles cambios futuros en las reservas de COS, con el fin de seleccionar e implementar proyectos de NDT.

La acreditación de carbono, por ejemplo, solo está certificada para prácticas bien conocidas y, cuando están involucrados enfoques analíticos que incluyen la estimación del cambio en el COS, se verifica a fondo el buen rendimiento de dichos enfoques analíticos (p. ej., Alberta Environment and Water, 2012; Climate Action Reserve, 2017). Por este motivo, las actividades agrícolas se omitieron en gran medida de la certificación de crédito de carbono hasta la última década (González-Ramírez et al., 2012). Los inventarios nacionales de GEI son espacialmente explícitos, pero no tienen que abordar cambios en el futuro, ya que están diseñados para hacer un balance de las reservas de emisiones y absorciones históricas y actuales (IPCC, 2006b). De hecho, se reconoce la alta complejidad de las estimaciones espacialmente explícitas del cambio anticipado en el COS a nivel subnacional para propósitos de la NDT dada la falta generalizada de datos (Campbell y Paustian, 2015), y son una consideración crítica en la evaluación del COS a efectos de los compromisos con la NDT.

Los costes y limitaciones prácticas asociados con la supervisión del COS son reconocidos como obstáculos y pueden resultar prohibitivos a la hora de realizar evaluaciones a nivel de entorno. En algunos casos, el coste de demostrar el cambio en las reservas de carbono en los suelos con la precisión necesaria puede exceder los beneficios derivados del aumento de las reservas (IPCC, 2006b). Aunque la espectroscopía infrarroja (Shepherd and Walsh, 2007), una



técnica que puede vincular la absorción de luz con el contenido de carbono, reduce significativamente el coste y la velocidad analíticos de medir el contenido de carbono en el suelo, los costes incurridos en el muestreo y la preparación del suelo siguen siendo el mayor desembolso del coste total de la supervisión (Aynekulu et al., 2011; Milne et al., 2016).

El impacto en el COS no se puede registrar por igual con las herramientas/modelos actuales para la evaluación del COS. Por ejemplo, es difícil hacer un seguimiento de los efectos de acciones conjuntas o institucionales en el COS. Incluso para las tecnologías de GST, la capacidad de prever con antelación los posibles efectos en el COS o supervisar los cambios en el COS una vez implementadas, está fuertemente relacionada con la disponibilidad de los datos, debido a la combinación de costes y dificultades logísticas a la hora de recopilar y medir las características del suelo, en particular el COS, así como otros parámetros de ecosistemas relevantes. Por lo tanto, para evaluar el COS en el contexto de la NDT, es necesario considerar el uso de herramientas/modelos para la evaluación del COS en el marco de su capacidad actual, así como los conjuntos de datos disponibles. Las inversiones focalizadas pueden ser necesarias para mejorar uno o ambos, para mejorar la capacidad de las evaluaciones de COS a gran escala y, en última instancia, para respaldar la evaluación a nivel nacional de los logros de NDT en términos de COS.

Las herramientas de software para evaluar las reservas de COS y los cambios varían: algunas están enfocadas únicamente en el COS, mientras que otras incluyen las reservas de COS y los cambios en el COS como uno o dos parámetros entre muchos. En cualquiera de los extremos de este abanico, estas herramientas a menudo utilizan modelos biofísicos de COS para presentar las complejas interacciones de los procesos que afectan la dinámica del COS. Los modelos biofísicos de COS se pueden usar de forma *indirecta*, a través de los cuales los resultados del modelo son las fuentes de valores en la herramienta (por ejemplo, el porcentaje de pérdida de COS con un cambio de uso de

las tierras de ecosistema nativo a tierras de cultivo en suelos con contenido variable de arcilla). El uso indirecto de los modelos biofísicos de COS de esta manera es habitual, y las herramientas de software especializadas en la evaluación de GEI brindan muchos de estos ejemplos (p. ej., Climate Action Reserve, 2017). Los modelos biofísicos de COS también se pueden usar *directamente*⁵, aunque suele resultar más difícil y mucho menos habitual. La base científica de los modelos biofísicos de COS y su capacidad actual para presentar los procesos de degradación de las tierras son clave para comprender 1) los límites de los modelos biofísicos de COS y, 2) la mejor manera de destinar recursos para mejorar las herramientas/modelos para la evaluación del COS, siempre que sea necesario y factible.

Los modelos biofísicos de COS varían desde los muy simples (por ejemplo, tratando el COS como un único conjunto), tal y como se muestra en la Figura 5, hasta los más complejos (por ejemplo, teniendo en cuenta cadenas alimentarias o múltiples conjuntos de COS) (Stockmann et al., 2013). Todavía no existe ningún modelo que satisfaga todas las necesidades. En su lugar, se utilizan diferentes enfoques de modelado a diferentes niveles y situaciones (por ejemplo, para simulaciones de cambio climático a escala o simulación de prácticas de gestión a escala de granja (Campbell y Paustian, 2015). Un enfoque común utilizado en modelos como CENTURY y RothC define los grupos de COS por sus tasas de deterioro (rápida = anual o menos, lenta = de años a décadas, pasiva = de décadas a siglos). Sin embargo, se considera que los modelos que mejor reflejan los mecanismos explícitos que gobiernan la accesibilidad del COS (Abramoff et al., 2017; Lehmann y Kleber, 2015) pueden mejorar nuestra capacidad para predecir la dinámica del COS.

5 Un ejemplo es la herramienta CBP, en la que los usuarios pueden interactuar directamente con el modelo CENTURY, un enfoque clásico y generalizado para simular el COS (Parton et al., 1988). Sin embargo, es poco probable que la mayoría de los profesionales utilicen CENTURY directamente en CBP, ya que esta opción requiere más trabajo que otras opciones de análisis más sencillas, que utilizan de forma indirecta los resultados del modelo de COS (E. Milne, pers. comm).



Teóricamente, los modelos de COS, especialmente como componente de los modelos completos de ecosistemas que incluyen procesos físicos, biológicos y químicos tanto en la superficie como subterráneos, pueden simular la degradación (por ejemplo, el

agotamiento de nutrientes en los suelos y el descenso en el crecimiento de las plantas asociado) así como el potencial de resiliencia (por ejemplo, el crecimiento de las plantas en función de los cambios presentes y futuros en las precipitaciones). Sin embargo, no todos

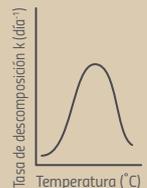
Modelo MOS de reserva única



$$\text{Fórmula de la ecuación de la MOS: } \frac{dSOM}{dt} = I - k * SOM$$

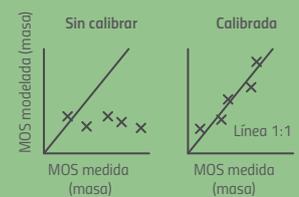
1. Formular

Ejemplo: Los datos de incubación del laboratorio se utilizan para definir la relación entre la tasa de descomposición microbiana (k , día⁻¹) y temperatura (°C). El modelo puede utilizarse para estimar los efectos relacionados con la temperatura en la MOS.



2) Calibrar

Ejemplo: Las mediciones de MOS se utilizan para optimizar el rendimiento del modelo en un sitio específico



3) Dirigir

Ejemplo: Se utilizan datos en cuadrículas de 0,5° durante 20 años de temperatura diaria (°C) para ejecutar simulaciones de modelos en una región de interés



4) Evaluar

Ejemplo: Las mediciones repetidas históricas de MOS (masa) de estaciones de supervisión del suelo en la región de interés se utilizan para evaluar el rendimiento del modelo

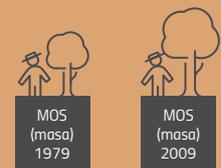


FIGURA 5

La estructura de un modelo biofísico sencillo de materia orgánica del suelo (MOS) que muestra cómo se interconectan los grupos, sumideros, flujos y parámetros modelados (definidos en el recuadro de la parte inferior izquierda), así como la forma en que se utilizan los diferentes formatos de datos para (1) formular el modelo, (2) calibrar el modelo (3) impulsar el modelo en dominios espaciales grandes y (4) evaluar el rendimiento del modelo. Adaptado de Campbell and Paustian (2015).



los procesos de degradación están representados por igual, de manera integral o dinámica en los modelos biofísicos de COS. **Actualmente, los procesos de degradación presentados con mayor rigurosidad en las simulaciones de modelos de COS son aquellos relacionados con el cambio en la cubierta terrestre, los cambios en la fertilidad del suelo y la disminución de la biomasa sobre la superficie.** La degradación causada por un cambio en la cubierta terrestre, por ejemplo, puede simularse si un modelo de COS dado está estructurado para representar los procesos relevantes que se ven afectados por esta modificación. La disminución de la fertilidad del suelo relacionada con el nitrógeno del suelo está bien reflejada y vinculada a disminuciones simuladas en el COS, aunque pocos modelos tienen en cuenta otros nutrientes. La disminución de biomasa se puede simular dinámicamente en los modelos de COS vinculados al agua y los nutrientes del suelo, o puede medirse a través de la detección remota y utilizarse como información para accionar simulaciones de COS.

Los modelos biofísicos de COS están limitados en cuanto a la representación de otros procesos de degradación debido a diversos factores, incluidos los datos limitados disponibles, el conocimiento limitado de los vínculos con los procesos de COS, las limitaciones informáticas o la susceptibilidad limitada del COS a estas formas de degradación. Abordar estas restricciones podría mejorar los modelos y reducir las incertidumbres a la hora de usarlos para la evaluación y la supervisión del COS. Por ejemplo, algunas fórmulas químicas de degradación, como la acidificación y la alcalinización, rara vez se modelan dinámicamente, pero se pueden representar como pH y capacidad de intercambio de cationes, entradas comunes que se utilizan para definir el entorno químico del suelo para las simulaciones de COS. Raramente se consideran otros tipos de contaminación del suelo y procesos como la salinización. Además, muchas formas físicas de degradación no están representadas dinámicamente en muchos enfoques de modelado de COS debido a la complejidad computacional. Por ejemplo, la densidad aparente se utiliza para definir el entorno físico del suelo muchas simulaciones de MOS, pero,

en aras de la simplicidad, a menudo se asume que es constante, ignorando de esta forma la compactación (Campbell et al., 2018). Procesos como la erosión y los cambios en los niveles de aguas freáticas dependen de flujos laterales que requieren computación. Existen modelos hidrológicos o específicos de erosión, pero no se integran comúnmente con simulaciones dinámicas de COS, lo que implanta una incertidumbre sustancial en las estimaciones globales de flujo de carbono terrestre (Campbell et al., 2018). La representación dinámica de procesos físicos en modelos de COS se reconoce como una necesidad importante (Campbell et al., 2018).

A pesar de estos límites, **los desarrollos en herramientas/modelos para la evaluación de COS son rápidos, generalizados y continuos.** Actualmente, los modelos biofísicos de COS están muy limitados en su capacidad para representar muchas formas de degradación de las tierras y su mitigación; sin embargo, los protocolos para mejoras están bien establecidos, a través de procesos intensivos en datos de desarrollo, calibración y validación de modelos (por ejemplo, la Figura 5, paneles 1, 2 y 4; por ejemplo, Del Grosso et al., 2008). **Allí donde las herramientas/modelos tienen un funcionamiento deficiente o producen resultados dudosos a la hora de predecir el cambio de COS en escenarios de NDT, y donde hay recursos disponibles, se debe incorporar una estrategia de inversión a los esquemas de NDT para el desarrollo de herramientas/modelos⁶ (es decir, mediante la recopilación de datos específicos en sitios de referencia y la participación de expertos para mejoras en los modelos/herramientas).**

6 Desarrollo de herramientas/modelos: un término global para el proceso de mejorar herramientas/modelos de evaluación del COS para representar mejor las áreas, las características de las tierras (por ejemplo, la textura del suelo) y las prácticas de GST de interés. Por lo general, si se requiere el desarrollo de herramientas/modelos, se necesitan sitios de supervisión del COS de referencia para recopilar datos extensos que puedan respaldar el desarrollo y las pruebas para garantizar la precisión. Además, a menudo los expertos deben comprometerse para respaldar los desarrollos que mejoran el análisis del área de interés a nivel nacional, subnacional o local.



3.3 La supervisión del COS como prioridad

Teniendo en cuenta los problemas generalizados que ocasiona la escasez de datos de COS, es crucial invertir en la supervisión del COS. Los inventarios nacionales de suelos también son importantes proveedores de información de COS que pueden requerir la armonización de datos y métodos para documentar el progreso de la NDT. El logro de la NDT se evalúa a escala nacional. Por lo tanto, cualquier mejora que no se pueda ampliar de manera efectiva, al menos hasta el nivel de otras actividades de degradación similares, o que no se pueda verificar eficazmente a nivel nacional, tendrá un valor práctico escaso para la NDT, incluso si tiene muy buenos resultados en escalas más pequeñas. El árbol de decisiones de la Figura 6 se puede utilizar para definir dónde es necesario el seguimiento y la supervisión del COS para verificar el logro de la NDT.

La base científica de los modelos biofísicos de COS y su capacidad actual para presentar los procesos de degradación de las tierras son clave para comprender 1) los límites de los modelos biofísicos de COS y, 2) la mejor manera de destinar recursos para mejorar las herramientas/modelos para la evaluación del COS, siempre que sea necesario y factible.

3.4 Selección de herramientas para la estimación y supervisión de las reservas de carbono orgánico del suelo

La supervisión de los cambios en el COS mediante mediciones es factible pero no siempre es la mejor opción. Los modelos biofísicos de COS también se pueden usar *directamente*⁷, aunque suele resultar más difícil y mucho menos habitual. La base científica de los modelos biofísicos de COS y su capacidad actual para presentar los procesos de degradación de las tierras son clave para comprender 1) los límites de los modelos biofísicos de COS y, 2) la mejor manera de destinar recursos para mejorar las herramientas/modelos para la evaluación del COS, siempre que sea necesario y factible.

3.4.1 Análisis de las reservas espaciales de carbono orgánico del suelo para la neutralidad en la degradación de las tierras: lagunas computacionales y en datos

Lograr la NDT requiere cambiar una multitud de actividades en áreas extensas y evaluar los efectos de esos cambios a nivel nacional a través de la lente de los indicadores de NDT. Desde un punto de vista científico, las estimaciones a nivel subnacional del cambio en el COS se reconocen como un gran desafío (Campbell and Paustian, 2015; Field et al., 2018). Los modelos de COS utilizados directa o indirectamente para análisis a escala subnacional a menudo están limitados por la calidad y disponibilidad de datos espacialmente explícitos para poner en marcha el modelo en el área de interés, así como

7 Un ejemplo es la herramienta CBP, en la que los usuarios pueden interactuar directamente con el modelo CENTURY, un enfoque clásico y generalizado para simular el COS (Parton et al., 1988). Sin embargo, es poco probable que la mayoría de los profesionales utilicen CENTURY directamente en CBP, ya que esta opción requiere más trabajo que otras opciones de análisis más sencillas, que utilizan de forma indirecta los resultados del modelo de COS (E. Milne, pers. comm).

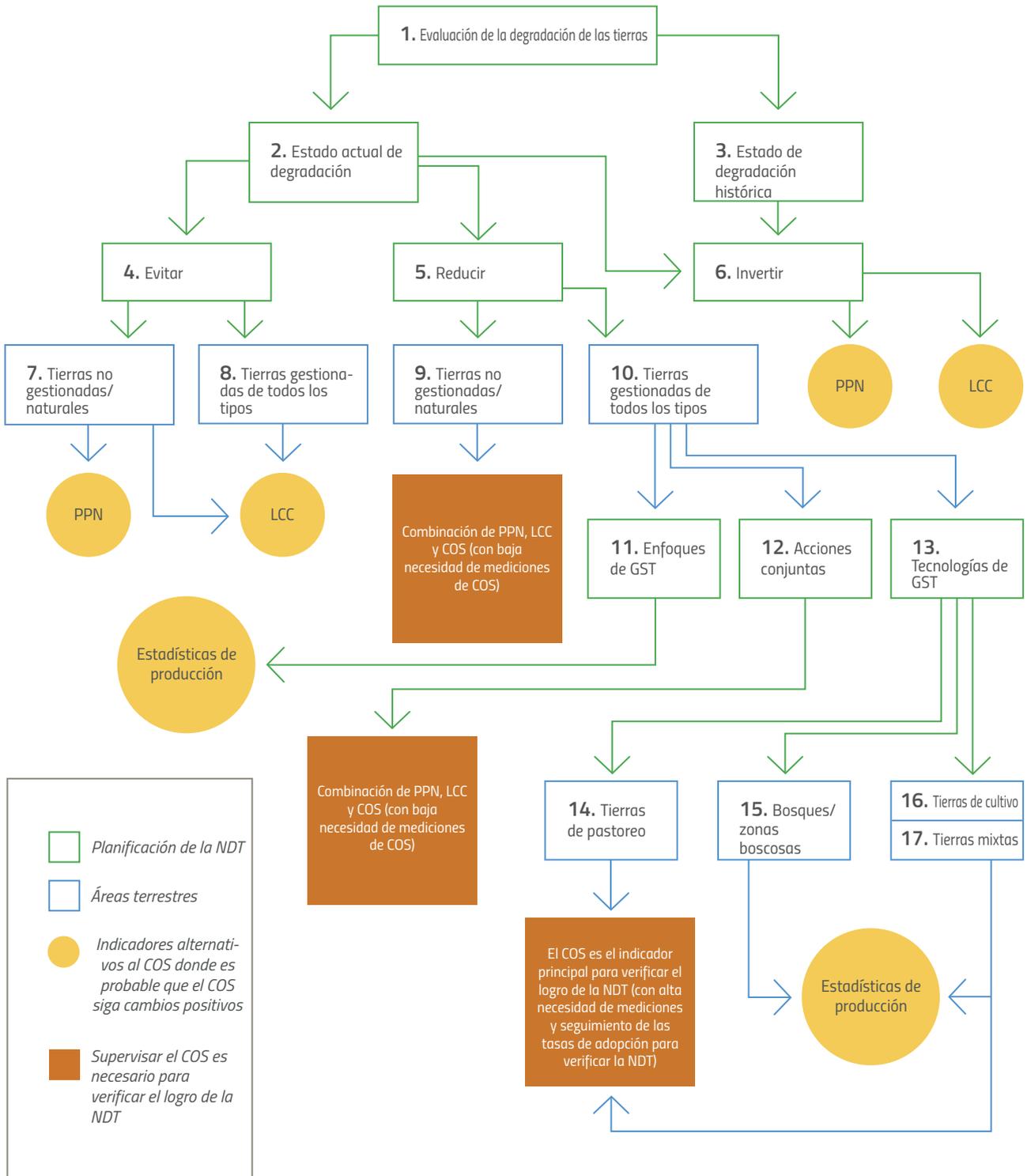


FIGURA 6

El árbol de decisiones 4 ayuda a identificar áreas esenciales de supervisión del COS (rojo) en el contexto de otros índices de seguimiento de degradación de las tierras (amarillo), tal y como se distribuye a través del estado de degradación después de la evaluación de la degradación de las tierras y las acciones de respuesta (verde) por tipos de tierra (azul). La supervisión del COS de baja intensidad se produciría en áreas más grandes o relativamente uniformes, mientras que una supervisión del COS más intensiva se requiere en tierras que son más variables y donde otros indicadores (LCC, PPN) no son la mejor medida para la degradación de las tierras. Las estadísticas de producción están relacionadas con la PPN y pueden ser valiosas en este contexto.



datos para evaluar su rendimiento (por ejemplo, paneles 3 y 4, Figura 5). Además, a nivel computacional puede ser difícil representar flujos naturales además de los procesos complejos que ocurren verticalmente en el perfil del suelo. El uso de herramientas/modelos para evaluar el COS a gran escala (subnacional, nacional) generalmente está limitado por la *limitación de datos* sobre características espacialmente explícitas de la zona o *limitaciones computacionales* que representan interacciones complejas especialmente explícitas (por ejemplo, topografía y movimientos laterales del suelo con erosión). **Por lo tanto, la calidad de los datos espaciales disponibles para un área de tierra es un factor determinante para saber cómo de bien se pueden estimar los cambios de COS. Sin embargo, los profesionales deberían tener en cuenta los límites computacionales en cuanto a la incorporación de la erosión del suelo, que introducen incertidumbres que no pueden abordarse mejorando únicamente los conjuntos de datos espaciales.**

El mapeo espacial mejorado y las estimaciones de modelos de cambios en el COS a gran escala se reconocen como necesidades importantes y áreas activas de desarrollo.

El mapeo espacial mejorado y las estimaciones de modelos de cambios en el COS a gran escala se reconocen como necesidades importantes y áreas activas de desarrollo. A efectos de la NDT, esta es un área donde la recopilación selectiva de mediciones del COS puede ser muy valiosa para la NDT y otras iniciativas de GST. A menudo, el historial de uso de las tierras (por ejemplo, fecha de conversión, barbecho) y la gestión de las tierras (por ejemplo, prácticas de pastoreo, incorporación de fertilizantes) se encuentran

entre los datos más difíciles de recopilar a para los fines de la evaluación del COS espacialmente explícita. Muchos aspectos de la gestión de las tierras no se pueden detectar a distancia, y en muchas áreas hay pocos recursos para recopilar esta información. **Dado el impacto de las actividades humanas en la tierra, los datos espaciales limitados sobre las prácticas de gestión de las tierras probablemente serán una gran fuente de incertidumbre en las evaluaciones del COS. Se recomienda encarecidamente a los profesionales en NDT que creen e implementen un plan para recopilar información sobre la gestión de las tierras, especialmente con las intervenciones de GST, a fin de ampliar de manera eficaz y precisa las evaluaciones de COS para la NDT.**

3.4.2 Creación de una estrategia a nivel nacional para invertir en la evaluación y la supervisión del COS

El concepto de NDT permite a las naciones unirse en torno al objetivo central de frenar la pérdida de tierras saludables y productivas, al tiempo que mantiene una gran flexibilidad en la forma en que se logra este objetivo. Si bien la NDT se presenta en última instancia a nivel nacional, se creará a partir de una combinación muy diversa de intervenciones a escalas subnacionales y específicas de proyectos. Esto requiere que las partes responsables consideren desde el principio la integración entre los análisis a nivel nacional y las actividades específicas de los sitios, lo que para el COS a menudo es complicado debido a la limitada disponibilidad de datos para evaluar combinaciones específicas de ecotipos, texturas del suelo, intervenciones de GST, etc., con suficiente precisión para apoyar la toma de decisiones y la presentación de informes. **Dados los recursos limitados, es importante orientar la inversión a (1) la evaluación comparativa de los efectos en el COS con las intervenciones de GST y (2) la supervisión del COS (Figura 1). En la práctica, estas inversiones conllevarán combinaciones variables de mediciones directas, detección remota y herramientas/modelos para la evaluación del COS.**



Si se organizan estratégicamente a nivel nacional, dichas inversiones mejorarán en gran medida la capacidad nacional para gestionar el COS para la NDT y múltiples beneficios.

Para respaldar la gestión del COS para la NDT y los múltiples beneficios se propone un marco (Figura 2), donde los componentes de la planificación de la NDT están respaldados por la acumulación de conjuntos de datos y recursos (herramientas/modelos para la evaluación del COS) para ampliar las evaluaciones del COS, creado a través de la planificación y la coordinación de actividades para evaluar, gestionar y supervisar el COS. Se debe establecer una infraestructura a nivel nacional para organizar los recursos de evaluación de datos y del COS según las necesidades actuales y previstas para el futuro (por ejemplo, para almacenar imágenes de detección remota o conjuntos de datos espaciales).

Los datos de medición utilizados para las evaluaciones de COS (ya sean datos existentes u obtenidos de las inversiones descritas anteriormente) contribuyen en gran medida a la capacidad nacional para gestionar el COS. Por lo tanto, los proyectos destinados a inversiones en COS requieren un protocolo para aportar nuevos datos a un repositorio de datos centralizados que sea fácil, esté claramente definido y respaldado con el suficiente tiempo y fondos. La acumulación de datos de medición a nivel nacional para la evaluación del COS se puede lograr solicitando que todos los datos recién recopilados se organicen y se envíen a la parte responsable de la planificación de la NDT a nivel nacional, donde se pueden almacenar en un lugar centralizado y accesible a prueba de pérdidas. Un ejemplo relativamente antiguo (que incluye lo que puede ser una plantilla útil) lo proporciona la Reducción de gases de efecto invernadero a través de una red de mejora del carbono agrícola (GRACEnet), que combina una base de datos web centralizada y de libre acceso con una plantilla descargable en formato Excel, que se puede utilizar para organizar los datos de flujo de

Se debe establecer una infraestructura a nivel nacional para organizar los recursos de evaluación de datos y del COS según las necesidades actuales y previstas para el futuro (por ejemplo, para almacenar imágenes de detección remota o conjuntos de datos espaciales).

la gestión de las tierras, el suelo, la biomasa y los gases de efecto invernadero, que luego se envían a la base de datos (Jawson et al., 2005). Labores unificadas como esta podrían ayudar a los países a medir y dar cuenta de las reservas de COS para un gran número de iniciativas globales de restauración de las tierras, como el Desafío de Bonn (Bonn Challenge, 2017) y 4 por 1000 (4 per 1000, 2017), e iniciativas regionales, como la Iniciativa de Restauración del Paisaje Forestal Africano para recuperar 100 millones de hectáreas de tierras degradadas (AFR100, 2017), y una iniciativa para recuperar 20 millones de hectáreas de tierras degradadas en América Latina y el Caribe (Initiative 20x20, 2017).

Existe una iniciativa global para recopilar información sobre el suelo en el Sistema Mundial de Información de Suelos (GLOSIS) de la Alianza Mundial por el Suelo (AMS) de la FAO. El GLOSIS fomenta el desarrollo y la consolidación de los Sistemas Nacionales de Información del Suelo (NSIS). A este respecto, la AMS ofrece a los países el apoyo necesario para desarrollar y unificar sus NSIS en el GLOSIS. En última instancia, este proceso tiene como objetivo reducir la incerteza de los datos y funciona en conjunto con el desarrollo de Procedimientos Operativos Estandarizados y la ejecución de pruebas de competencia global bajo la Red Global de Laboratorios del Suelo (GLOSO-LAN), otra actividad que la AMS lanzó en 2017.



Una estrategia a nivel nacional para invertir en la evaluación y la supervisión del COS, así como en la organización de los conjuntos de datos y recursos asociados (herramientas/modelos para la evaluación del COS), puede respaldar todos los aspectos de la planificación de la NDT para gestionar el COS (Figura 2).

Una estrategia a nivel nacional para invertir en la evaluación y la supervisión del COS, así como en la organización de los conjuntos de datos y recursos asociados (herramientas/modelos para la evaluación del COS), puede respaldar todos los aspectos de la planificación de la NDT para gestionar el COS (Figura 2). La evaluación del COS puede considerarse opcional en las primeras etapas de la planificación de la NDT (identificar áreas para intervenciones de degradación de las tierras e identificar posibles intervenciones de GST, recuadros 1-2, Figura 2), y utilizar en su lugar otros recursos (por ejemplo, aportes de expertos, conocimientos locales, otros tipos de evaluación) cuando el soporte para la evaluación del COS se encuentra en las primeras etapas de desarrollo. Posteriormente, es de vital importancia identificar áreas objetivo y posibles intervenciones de GST para invertir en la supervisión de COS, ya que es necesario para ampliar las evaluaciones del COS a niveles nacionales. Cuando se recomienda una evaluación comparativa de los efectos en el COS con la GST para

Establecer un COS de referencia para los fines de la planificación de la NDT tiene la ventaja de que se superpone con los protocolos existentes para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

elegir e implementar una GST (Figura 1, recuadro 13), este informe ofrece orientación sobre el uso de herramientas/modelos para la evaluación del COS en función del nivel de certeza necesario para la toma de decisiones, basándose en una revisión de una selección de herramientas existentes.

Para orientación general, el software debe ser sólido en al menos tres áreas.

1. interrelaciones con otros programas de COS, ya que esto diversifica las vías potenciales para una colaboración productiva y recursos compartidos;
2. infraestructura de software estable y una comunidad de desarrollo sólida, que en conjunto pueda soportar la fiabilidad y la longevidad de la herramienta, y;
3. compromiso con principios de apertura a la ciencia, ya que los esfuerzos relacionados para mejorar la accesibilidad de datos/resultados pueden simplificar enormemente la colaboración y la integración.

3.4.3 Utilizar el COS de referencia inicial y el potencial de las tierras para identificar áreas prioritarias para las intervenciones de gestión sostenible de las tierras

Los países se encuentran en posiciones muy diferentes para establecer el estado de degradación de las tierras en el año de referencia 2015 y en torno a ese año. La mayoría de los países desarrollados han invertido en inventarios de tierras durante muchas décadas y disponen de fuentes de datos fiables de las que pueden obtener información. En el otro extremo se encuentran los países con pocos datos y recursos limitados para este proyecto. Establecer un COS de referencia para los fines de la planificación de la NDT tiene la ventaja de que se superpone con los protocolos existentes para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. También tiene el potencial de consolidar las asociaciones con



el objetivo de abordar la necesidad generalizada de mejores mapas globales de COS. La nota metodológica de la CNULD sobre la creación de objetivos de la NDT voluntarios establece tres niveles para considerar los indicadores para la supervisión de la NDT, que se describen como:

Nivel 1 (método por defecto): observación global/regional de la Tierra, información geoespacial y modelado;

Nivel 2: estadísticas nacionales basadas en datos obtenidos para unidades de referencia administrativas o naturales (por ejemplo, cuencas hidrográficas) y observación nacional de la Tierra;

Nivel 3 (método más detallado): estudios de campo, evaluaciones y mediciones sobre el terreno (Global Mechanism of the UNCCD, 2016).

En este contexto, los niveles 1-3 de NDT se utilizan para diferenciarlos de los niveles 1-3 del IPCC, que se basan en fuentes de datos y complejidad analítica,⁸ y se mencionan a continuación en la discusión de herramientas/modelos para la evaluación del COS.

Para los fines del COS, el nivel 1 de NDT se logra utilizando mapas globales de suelos; el nivel 2, utilizando mapas nacionales de suelos heredados; y el nivel 3, creando nuevos mapas utilizando nuevos datos de campo. La combinación de mapas globales de suelos con nuevos datos de campo es una opción «híbrida» de nivel 2 de NDT, que probablemente se utilizará en muchas regiones (Nijbroek et al., 2018). La línea de base de nivel 1 de NDT

establecida por la CNULD se basa en el producto de datos de suelo de SoilGrids con resolución de 250 m del Centro Internacional de Referencia e Información del Suelo (Hengl et al., 2017). SoilGrids está diseñado como un sistema globalmente coherente y basado en datos que predice las propiedades del suelo utilizando covariables globales y modelos ajustados globalmente. Otros recursos para el mapeo del COS de referencia incluyen la Base de Datos Armonizados de los Suelos del Mundo, el Marco de Supervisión de la Degradación de las Tierras y las Amenazas para los Suelos del Centro de Investigación Conjunta (Aynekulu et al., 2017).

El mapeo global adicional del carbono está avanzando rápidamente en varios frentes, como la Alianza Mundial por el Suelo de la FAO, que presentó el mapa de carbono orgánico global del suelo (COGS) en línea en 2017. En el futuro, las actividades del Pilar 4 de la Alianza Mundial por el Suelo de la FAO (cuyo objetivo es «mejorar la cantidad y la calidad de los datos e información del suelo: recopilación [generación] de datos, análisis, validación, presentación de informes, supervisión e integración con otras disciplinas») pueden mejorar en gran medida la base de datos del COS. En la información complementaria «Herramientas de inventario de COS» se proporciona más información sobre los recursos para estimar el COS de referencia.

En la actualidad, SoilGrids sigue siendo un buen recurso para el COS inicial de referencia en un nivel 1 o 2 de la NDT. SoilGrids cuenta con un desarrollo de software continuo, compromiso con la infraestructura de software de código abierto, principios de datos FAIR y enlaces a la base de datos de perfiles del suelo del Servicio Mundial de Información del Suelo⁹, que recopila y unifica de forma activa datos de perfiles del suelo. También mantiene vínculos con un compendio de conjuntos de datos de mayor resolución a través de organizaciones nacionales, regionales, locales y no gubernamentales (ONG) que pueden ser útiles para actividades específicas de proyectos

⁸ El nivel 1 del IPCC utiliza los factores de emisión predefinidos del IPCC, el nivel 2 del IPCC utiliza los factores de emisión específicos a nivel nacional y el nivel 3 del IPCC utiliza conjuntos de datos y modelos de mayor nivel con mayor certeza (IPCC 2006). Cabe señalar que las directrices del IPCC se revisarán en 2019. Por lo tanto, los niveles del IPCC analizados en este informe pueden cambiar y requerir una revisión para volver a adaptarlos y diferenciarlos de los niveles 1-3 de la NDT.

⁹ Servicio Mundial de Información sobre Suelos



y análisis subnacionales. El GSOCmap también es un recurso útil, pero su resolución es más baja (~1 km, en comparación con los 250 m de SoilGrids). Se basa en una iniciativa conjunta de recopilación de datos a nivel nacional. Se debe actualizar en un futuro próximo y se debe considerar para un uso más extenso llegados a ese punto. Independientemente del recurso que se utilice, **el COS inicial de referencia no debe considerarse definitivo, sino que debe actualizarse a medida que se acumulan datos relevantes a través de inversiones en la supervisión del COS, de modo que la evaluación de la NDT de 2030 utilice una línea de base de 2015 para el COS que esté en el nivel más alto posible de NDT.** El grupo de trabajo de la AMS encargado de desarrollar directrices para medir, mapear, supervisar e informar sobre las reservas de COS y cambios en dichas reservas también podría contribuir a este propósito.

Idealmente, el COS inicial de referencia se usaría junto con una estimación de las tendencias históricas en el COS para identificar áreas objetivo para las intervenciones de degradación de las tierras (es decir, dónde evitar cambios, reducir pérdidas o recuperar tierras) y, posteriormente, supervisar sus efectos posteriores. Sin embargo, para el COS, el análisis de las tendencias históricas sobre las pérdidas de COS depende de la disponibilidad de datos históricos de los niveles de COS y del historial de uso de las tierras, y es probable que sea demasiado general o incierto a nivel nacional, especialmente en las etapas iniciales de la planificación de la NDT. **Puede que no sea práctico invertir en este tipo de análisis vertical de degradación histórica del COS a nivel nacional para identificar áreas objetivo para la intervención en NDT para el COS, ya que requiere muchos recursos y puede que no sea lo suficientemente seguro como para resultar útil.** La excepción sería si dichos análisis de COS ya han sido realizados por otras partes y se puede acceder a ellos fácilmente, en cuyo caso deberían tenerse en cuenta.

Como alternativa práctica en caso de que los datos del suelo sean limitados, **es posible utilizar**

un subconjunto de tipos de cubierta terrestre y características de la tierra como método barato pero sencillo para identificar áreas prioritarias donde, a la hora de abordar la degradación de las tierras, los suelos y la gestión del COS puedan ser el enfoque principal. Específicamente, es importante identificar (1) tierras de pastoreo y de cultivos como objetivos donde la acumulación de COS es probable el parámetro principal para unas intervenciones de GST satisfactorias (es decir, la Figura 6), (2) áreas con bajas precipitaciones o suelos altamente erosionables donde el COS es probablemente más propenso a pérdidas y, por lo tanto, pueden ser objetivo de las intervenciones para evitar o reducir la degradación de las tierras, y (3) suelos con altos niveles de COS o arcilla que, dada su alta capacidad para aumentar o almacenar el COS, es más probable que ofrezcan grandes beneficios a través del comercio de carbono. Este enfoque se puede implementar a nivel 1 de NDT utilizando el COS inicial de referencia de 2015, conjuntos de datos de la cubierta terrestre y del potencial de las tierras utilizados en la tipificación de tierras para la NDT (Orr et al., 2017).

Una vez que se han identificado las áreas prioritarias para los proyectos de NDT, se pueden utilizar otras fuentes de información sobre el estado de degradación de las tierras y la experiencia local para identificar objetivos «críticos» para la GST, donde, tal y como se describe en Orr et al. (2017), «la condición de las tierras es buena pero se está deteriorando» (pág. 71). Un enfoque de «nivel 1 de NDT» para evaluar el estado de degradación de las tierras en áreas terrestres utilizaría información a nivel mundial sobre la degradación de las tierras del Sistema de Información Global de la Degradación de las Tierras (GLADIS), una base de datos global del estado de las tierras, o de la Evaluación Global de la Degradación de las Tierras (GLADA) a medida que vaya estando disponible más allá de los seis primeros países piloto: Argentina, China, Cuba, Senegal, Sudáfrica y Túnez. Un enfoque de «nivel 2 de NDT» podría utilizar información a nivel nacional basada en las tendencias en LCC y PPN. Por ejemplo,



los recientes cambios negativos en LCC o PPN (< 5 años) pueden no haber provocado una gran disminución en el COS, mientras que los cambios a medio plazo (de 5 a 15 años) pueden provocar disminuciones continuas de SOC, y los cambios a largo plazo (> 20 años) pueden haber estabilizado en un equilibrio de COS más bajo. Las regiones en reciente declive podrían ser áreas prioritarias para que la GST reduzca las pérdidas de COS antes de que se vuelvan graves o irreversibles. La herramienta Trends. Earth podría ser un buen recurso para este enfoque, diseñada para respaldar la evaluación a nivel nacional de la degradación de las tierras, incluidos los métodos para estimar el COS basado en el conjunto de datos de 250 m de SoilGrids para proporcionar reservas de COS de referencia, y el cambio de la cubierta terrestre para estimar el impacto del uso de las tierras en el cambio de reservas de COS. Un enfoque de «nivel 3 de NDT» utilizaría datos históricos de la gestión y el uso de las tierras, datos de medición de COS y herramientas/modelos para la evaluación del COS, con el fin de estimar los cambios históricos de COS en un área específica. Lo más probable es que este enfoque de «nivel 3 de NDT» requiriese más recursos. Por lo tanto, en caso de invertir en él, se recomienda que esté estrechamente vinculado con el proceso de selección de intervenciones de GST para el COS y a la hora de establecer la supervisión del COS.

Las evaluaciones comparativas de COS se pueden completar con herramientas de software simplificadas o modelos biofísicos más detallados. En general, las herramientas de software están diseñadas para evaluar el COS utilizando enfoques estadísticos y empíricos más simples, a menudo permitiendo el uso de conjuntos de datos predeterminados integrados y, por lo general, en el contexto de una contabilidad de carbono o análisis socioeconómicos más integrales. Generalmente, las herramientas de software son más adecuadas cuando se requieren niveles de certeza de bajos a moderados, aunque algunas se pueden utilizar con niveles de certeza altos. Los modelos biofísicos, en cambio, representan más explícitamente

los procesos que afectan el COS y pueden dar resultados que son relativamente seguros. Sin embargo, a menudo su uso requiere inversiones en una formación más extensa o la participación de expertos. La revisión de la FAO (2019) de los enfoques de modelo del COS es un recurso excelente en el caso de que se necesiten modelos biofísicos.

Para orientar a los profesionales en NDT, este informe ofrece una descripción general de las herramientas de software para la evaluación del COS. Para seleccionar herramientas para la revisión, el análisis comenzó con la reciente revisión del Grupo del Banco Mundial de herramientas de contabilidad de carbono para la GST, que examinó siete herramientas de contabilidad de carbono seleccionadas en función de los criterios de disponibilidad, cobertura geográfica, alcance de sus actividades, requisitos de datos, requisitos de tiempo y conocimientos necesarios. Para este informe, se analizaron las seis herramientas que incluían la evaluación del COS: la calculadora de carbono de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), Proyecto de Beneficios del Carbono (CBP), Herramienta de Opciones de Mitigación del Cambio Climático, la Agricultura y la Seguridad Alimentaria (CCA-FS-MOT), Cool Farm Tool (CFT) y la Herramienta de Balance de Carbono Ex-Ante (EX-ACT)(Toudert et al., 2018, Tabla 8). Para cada una de las herramientas, se revisó la documentación y, siempre que fue posible, se entrevistó a expertos involucrados en el desarrollo de herramientas para identificar (1) si las herramientas podrían conectar las evaluaciones del COS a través de escalas nacionales, subnacionales y específicas de proyecto, y (2) si las herramientas permitían las interrelaciones, tenían una infraestructura de software estable, una comunidad de desarrollo estable y un compromiso con los principios de ciencia abierta. En el proceso de revisión, también se tuvo en cuenta la herramienta Trends. Earth. Siempre que fue pertinente, también se revisaron las herramientas y recursos interconectados útiles en la NDT. **Se redactaron tarjetas de recursos basadas en estas revisiones. Los profesionales**



Herr.	Fecha de revisión	Escala espacial			
		Pro-yecto	Subnacional	Nacional	Nexo entre escalas
AFOLU Carb	02/08/2019	+	+++	-	+
CBP	02/11/2019	+++	+++	+++	+
CCAFS-MOT	02/04/2019	+++	+	-	+
CFT	02/01/2019	+++	+	-	+
Ex-ACT	13/02/2019	+	+++	+++	+
Trends. Earth	03/07/2019	-	+++	+++	+

TABLA 8

Comparación de herramientas para la evaluación y supervisión del COS que muestran los usos recomendados (+++), posibles (+) o no recomendados/no posibles (-) a diferentes escalas espaciales y tipos de evaluaciones del COS para la NDT.

pueden utilizar los resúmenes de la Tabla 8 y Tabla 9 para seleccionar qué herramientas o conjunto de herramientas se ajustarán mejor a sus necesidades (Figura 4). Se proporciona información adicional sobre cada una de las herramientas en la información complementaria «Tarjetas de recursos de herramientas de COS».

CBP es una opción viable para análisis más intensivos y cuantitativamente sólidos del COS. También se puede utilizar para supervisar el COS. CBP está directamente conectado a la base de datos de WOCAT y LandPKS, una aplicación móvil centrada en lo que un propietario puede recolectar o necesita saber para tomar decisiones más sostenibles sobre cómo administrar sus tierras. Este conjunto de herramientas utiliza un lenguaje unificado en múltiples plataformas para facilitar las interconexiones. El software CBP está diseñado para expandirse y enlazarse en el futuro. Está alojado en la Universidad Estatal de Colorado y ofrece una accesibilidad

estable a sus usuarios, incluso cuando no hay fondos disponibles para su desarrollo. Sin embargo, no es tan rápido como otras herramientas y se adapta mejor a las evaluaciones de COS que requieren niveles de certeza de moderados a altos.

Trends. Earth es una herramienta web estable diseñada para respaldar el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 15.3.1 y, por lo tanto, es ideal para supervisar y presentar informes de COS a nivel nacional. También se recomienda como recurso para la evaluación inicial del estado de la degradación de las tierras, como componente dirigido a zonas para considerar las opciones de GST. Trends. Earth permite introducir datos espaciales de mayor resolución para reemplazar los conjuntos de datos globales predeterminados y, por lo tanto, se puede utilizar para mejorar el mapeo del COS, ya que los datos se recopilan a través de mediciones a nivel subnacional y de proyecto, e inversiones para supervisar el COS. Actualmente no acepta la entrada de prácticas de



* es decir, para fomentar o guiar la discusión

** es decir, para seleccionar GST para la NDT cuando cualquier cambio positivo sea beneficioso

*** es decir, para seleccionar GST para optimizar el COS para la acreditación de carbono u otros incentivos económicos

Usos recomendados de las herramientas de evaluación del COS

Para comparar la posible GST con diferentes niveles de certeza necesarios en el COS			Para supervisar el COS		Descripción de datos predeterminados y estimación del COS (si no hay datos disponibles)
Baja certeza necesaria*	Certeza moderada necesaria*	Alta certeza necesaria***	Uso	Modelo de COS	
+++	-	-	-	-	conjuntos de datos globales, todos los climas, factores de emisión de nivel 1 del IPCC
+	+++	+++	+++	CENTURY	conjuntos de datos globales, todos los climas, factores de emisión de nivel 1 del IPCC
+++	+	-	-	-	relaciones empíricas a escala global o subnacional si están disponibles
+	+++	+	-	-	conjuntos de datos globales, todos los climas, factores de emisión de nivel 1 del IPCC o valores bibliográficos, si están disponibles
+++	+++	+	-	-	conjuntos de datos globales, todos los climas, factores de emisión de nivel 1 del IPCC
-	-	-	+++	-	conjuntos de datos globales, todos los climas, mapeo del COS ya sea directamente o con factores de emisión de nivel 1 del IPCC

(+++ recomendado, + posible, - no recomendado/no posible)

GST, ya que no hay suficientes conjuntos de datos espacialmente explícitos sobre el uso y la gestión de las tierras disponibles. Sin embargo, Trends Earth está desarrollando conexiones con WOCAT y LandPKS para abordar esta necesidad, y lo más probable es que en un futuro los usuarios puedan añadir esta información.

Las herramientas **EX-ACT** y **CCAFS-MOT** están basadas en Excel, por lo que son buenas opciones si los profesionales quieren utilizar herramientas que no requieran acceso web. La herramienta CCAFS-MOT sería una buena opción para la selección de GST basada en la discusión en sitios específicos. Es sencilla y fácil de usar, y está diseñada para ser un recurso en el contexto de políticas y debates. También es estable y considerablemente fácil de adaptar a la información o escenarios locales. Se ha utilizado con éxito en este contexto en Etiopía. La herramienta EX-ANTE admite una evaluación más compleja de las huellas de carbono en

los proyectos de desarrollo. Tiene un rendimiento similar a CBP en términos de evaluaciones de carbono ex-ante, se puede adaptar fácilmente a los factores de emisión de nivel 2 del IPCC que permiten niveles más altos de especificidad a nivel nacional, y está asociada con otras herramientas que ofrecen recursos adicionales para proyectos de desarrollo a pequeña escala (EX-ANTE MRV) y análisis de cadenas de valores de alimentos (herramienta EX-ACT para cadenas de valores).

AFOLU puede ofrecer apoyo para guiar las discusiones a escalas más grandes (comunidades, cuencas hidrográficas), mediante su diseño para evaluar los efectos en el carbono en grandes unidades administrativas. Sin embargo, el futuro del software más allá de 2020 resulta incierto. Sin duda, AFOLU es una herramienta que hay que tener en cuenta si se puede seguir accediendo a ella cuando se necesite. Sin embargo, no será un recurso fiable hasta que se garantice su acceso continuo en línea.



Software				Comparación de las herramientas de evaluación del carbono del Grupo del Banco Mundial 2018 para la GST			
Herr.	Plataforma	Usuarios	Enlaces	Resumen de las actividades de la herramienta	Necesidad de tiempo	Necesidad de datos	Necesidad de habilidades
AFOLU Carb	Basada en web	Jefes de proyectos de la USAID para programas internacionales	Winrock International, USAID, Applied GeoSolutions	Tierras de cultivo (cultivos templados, tropicales, de arroz) Tierras de pastoreo (pastizales, ganadería) Bosque/zonas boscosas (huertos/viñedos, bosques) Mixtas (campos de cultivo/setos/agroforestería)	Media	Baja	Baja
CBP	Basada en web	Jefes de proyectos, oficiales de programa y expertos en GST	WOCAT, LandPKS, 4 per 1000, acreditación de carbono VERRA (posible)	Tierras de cultivo (cultivos templados, tropicales, de arroz) Tierras de pastoreo (pastizales, ganadería) Bosque/zonas boscosas (huertos/viñedos, bosques) Mixtas (campos de cultivo/setos/agroforestería) Otros (humedales, asentamientos)	Alta	Baja	Media
CCAFS-MOT	Excel	Participación múltiple (órgano decisorio sobre cambio climático, educadores, investigadores, jefes de proyectos)	Cool Farm Tool	Tierras de cultivo (cultivos templados, tropicales, de arroz) Tierras de pastoreo (pastizales, ganadería) Bosque/zonas boscosas (huertos/viñedos) Mixtas (campos de cultivo/setos/agroforestería)	Baja	Baja	Muy baja
CFT	Basada en web	Miembros de pago (industria), administradores de tierras, jefes de proyectos	+50 socios comerciales, Cool Farm Alliance, (posible) Gold Standard Foundation	Tierras de cultivo (cultivos templados, tropicales, de arroz) Tierras de pastoreo (ganadería) Bosque/zonas boscosas (huertos/viñedos) Mixtas (campos de cultivo/setos/agroforestería)	Media	Baja	Baja
Ex-ACT	Excel	Oficiales de programas formados y consultores que trabajan con agencias y proyectos de desarrollo	Conjunto de programas de la FAO: EX-ACT MRV para un proyecto más pequeño, EX-ACT para cadenas de valor	Tierras de cultivo (cultivos templados, tropicales, de arroz) Tierras de pastoreo (pastizales, ganadería) Bosque/zonas boscosas (huertos/viñedos, bosques) Mixtas (campos de cultivo/setos/agroforestería) Otros (humedales, asentamientos)	Media	Baja	Media
Trends. Earth	Basada en web	Conservation International para proyectos internos, jefes de informes de la NDT, investigadores	WOCAT, LandPKS, informes de la CNUCLD, NASA, ISRIC	NA (prácticas de GST no incluidas en la herramienta)	NA	NA	NA

TABLA 9

Comparación de herramientas para la evaluación y supervisión del COS que describe el estado actual de la plataforma de software, los usuarios y los enlaces a otros programas. Las información y necesidades de las actividades en términos de tiempo (bajo = 0-10 min, medio = 10-30 min, alto = > 30 min), datos y competencias se obtuvieron del informe del Grupo del Banco Mundial de 2018 en los (Toudert et al., 2018) casos en que estaban disponibles.



De todas las herramientas evaluadas, *CFT* está más claramente vinculada con los socios industriales y debe considerarse como una opción si las colaboraciones industriales forman parte de la selección de GST a nivel local. Si Gold Standard la aprueba para la acreditación de carbono, proceso actualmente en curso, *CFT* es una buena opción para emplearla en zonas prioritarias donde el potencial de acumulación de COS es alto.

Todas las herramientas que se incluyen en esta revisión se pueden utilizar a nivel global en todos los climas. En la Tabla 9 se muestra un resumen general de todas las actividades. **Es posible que se identifiquen lagunas de datos y necesidades de desarrollo para las herramientas en el proceso de completar las evaluaciones comparativas de COS en un contexto nacional específico** (Figura 4). Cuando se requiera una alta certeza en las evaluaciones de COS, puede ser necesario abordar estas lagunas de datos y necesidades de desarrollo para los modelos/herramientas, con el fin de completar la evaluación comparativa de COS y seleccionar opciones de GST para implementarlas. Sin embargo, en caso de que se requieran niveles de certeza más bajos para la toma de decisiones de la GST, se trataría de algo opcional. No obstante, es posible que sea necesario abordar estas lagunas de datos y necesidades de desarrollo de las herramientas para respaldar la evaluación de COS a nivel nacional para la NDT. En cualquier caso, los sitios de referencia (es decir, sitios en los que se han implementado prácticas clave de GST) o las regiones ecológicas/texturas del suelo, etc. en las que hay poca información disponible se pueden utilizar para una recopilación de datos intensiva y de alto valor. Los conjuntos de datos de los sitios de referencia pueden respaldar el desarrollo de herramientas/modelos de evaluación del COS para lograr una mayor precisión en un contexto nacional específico y mejorar la capacidad nacional para evaluar, gestionar y supervisar el COS.

3.4.4 Medición de las reservas de carbono orgánico del suelo para respaldar la supervisión

Una dificultad con los aumentos de supervisión del COS es el nivel de precisión necesario. La supervisión debe ser lo suficientemente precisa para detectar cambios en el COS debido a la GST con la suficiente certeza para considerarlos reales. La Figura 7 presenta un árbol de decisiones para llegar al tipo de sistema de muestreo de suelo más ade-

Si los recursos financieros y humanos no son una limitación, se recomienda establecer una red nacional de supervisión de COS que incluya una distribución cuidadosamente diseñada de parcelas para mediciones de COS, de las cuales existen ejemplos que respaldan iniciativas como los inventarios nacionales de GEI (p. ej., Spencer et al., 2011).

cuado para el desafío en cuestión. Si los recursos financieros y humanos no son una limitación, se recomienda establecer una red nacional de supervisión de COS que incluya una distribución cuidadosamente diseñada de parcelas para mediciones de COS, de las cuales existen ejemplos que respaldan iniciativas como los inventarios nacionales de GEI (p. ej., Spencer et al., 2011). Son muchos los países que no tienen esquemas de muestreo de suelos, o tienen muy pocos, y será necesario asignar recursos para este fin (Shepherd et al., 2015b). Si, como es de esperar, tales recursos son limitados, el árbol de decisión de la Figura 6 ayudará a decidir dónde se pueden implementar mejor estos recursos.



La estimación del COS, tanto ex-ante como ex-post, se puede realizar a través de herramientas/modelos para la evaluación del COS. Sin embargo, la precisión de dichas evaluaciones y el nivel al que se pueden aplicar dependen de los conjuntos de datos del suelo disponibles para calibrar las herramientas y modelos de evaluación del COS a las condiciones locales. A pesar de que las evaluaciones del COS a gran escala (nacional) son útiles para establecer prioridades y objetivos de la NDT a nivel nacional, tal y como Milne et al. (2007) demuestran, este no es el nivel al que la NDT se puede poner en práctica a través de la GST (local, subnacional). **Por lo tanto, a efectos de la NDT, la generación de conjuntos de datos de medición de COS se debe considerar en combinación con el uso (y la mejora constante) de herramientas/modelos para la evaluación del COS, tanto a escala de actividades de NDT (a nivel de proyecto y subnacional) como a escala de supervisión del logro de la NDT (a nivel nacional).**

Sin embargo, las mediciones de COS en la vegetación nativa y no gestionada serían útiles si, tras la conversión, las iniciativas de repoblación de la vegetación se implementaran antes de que la degradación de las tierras se hubiera extendido, para reducir sus efectos.

A efectos de coordinación a gran escala, Orr et al. (2017) detallan procedimientos para aprovechar las actividades de planificación de las tierras existentes, conectando específicamente la planificación de la NDT con: «PAN de la CNUCLD, contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) y planes de adaptación nacionales de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) e integración en los planes nacionales de desarrollo y otros procesos políticos» (pág. 62). Lo ideal es que estos esfuerzos estén basados en evaluaciones fiables de referencia de la degradación de las tierras basadas en datos. **Dado que a menudo se hace un seguimiento simultáneo de los tres indicadores de referencia de la NDT: en áreas donde el análisis y el seguimiento del LCC y la PPN a través de la detección remota sean suficientes, es posible que no se requiera invertir en supervisar el cambio de COS (solo a través de mediciones o una combinación de mediciones y herramientas/modelos para la evaluación del COS), a no ser que se puedan obtener beneficios adicionales. Sin embargo, dado que el COS no siempre hace un seguimiento de la PPN y el LCC (Oldfield et al., 2019), es importante identificar dónde y a qué escala, con el propósito de respaldar la NDT, supervisar el COS es de vital importancia para hacer un seguimiento y ampliación efectivos de los cambios en el COS. Sin embargo, los índices de vegetación se deben interpretar cuidadosamente. Un aumento en la biomasa (verde) en la superficie, por ejemplo, podría ser un indicador de degradación de las tierras debido a la invasión de arbustos en tierras de pastoreo (Aynekulu et al., 2017).**



Probablemente, el COS no sea el mejor indicador para evitar la degradación de las tierras en las actividades de NDT. Sin embargo, las mediciones de COS en la vegetación nativa y no gestionada serían útiles si, tras la conversión, las iniciativas de repoblación de la vegetación se implementarían antes de que la degradación de las tierras se hubiera extendido, para reducir sus efectos. La reforestación o el rebrote secundario restaurarán gradualmente el COS, y la afirmación de este proceso se justificaría en términos de contabilidad de la NDT. Medir los niveles de COS de referencia sería esencial si la vegetación se elimina por completo. En caso contrario, los restos de vegetación se pueden muestrear juntos con los rodales recuperados de 10-15 años tras la implementación de la medida. Como tal perturbación normalmente afecta a áreas bastante grandes y uniformes, los esquemas de muestreo representativos pueden ser de baja densidad siempre que se tengan en cuenta las condiciones del entorno.

Con el fin de evitar que se produzca, también se puede supervisar la degradación de las tierras en vegetación gestionada de forma estable, desde zonas verdes prácticamente naturales hasta conjuntos de pequeñas parcelas con diferentes sistemas de cultivo u operaciones de cultivo o de producción animal a gran escala, a través de otros índices de degradación de las tierras, es decir, sin invertir en esquemas de muestreo de COS. Si los fondos lo permiten, incluir dichas áreas en un sistema de supervisión del suelo ayudará a certificar que la gestión de dichas áreas es sostenible. Sin embargo, de no disponer de los fondos necesarios, es posible que las estadísticas de producción agrícola estables combinadas con la PPN detectada de forma remota reflejen condiciones de suelo estables.

Los esfuerzos para reducir la degradación de las tierras en la vegetación gestionada, como tierras de cultivo y de pastoreo, pueden resultar bastante diferentes en la naturaleza. Si un gobierno opta por enfoques institucionales de GST, como un plan de subvenciones para fertilizantes (por ejemplo, Malawi), los efectos pueden reflejarse en las estadísticas de producción agrícola, y la acumulación de COS puede estar implícita allí donde se adopte. Si el enfoque de GST escogido se decide a un nivel administrativo más bajo o está dirigido a una región con puntos conflictivos de degradación de las tierras, los efectos deberían medirse dentro de los límites administrativos pertinentes. Existe una conexión más directa con los esquemas de NDT enfocados en la planificación del uso de las tierras, que a menudo implica medidas estructurales o de vegetación que cruzan varias líneas de propiedad o bienes comunes. Estos programas se beneficiarán considerablemente de establecer una línea base de COS con el mayor nivel de precisión posible antes de implementar la GST. Cualquiera de estos esquemas de muestreo debe centrarse en las zonas dentro de la cuenca hidrográfica/unidad administrativa que verá cambios estructurales o de vegetación. A pesar de que puede resultar fácil hacer un seguimiento de las mejoras en la PPN o la rentabilidad, en zonas donde la PPN permanece sin cambios es posible que se acumulen reservas de COS. Los agricultores pueden reaccionar de maneras diferentes a las nuevas condiciones de las tierras y por lo tanto, el marco de muestreo debe reflejar dicha diversidad. La inversión en la supervisión del COS puede resultar costosa, pero es valiosa para verificar el logro de la NDT en zonas donde la LC no cambia y no se puede asumir que el COS siga las tendencias de la PPN.

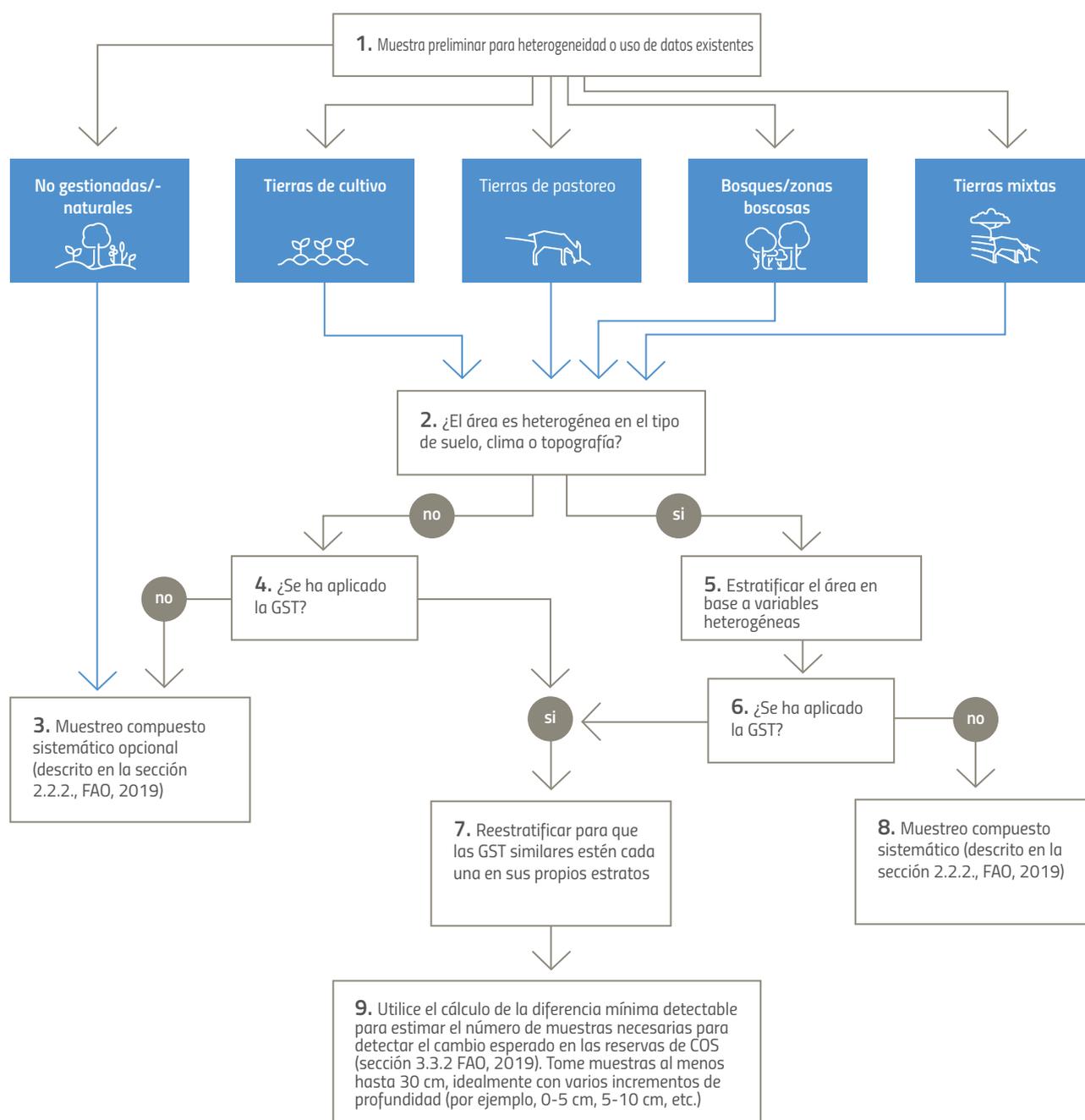


La disminución de la degradación de las tierras por medio de tecnologías de GST a nivel de finca, tanto si implica producción animal, plantaciones de madera o fruta, producción de cultivo o una combinación de cualquiera de ellos, se reflejará en las estadísticas de producción agrícola a lo largo del tiempo si se adoptan en una escala lo suficientemente grande.

La disminución de la degradación de las tierras por medio de tecnologías de GST a nivel de finca, tanto si implica producción animal, plantaciones de madera o fruta, producción de cultivo o una combinación de cualquiera de ellos, se reflejará en las estadísticas de producción agrícola a lo largo del tiempo si se adoptan en una escala lo suficientemente grande. Sin embargo, para afirmar el éxito de estas tecnologías, se deben medir los niveles de COS de referencia de forma representativa, preferiblemente antes de fomentar la tecnología en un punto conflictivo específico de degradación de las tierras. El muestreo debe repetirse a intervalos, el último en 2030, el año de la presentación anual de informes sobre la NDT. En ausencia de una referencia de COS medida, el muestreo emparejado «espacio por tiempo» se puede realizar en el momento de remuestreo señalado, garantizando que tanto los adoptantes como los no adoptantes estén representados adecuadamente (Figura 3).

Está reconocida a nivel global la necesidad de datos e indicadores del suelo unificados y comparables que puedan utilizarse para supervisar los efectos de la GST, y constituye uno de los pilares de la Alianza Mundial por el Suelo de la FAO (pilar 5: «Unificación de métodos, mediciones e indicadores para la gestión sostenible y la protección de

los recursos del suelo»). Esto ha guiado la creación de la Red Global de Laboratorios del Suelo (GLOSOLAN), que podrá coordinar las actividades de las Redes Regionales de Laboratorios del Suelo (RESOLAN). La Red de Laboratorios de Asia Sudoriental (SEALNET) y la Red Latinoamericana de Laboratorios de Suelos (LATSOLAN) ya están activas y se crearán más en 2019. Cada vez se ponen a disposición más recursos para unificar los procedimientos para recopilar y comunicar datos de los suelos a bases de datos centralizados que, en conjunto, mejoran la disponibilidad de datos del suelo. Reconocer los beneficios mutuos de COS en todas las Convenciones de la ONU puede ayudar a extender los recursos disponibles en lo que probablemente sea una tarea relativamente ardua y costosa. Siempre que sea posible, se deben utilizar normas de medición que proporcionen datos generalizables a múltiples iniciativas en la gestión sostenible del suelo. Si existen unas normas de medición recomendadas por el inventario específico de COS o herramientas de evaluación seleccionadas para análisis de NDT, o por GLOSOLAN/RESOLAN, se recomienda utilizar esas normas como guía. **Por ejemplo, si se utiliza SoilGrids para los inventarios de COS, puede resultar más efectivo utilizar las normas de medición del suelo del ISRIC para mejorar directamente la base de datos que se utiliza para los cálculos de SoilGrids. Si se utiliza CBP para evaluar las reservas de COS y sus cambios, este integra recomendaciones para actualizar los valores de referencia del IPCC con información específica de la región y referencias a los procedimientos de ISRIC. El World Agroforestry Center ofrece otro recurso valioso (Aynekulu et al., 2011). De hecho, la existencia de tantos procedimientos de análisis en todo el mundo actúa como una restricción en sí misma: por lo tanto, se recomienda encarecidamente respaldar las normas de unificación de las actividades del pilar 5 de la Alianza Mundial por el suelo de la FAO, a medida que se van desarrollando.**



FAO. 2019 «Medición y modelado de las reservas y cambios en las reservas de carbono del suelo en sistemas de producción ganadera Directrices para la evaluación». Roma. <<http://www.fao.org/3/I9693EN/i9693en.pdf>>

FIGURA 7

El árbol de decisiones 5 ayuda a seleccionar los tipos de enfoques de muestreo para medir el COS y evaluar los cambios en el COS con la GST. Se recomienda como mínimo tomar una muestra de 0-30 cm para estar en línea con los requisitos de la CNULD. También pueden resultar útiles mediciones más profundas de cambios en el COS, pero probablemente no sean tan rentables ni viables.



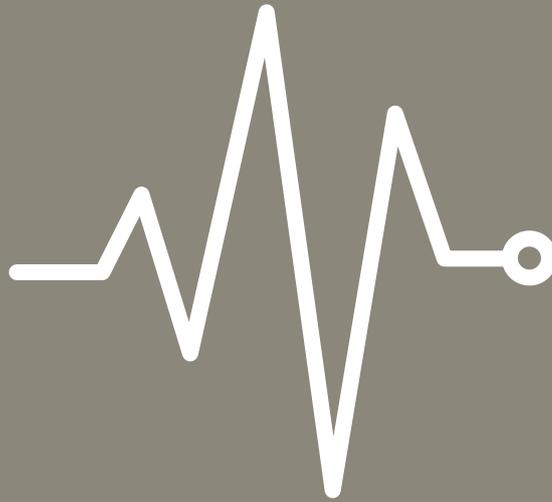
3.4.5 Evaluar el logro de la neutralidad en la degradación de las tierras

El logro de la NDT a través del mantenimiento o la mejora del COS se debe evaluar utilizando toda la información acumulada durante el proceso de NDT, es decir, mediciones del COS, información sobre la gestión de las tierras y conjuntos de datos de apoyo para las evaluaciones del COS (Figura 3). Todos estos esfuerzos deben utilizarse para mejorar el COS de referencia de 2015 con el nivel de resolución más alto posible. Por ejemplo, es posible que las evaluaciones iniciales de COS de 2015 no cuenten con información explícita sobre el historial

El logro de la NDT a través del mantenimiento o la mejora del COS se debe evaluar utilizando toda la información acumulada durante el proceso de NDT, es decir, mediciones del COS, información sobre la gestión de las tierras y conjuntos de datos de apoyo para las evaluaciones del COS (Figura 3).

de gestión de las tierras. Esto puede motivar a los planificadores de la NDT a nivel nacional a recabar esta información durante la implementación de las actividades de NDT. Una herramienta útil para este propósito es LandPKS (<https://landpotential.org/> discutido en la sección 5.4.3). De este modo, las evaluaciones de COS de referencia para 2015 se pueden actualizar con carácter retroactivo para lograr una mayor precisión.

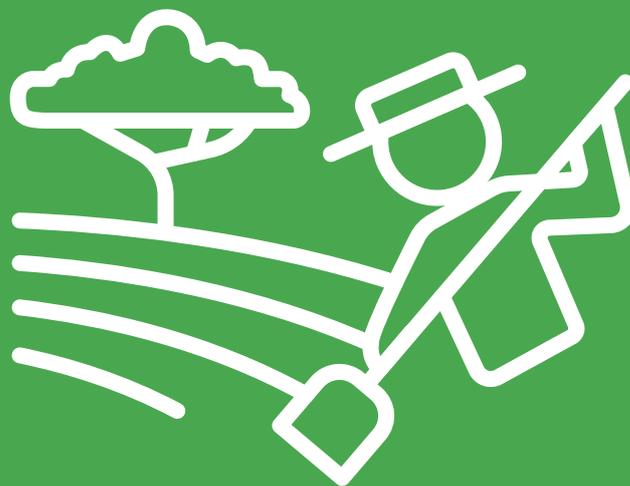
A los efectos de la evaluación de 2030 de COS para verificar el logro de la NDT, los conjuntos de datos más valiosos combinarán tasas de adopción espacialmente explícitas con mediciones repetidas de COS en sitios donde se ha implementado una GST específica, idealmente con intervalos de > 5 años desde la implementación de la GST. Las mediciones que sustituyen el espacio por tiempo en evaluaciones emparejadas serían otro recurso de datos útil, aunque no óptimo. Se trata, en otras palabras, de mediciones únicas de áreas terrestres con y sin adopción de GST que están ubicadas en el mismo sitio, con suelos y climas similares, por lo que se presume que cualquier diferencia entre ellas se debe a diferencias en la gestión (Figura 3). Lo ideal es que la evaluación del COS de 2030 para verificar el logro de la NDT esté en un nivel 2 o 3 de la NDT. Los mayores niveles de certeza provendrán de tipos de tierras y áreas donde se haya supervisado el COS.



Conseguir la unificación de las normas de medición y la supervisión del carbono orgánico del suelo para evaluar el logro de la neutralidad en la degradación de las tierras.







Orientación para administradores de tierras

- | | | |
|------|---|----|
| 4.1. | Implementación de la gestión sostenible de las tierras para mantener o mejorar el carbono orgánico del suelo y lograr la neutralidad en la degradación de las tierras | 86 |
| 4.2. | Estimar y supervisar las reservas de carbono orgánico del suelo | 88 |



GST específicas para mantener o incrementar las prácticas de carbono orgánico del suelo, con el fin de evitar, reducir y revertir la degradación de las tierras.

4.1. Implementación de la gestión sostenible de las tierras para mantener o mejorar el carbono orgánico del suelo y lograr la neutralidad en la degradación de las tierras

1. Seleccionar prácticas de GST que se adapten al contexto socioeconómico local, incluyendo el género, la igualdad y el contexto biofísico:
 - a. Las partes interesadas locales/nacionales relacionadas con las tierras deben identificar las prácticas de GST adecuadas, utilizando los conocimientos locales y tradicionales, el conocimiento híbrido y la evidencia científica relevante.
 - b. La selección de prácticas de GST adecuadas debe tener en cuenta acciones con perspectiva de género, incluidas las actividades de proyectos que abordan de forma proactiva las sensibilidades de género y promueven la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres.
 - c. Emplear información sobre la condición actual de las tierras, incluido el estado de degradación, el potencial inherente de la tierra para mantener o aumentar el COS (es decir, cuándo hay una «laguna de COS» y si es probable que la tierra responda a la gestión) y para ofrecer otros beneficios socioeconómicos y ecológicos enfocadas en **intervenciones de GST para evitar, reducir y revertir la degradación de las tierras.**
 - d. Aprender y aplicar la gestión adaptable: aunque la relación entre la GST y el aumento del COS no siempre se puede «probar», es razonable asumir, en un principio, que las prácticas de GST mantendrán o aumentarán el COS. Conocer las contribuciones de las prácticas de GST para mantener o aumentar el COS y ofrecer otros beneficios socioeconómicos y ecológicos adicionales,



y perfeccionar las propuestas para las prácticas de GST cuando sea necesario.

2. Aplicar **la gestión integrada del entorno**: utilizar herramientas integradas de planificación del uso de las tierras para estimar los efectos acumulativos de las decisiones de uso de las tierras y la gestión actual de las tierras en COS y otros indicadores de la NDT; planificar intervenciones en los paisajes para equilibrar áreas de pérdida anticipada de COS con áreas de recuperación/rehabilitación en el mismo tipo de uso de las tierras. Utilizar herramientas/modelos económicos para estimar los costes, beneficios y riesgos a largo plazo de las opciones de intervenciones de GST;
3. Si bien existe cada vez más evidencia científica del potencial de las prácticas de GST para crear entornos multifuncionales que aborden de manera simultánea la NDT, la adaptación y mitigación del cambio climático basado en las tierras y la conservación de la diversidad biológica, al tiempo que garantizan la cantidad y calidad del suelo y los recursos hídricos, **las evaluaciones de las adopciones de GST deberían incluir evaluaciones de beneficios complementarios y compensaciones entre los servicios de ecosistemas que proporcionan las tierras**, con el fin de contribuir a la base empírica de ejemplos cuantificados de los múltiples beneficios de la GST.
4. Tener en cuenta los efectos en el componente de carbono inorgánico del suelo (CIS), de especial relevancia para las tierras áridas, donde conforma una gran proporción de las reservas totales de carbono del suelo. A pesar de que el CIS es relativamente estable, una gestión inapropiada de las tierras (riego, fertilización química) podría ser la causa de la liberación de CO² derivado del CIS a la *atmósfera*, anulando las iniciativas para el aislamiento de carbono del suelo a través de la GST.

Si bien existe cada vez más evidencia científica del potencial de las prácticas de GST para crear entornos multifuncionales que aborden de manera simultánea la NDT, la adaptación y mitigación del cambio climático basado en las tierras y la conservación de la diversidad biológica, al tiempo que garantizan la cantidad y calidad del suelo y los recursos hídricos, las evaluaciones de las adopciones de GST deberían incluir evaluaciones de beneficios complementarios y compensaciones entre los servicios de ecosistemas que proporcionan las tierras, con el fin de contribuir a la base empírica de ejemplos cuantificados de los múltiples beneficios de la GST.



4.2 Estimar y supervisar las reservas de carbono orgánico del suelo

La NDT se evalúa a través de tres indicadores globales (el cambio de la cubierta terrestre, LCC; cambios en la productividad primaria neta, PPN; y cambios en las reservas de carbono del suelo, COS), además de otros indicadores relevantes a nivel nacional. A menudo, el COS tiene correlación con la PPN y el LCC. Se requiere un menor esfuerzo en la medición del COS si se producen cambios en la PPN y la cubierta terrestre, por lo tanto, las siguientes medidas son importantes:

1. **Centrar la supervisión del COS en sitios donde es el indicador clave** (por ejemplo, en tierras de cultivo y de pastoreo donde la PPN y el LCC son indicadores menos fiables de la degradación de las tierras, como entre diferentes prácticas de gestión de tierras de cultivo; o en sitios donde los procesos de degradación de las tierras no se reflejan fácilmente en la cubierta terrestre y la productividad de las tierras);
2. **Utilizar herramientas/modelos** de evaluación del COS para estimar y mapear el COS en sitios donde el COS no constituye un indicador clave. Escoger una herramienta/modelo apropiado en función de la finalidad: hay distintos modelos/herramientas apropiados para la planificación y la supervisión;

Invertir en la medición y la creación de capacidad puede mejorar los modelos/herramientas para evaluar el COS y reducir las incertezas de los modelos, con el fin de reducir costes en la estimación del COS a largo plazo.

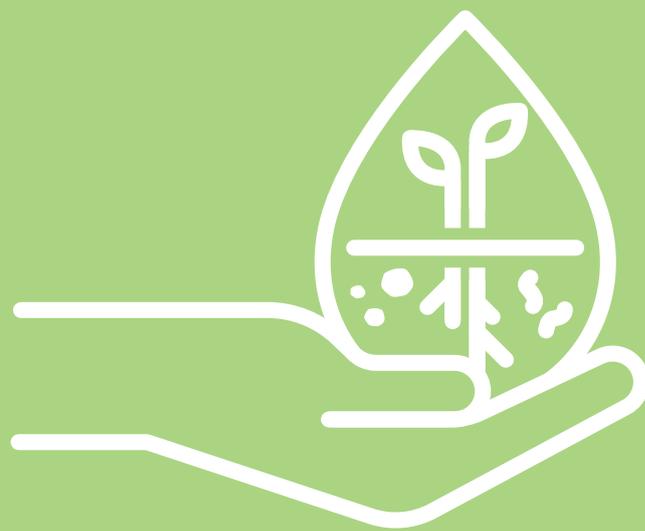
- a. **Utilizar datos nacionales/locales** y conocimientos locales para aplicar herramientas/modelos de evaluación de COS para estimar y supervisar el COS. Existen varios conjuntos de datos internacionales y gratuitos que ofrecen información sobre el COS del suelo. Realizar un inventario de datos y conocimientos a nivel local/nacional; siempre que se identifiquen lagunas, asignar recursos para crear capacidad nacional para el muestreo y análisis de suelos; desarrollar/ampliar los datos nacionales de COS y fortalecer la colaboración con organismos internacionales como la Alianza Mundial por el Suelo (AMS);
 - b. **Invertir en la medición y la creación de capacidad puede mejorar los modelos/herramientas para evaluar el COS y reducir las incertezas de los modelos, con el fin de reducir costes en la estimación del COS a largo plazo.** Utilizar los datos disponibles para probar y mejorar modelos y, cuando los modelos/herramientas para la evaluación del COS no sean los adecuados, asignar recursos para mejorarlos: establecer sitios de referencia en ecosistemas clave, tomar muestras, desarrollar capacidades para el desarrollo de herramientas/modelos. La **cooperación y colaboración regional** podría permitir un enfoque eficiente para probar y desarrollar modelos para agroecosistemas clave y prácticas de GST;
3. **Combinar medidas y herramientas/modelos para la evaluación del COS** puede ser un enfoque eficiente y sólido para minimizar los costes: utilizar la medición para establecer la línea de base, aplicar herramientas/modelos para estimar los cambios en el COS (medir la línea de base con la precisión requerida, en función de si el cambio en el COS se debe estimar con una herramienta/modelo o una nueva medición, que requerirá una mayor precisión). Cuantificar e informar de las incertezas en las mediciones y el modelo.



Combinar herramientas y modelos de medición para evaluar el COS puede ser un enfoque eficiente y sólido para minimizar los costes.







Conclusión y propuestas
orientadas a la creación
de políticas



Propuestas orientadas a políticas para acciones inmediatas con el fin de lograr la neutralidad en la degradación de las tierras a través de tecnologías de gestión sostenible de las tierras y enfoques para mantener y mejorar las reservas de carbono orgánico del suelo

La gestión sostenible de las tierras (GST) es uno de los principales mecanismos para lograr la NDT (Orr et al., 2017). La GST puede mantener y mejorar los niveles de COS fomentando el crecimiento de las plantas, empleando recursos de materia orgánica para reconstituir los suelos y reduciendo las pérdidas de COS (Sanz et al., 2017). El informe técnico de la ICP para el subobjetivo 1.1 proporciona una base científica para gestionar el COS a través de intervenciones de GST diseñadas para lograr la NDT y ofrecer un gran número de beneficios ambientales y en términos de desarrollo. También ofrece orientación para abordar los desafíos a la hora de medir y supervisar el COS. Este informe puede ayudar a los países a identificar tecnologías y enfoques de GST adecuados y específicos según el contexto, para mantener y mejorar las reservas de COS, y ayudar a los países a estimar y supervisar el COS, para la planificación del uso de las tierras y la supervisión de la NDT. Se extraen cuatro conclusiones principales con sus correspondientes propuestas orientadas a la creación de políticas:



Conclusión 1: El COS es un indicador clave de salud de los ecosistemas, y gracias a su papel multifuncional, su sensibilidad a la gestión de las tierras y su relevancia directa para las misiones de las tres convenciones de Río, constituye un criterio clave para identificar tecnologías de GST adecuadas que contribuyan al logro de la NDT;

Propuesta 1. Animar a los países Partes a:

1. emplear tecnologías y enfoques de GST diseñados para mantener o aumentar el COS con el objetivo de lograr múltiples beneficios;
2. utilizar el COS como un indicador para supervisar las intervenciones en NDT basadas en la GST y respaldar el logro de la NDT;
3. alinear la supervisión del COS con la supervisión nacional de la NDT; y
4. compartir la orientación para administradores de tierra a nivel nacional y subnacional.

Conclusión 2: Las dificultades de (i) predecir los posibles cambios en el COS a raíz de las intervenciones de GST y (ii) hacer un seguimiento de los cambios en el COS a nivel temporal y espacial, pueden abordarse utilizando herramientas/modelos desarrollados para estimar las dinámicas del COS. La gestión del COS para la NDT requiere un marco diseñado para respaldar las decisiones de inversión (desde nivel de proyecto hasta nivel nacional), centrar las intervenciones en NDT en zonas en riesgo y respaldar la selección de tecnologías y enfoques de GST apropiados. Dicho marco proporcionaría un enfoque estructurado que permitiría la integración de datos de medición y herramientas/modelos para la evaluación del COS,

para respaldar la planificación de GST e intervenciones de rehabilitación/recuperación adaptadas a nivel local en el contexto de la gestión integrada del uso de las tierras para lograr la NDT.

Propuesta 2. Solicitar a los socios técnicos especializados en la GST, junto con los mecanismos científicos relevantes (por ejemplo, el Panel Técnico Intergubernamental sobre Suelos [ITPS] de la Alianza Mundial por el Suelo [AMS]) el diseño de un marco para la gestión del COS para la NDT con el fin de respaldar las decisiones de inversión, centrar las intervenciones en áreas de riesgo y respaldar la selección de tecnologías y enfoques de GST adaptados a nivel local. Este marco serviría de guía para los países Partes en sus iniciativas para:

1. Evaluar el potencial de las tierras y la condición actual de las mismas como base para identificar áreas prioritarias y evitar, reducir y revertir la degradación;
2. Identificar intervenciones de GST apropiadas para las condiciones locales;
3. Centrar las intervenciones de GST en áreas donde haya riesgo de pérdida de COS o donde exista un alto potencial para aumentar las existencias de COS; e
4. Invertir en la supervisión del COS en sitios donde se recomiende para lograr la NDT y para desarrollar conocimientos sobre la relación entre la GST y el COS con el fin de identificar prácticas de GST que mejoren el COS y cuantifiquen sus beneficios complementarios.



Conclusión 3. Un marco para la gestión del COS con el fin de respaldar la NDT será más efectivo si promueve la igualdad de género y un desarrollo inclusivo, permite a las mujeres invertir en recursos naturales, desarrolla la capacidad de las instituciones locales e involucra a las partes interesadas en la identificación de prácticas adecuadas de GST.

Propuesta 3. Instar a los países Partes y otras partes interesadas a:

1. Integrar acciones con perspectiva de género para promover la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres a través de un diseño con perspectiva de género de evaluaciones preliminares de NDT recomendadas por el Marco Científico Conceptual para la Neutralidad en la Degradación de las Tierras;
2. Desarrollar intervenciones de NDT sensibles al género basadas en la participación de las mujeres en la toma de decisiones para permitir una gobernanza inclusiva de las tierras; e
3. Incluir dimensiones de género en la planificación del uso de las tierras y en el diseño de las intervenciones destinadas al logro de la NDT;
4. Emplear los criterios de evaluación de género, como los desarrollados por la Red Global de Herramientas de las Tierras, facilitados por la ONU-Hábitat.

Conclusión 4: El nivel de certeza necesario en la evaluación del COS varía en función del objetivo de la evaluación. Además, la capacidad nacional para medir y supervisar el COS es altamente variable. Los programas de medición y supervisión deben evaluar el COS a un nivel de certeza adecuado para la aplicación. Se deben llevar a cabo esfuerzos para mejorar la capacidad de los países para la medición y el modelado del COS para abordar las lagunas y limitaciones identificadas en los modelos/herramientas.

Propuesta 4. Animar a los países Partes a que, en colaboración con los socios técnicos y financieros relevantes, afiancen la coordinación y capacidad a nivel nacional para la medición y la supervisión del COS:

1. Reforzando las capacidades de las instituciones técnicas y los recursos humanos al ofrecer orientación sobre la estimación, la supervisión y la presentación de informes de COS para la planificación del uso de las tierras, la supervisión de la NDT y otras aplicaciones;
2. Desarrollando/reforzando capacidades en el diseño de estrategias de muestreo del suelo e implementar programas de medición y supervisión;
3. Desarrollando/mejorando procesos para la garantía de calidad, el almacenamiento de muestras y la retención de datos, con el fin de respaldar el desarrollo de herramientas/modelos para estimar el COS, y
4. Solicitando a socios técnicos interesados relevantes que desarrollen/perfeccionen herramientas/modelos para estimar el COS y utilizarlos para la evaluación de la NDT en sitios donde no se requieren mediciones detalladas de COS.



El carbono orgánico del suelo es un indicador fundamental de la salud de los ecosistemas y un criterio clave para identificar tecnologías de gestión sostenible de las tierras para contribuir al logro de la neutralidad en la degradación de las tierras.



Referencias

- 4 per 1000**, (2017). Understand the “4 per 1000”
Retrieve from: <https://www.4p1000.org/understand> (accessed 3.20.19).
- Abramoff, R.**, Xu, X., Hartmann, M., O’Brien, S., Feng, W., Davidson, E., Finzi, A., Moorhead, D., Schimel, J., Torn, M., Mayes, M.A., (2017). The Millennial model: in search of measurable pools and transformations for modeling soil carbon in the new century. *Biogeochemistry* 137, 51–71. doi:10.1007/s10533-017-0409-7
- AFR100**, (2017). African Forest Landscape Restoration Initiative Retrieve from: URL <https://www.wri.org/our-work/project/AFR100/about-afr100> (accessed 3.24.19).
- Alberta Environment and Water**, (2012). QUANTIFICATION PROTOCOL FOR CONSERVATION CROPPING Version 1.0. ISBN: 978-0-7785-9628-8
- Alexander, S.**, Aronson, J., Whaley, O., Lamb, D., (2016). The relationship between ecological restoration and the ecosystem services concept. *Ecol. Soc.* 21, 34. doi.org/10.5751/ES-09048-210447.
- Aynekulu, E.**, Lohbeck, M., Nijbroek, R.P., Ordoñez, J.C., Turner, K.G., Vågen, T.-G., Winowiecki, L.A., (2017). Review of Methodologies for Land Degradation Neutrality Baselines: Sub-National case studies from Costa Rica and Namibia. Nairobi. Available on <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/80563/Review%20LDN%20Baseline%20Methods.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Aynekulu, E.**, Shepherd, K., (2015). Measuring rangeland health and soil carbon in Africa, in: Milde, Hoag, Bowen (Eds.), *Resilient Mitigation in Sub-Saharan Africa: The State of the Science*. USAID. Available on <http://www.worldagroforestry.org/sites/default/files/Ermias%20%20Keith%20Chapter%20-%20Measuring%20rangeland%20health%20and%20soil%20carbon%20in%20Africa.pdf>
- Aynekulu, E.**, Vagen, T.-G., Shephard, K., Winowiecki, L., (2011). A Protocol for Modeling, Measurement and Monitoring Soil Carbon Stocks in Agricultural Landscapes. Version 1.1. World Agroforestry Centre, Nairobi. Retrieve from: URL <http://www.worldagroforestry.org/soc> (accessed 3.24.19).
- Batjes, N.H.**, (2004). Estimation of soil carbon gains upon improved management within croplands and grasslands of Africa. *Environ. Dev. Sustain* 6, 133–143. <https://doi.org/10.1023/B:ENVI.0000003633.14591.f0>
- Bernoux, M.**, Feller, C., Cerri, C.C., Eschenbrenner, V., Cerri, C.E.P., (2006). Soil carbon sequestration, in: Roose, E., Lal, R., Feller, C., Barthès, B., Stewart, B. (Eds.), *Erosion & Carbon Dynamics*. CRC Publisher. Available on https://www.researchgate.net/publication/298355463_Soil_carbon_sequestration
- Blaikie, P.**, Brookfield, H., Brookfield, H., (2015). *Land Degradation and Society*. Routledge. ISBN-13: 978-1138923072

- Bonn Challenge**, (2017). The Bonn Challenge. Retrieve from: URL <http://www.bonnchallenge.org> (accessed 3.24.19).
- Bordonal, R.O.**, Carvalho, J.L.N., Lal, R., Figueiredo, E.B., Oliveira, B.G., Scala, N., (2018). Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 38, 13. doi:10.1007/s13593-018-0490-x
- Börner, J.**, Baylis, K., Corbera, E., Ezzine-de-Blas, D., Ferraro, P.J., Honey-Rosés, J., Lapeyre, R., Persson, U.M., Wunder, S., (2016). Emerging Evidence on the Effectiveness of Tropical Forest Conservation. *PLoS One* 11, e0159152. doi:10.1371/journal.pone.0159152
- Broeckhoven, N.**, Cliquet, A., (2015). Gender and ecological restoration: Time to connect the dots. *Restor. Ecol.* 23, 729–736.
- Brown, S.**, Lugo, A.E., (1990). Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant Soil* 124, 53–64. doi:10.1007/BF00010931
- Campbell, E.E.**, Field, J.L., Paustian, K., (2018). Modelling soil organic matter dynamics as a soil health indicator, in: Reicosky, D. (Ed.), *Managing Soil Health for Sustainable Agriculture*, Volume 2: Monitoring and Management, Agricultural Science. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK. DOI: 10.19103/AS.2017.0033.21
- Campbell, E.E.**, Paustian, K., (2015). Current developments in soil organic matter modeling and the expansion of model applications: a review. *Environ. Res. Lett.* 10, 123004. doi:10.1088/1748-9326/10/12/123004
- Climate Action Reserve**, (2017). Grassland Project Protocol Version 2.0. Available on <https://www.climateactionreserve.org/how/protocols/grassland/dev/>
- Collantes, V.**, Kloos, K., Henry, P., Mboya, A., Mor, T., Metternicht, G., (2018). Moving towards a twin-agenda: Gender equality and land degradation neutrality. *Environ. Sci. Policy* 89, 247–253. doi:10.1016/j.envsci.2018.08.006
- Cowie, A.L.**, Orr, B.J., 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., (2018). Land in balance: The scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality. *Environ. Sci. Policy* 79, 25–35. doi:10.1016/j.envsci.2017.10.011
- Crowther, T.W.**, Todd-Brown, K.E.O., Rowe, C.W., Wieder, W.R., Carey, J.C., Machmuller, M.B., Snoek, B.L., Fang, S., Zhou, G., Allison, S.D., Blair, J.M., Bridgham, S.D., Burton, A.J., Carrillo, Y., Reich, P.B., Clark, J.S., Classen, A.T., Dijkstra, F.A., Elberling, B., Emmett, B.A., Estiarte, M., Frey, S.D., Guo, J., Harte, J., Jiang, L., Johnson, B.R., Kröel-Dulay, G., Larsen, K.S., Laudon, H., Lavellee, J.M., Luo, Y., Lupascu, M., Ma, L.N., Marhan, S., Michelsen, A., Mohan, J., Niu, S., Pendall, E., Peñuelas, J., Pfeifer-Meister, L., Poll, C., Reinsch, S., Reynolds, L.L., Schmidt, I.K., Sistla, S., Sokol, N.W., Templer, P.H., Treseder, K.K., Welker, J.M., Bradford, M.A., (2016). Quantifying global soil carbon losses in response to warming. *Nature* 540, 104–108. doi:10.1038/nature20150

- De Stefano, A.**, Jacobson, M.G., (2018). Soil carbon sequestration in agroforestry systems: a meta-analysis. *Agrofor. Syst.* 92, 285–299. doi:10.1007/s10457-017-0147-9
- Del Grosso, S.**, Parton, W., Stohlgren, T., Zheng, D., Bachelet, D., Prince, S., Hibbard, K., Olson, R., (2008). Global Potential Net Primary Production Predicted from Vegetation Class, Precipitation, and Temperature. *Ecology* 89, 2117–2126. doi:10.1890/07-0850.1
- Dewitte, O.**, Jones, A., Spaargaren, O., Breuning-Madsen, H., Brossard, M., Dampha, A., Deckers, J., Gallali, T., Hallett, S., Jones, R., Kilasara, M., Le Roux, P., Michéli, E., Montanarella, L., Thiombiano, L., Van Ranst, E., Yemefack, M., Zougmore, R., (2013). Harmonisation of the soil map of africa at the continental scale. *Geoderma* 211–212, 138–153. doi:10.1016/j.geoderma.2013.07.007
- Don, A.**, Schumacher, J., Freibauer, A., (2011). Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis. *Glob. Chang. Biol.* 17, 1658–1670. doi:10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x
- Dregne, H.**, (1976). *Soils of Arid Lands*. Elsevier, Amsterdam. ISBN: 9780080869735
- Dumanski, J.**, (1997). Criteria and indicators for land quality and sustainable land management. *ITC J.* 3, 216–222. Available on <http://www.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/LM/SUSLUP/KeySpeakers/ADumanski.pdf>
- FAO**, (2019). *Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems – Guidelines for assessment*, Version 1. ed. Rome. Available on <http://www.fao.org/3/I9693EN/i9693en.pdf>
- FAO**, (2017). *Unlocking the Potential of Soil Organic Carbon - Outcome Document of the Global Symposium on Soil Organic Carbon*, Global Symposium on Soil Organic Carbon. Rome. ISBN 978-92-5-109759-5
- Fernandez-Raga, M.**, Palencia, C., Keesstra, S.D., Jordan, A., Fraile, R., Angulo-Martinez, M., Cerda, A., (2017). Splash erosion: A review with unanswered questions. *Earth-Science Rev.* doi:10.1016/j.earscirev.2017.06.009
- Field, J.L.**, Evans, S.G., Marx, E., Easter, M., Adler, P.R., Dinh, T., Willson, B., Paustian, K., (2018). High-resolution techno-ecological modelling of a bioenergy landscape to identify climate mitigation opportunities in cellulosic ethanol production. *Nat. Energy* 3, 211. doi:10.1038/s41560-018-0088-1
- Garrity, D.**, Okono, A., Grayson, M., Parrott, S. (Eds.), (2006). *World Agroforestry into the Future*. Nairobi. ISBN 92 9059 184 6
- GEF**, (2018). *Guidance to Advance Gender Equality in GEF Projects and Programs*. Washington DC. Global Environment Facility. Retrieve from: URL <https://www.thegef.org/publications/gef-guidance-gender-equality> (accessed 5.24.19).

- Global Mechanism of the UNCCD**, (2016). Methodological Note to Set National Voluntary Land Degradation Neutrality (LDN) Targets Using the UNCCD Indicator Framework. UNCCD. Available on https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-08/LDN%20Methodological%20Note_02-06-2017%20ENG.pdf
- Gong, L.**, Liu, G., Wang, M., Ye, X., Wang, H., Li, Z., (2017). Effects of vegetation restoration on soil organic carbon in China: A meta-analysis. *Chin. Geogr. Sci.* 27, 188–200. doi: 10.1007/s11769-017-0858-x
- González-Ramírez, J.**, Kling, C.L., Valcu, A., (2012). An Overview of Carbon Offsets from Agriculture. *Annu. Rev. Resour. Econ.* 4, 145–160. doi:10.1146/annurev-resource-083110-120016
- Goudie, A.**, Middleton, N.J., (2006). *Desert Dust in the Global System*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-32355-6
- Grote, U.**, Craswell, E., Vlek, P., (2005). Nutrient flows in international trade: Ecology and policy issues. *Environ. Sci. Policy* 8, 439–451. doi:10.1016/j.envsci.2005.05.001
- Guo, L.B.**, Gifford, R.M., (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Glob. Chang. Biol.* 8, 345–360. doi:10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x
- Haddaway, N.R.**, Hedlund, K., Jackson, L.E., Käterer, T., Lugato, E., Thomsen, I.K., Jørgensen, H.B., Isberg, P.-E., (2017). How does tillage intensity affect soil organic carbon? A systematic review. *Environ. Evid*, 6, 30. <https://doi.org/10.1186/s13750-017-0108-9>
- Han, P.**, Zhang, W., Wang, G., Sun, W., Huang, Y., (2016). Changes in soil organic carbon in croplands subjected to fertilizer management: a global meta-analysis. *Sci. Rep.* 6, 27199. <https://doi.org/10.1038/srep27199>
- Hengl, T.**, Jesus, J.M. de, Heuvelink, G.B.M., Gonzalez, M.R., Kilibarda, M., Blagotić, 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, e0169748. doi:10.1371/journal.pone.0169748
- Hurni, H.**, (1997). Assessing sustainable land management. *Agric. Ecosyst. Env.* 81, 83–92. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00182-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00182-1)
- Ingram, J.S.I.**, Fernandes, E.C.M., (2001). Managing carbon sequestration in soils: concepts and terminology. *Agric. Ecosyst. Environ.* 87, 111–117. doi:10.1016/S0167-8809(01)00145-1
- Initiative 20x20**, (2017). Initiative 20x20. Retrieve from: URL <http://www.wri.org/our-work/project/initiative-20x20/restoration-commitments> (accessed 3.24.19).
- IPBES**, (2018). Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Secretariat of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany. ISBN No: 978-3-947851-04-1

- IPCC**, (2006a). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Glossary. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, in: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), . Hayama, Japan.
- IPCC**, (2006b). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.
- Jawson, M.D.**, Shafer, S.R., Franzluebbers, A.J., Parkin, T.B., Follett, R.R., (2005). GRACEnet: Greenhouse gas reduction through agricultural carbon enhancement network. *Soil Tillage Res* 83, 167–172. doi:doi:10.1016/j.still.2005.02.015
- Lal, R.**, (2019). Promoting “4 per thousand” and “adapting African agriculture” by south-south cooperation: conservation agriculture and sustainable intensification. *Soil Tillage Res.* 188, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.12.015>
- Lal, R.**, (2018). Digging Deeper: A Wholistic Perspective of Factors Affecting SOC Sequestration. *Glob. Chang. Biol.* 28. doi:10.1111/gcb.14054.
- Lal, R.**, (2002). Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. *Env. Pollut.* 116, 353–362. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00211-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00211-1)
- Lal, R.**, Kimble, J.M., Stewart, B.A., (2000). *Global Climate Change and Pedogenic Carbonates*. Lewis/CRC Press, Boca Raton. ISBN-13: 978-1566704588
- Le, Q.B.**, Thomas, R., Bonaiuti, E., (2017). Global Geo-informatics Options by Context (GeOC) Tool for Supporting Better Targeting and Scaling-out of Sustainable Land Management: Designing the System and Use Cases. Available on <http://hdl.handle.net/20.500.11766/7358>
- Lehmann, J.**, Kleber, M., (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature* 528, 60–68. doi:10.1038/nature16069
- Li, S.**, Lobb, D.A., Lindstrom, M.J., Papiernik, S.K., Farenhorst, A., (2008). Modelling tillage-induced redistribution of soil mass and its constituents within different landscapes. *oil Sci. Soc. Am. J.* 72, 167–179. doi:10.2136/sssaj2006.0418
- Lobb, D.A.**, (2011). Understanding and managing the causes of soil variability. In: *Recent Advances in Precision Conservation*. *J. Soil Water Conserv.* 66, 175A–179A. doi:10.2489/jswc.66.6.175A
- Luo, Z.**, Wang, E., Sun, O.J., (2010). Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agric. Ecosyst. Environ.* 139, 224–31. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.08.006>
- MA**, (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC. ISBN 1-59726-040-1
- MacCarthy, D.S.**, Agyare, W.A., Vlek, P.L.G., (2018). Evaluation of soil properties of the Sudan Savannah ecological zone of Ghana for crop production. *Ghana J. Agric. Sci.* 52, 95-104–104. Available on <https://www.ajol.info/index.php/gjas/article/view/179646/169004>

- Maillard, É.,** Angers, D.A., (2014). Animal manure application and soil organic carbon stocks: a meta-analysis. *Glob. Chang. Biol.* 20, 666–79. <https://doi.org/10.1111/gcb.12438>
- Mäkipää, R.,** Liski, J., Guendehou, S., Malimbwi, R., Kaaya, A., (2012). Soil carbon monitoring using surveys and modelling: General description and application in the United Republic of Tanzania. Food and Agriculture Organization of The UNITED NATIONS, Rome, Italy. ISBN 978-92-5-107271-4
- McDaniel, M.D.,** Tiemann, L.K., Grandy, A.S., (2014). Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecol. Appl.* 24, 560–70. doi:<https://doi.org/10.1890/13-0616.1>
- Mello, F.F.C.,** Cerri, C.E.P., Davies, C.A., Holbrook, N.M., Paustian, K., Maia, S.M.F., Galdos, M. V, Bernoux, M., Cerri, C.C., (2014). Pay-back time for soil carbon and sugar-cane ethanol. *Nat. Clim. Chang.* 4, 605–609. doi:[10.1038/nclimate2239](https://doi.org/10.1038/nclimate2239)
- Milne, E.,** Aynekulu, E., Bationo, A., Batjes, N.H., Boone, R., Conant, R., Davies, J., Hanan, N., Hoag, D., Herrick, J.E., Knausenberger, W., Neely, C., Njoka, J., Ngugi, M., Parton, B., Paustian, K., Reid, R., Said, M., Shepherd, K., Swift, D., Thornton, P., Williams, S., (2016). Grazing lands in Sub-Saharan Africa and their potential role in climate change mitigation: What we do and don't know. *Environ. Dev.* 19, 70–74. doi:[10.1016/j.envdev.2016.06.001](https://doi.org/10.1016/j.envdev.2016.06.001)
- Milne, E.,** Paustian, K., Easter, M., Sessay, M., Al-Adamat, R., Batjes, N.H., Bernoux, M., Bhattacharyya, T., Cerri, C.C., Cerri, C.E.P., Coleman, K., Falloon, P., Feller, C., Gicheru, P., Kamoni, P., Killian, K., Pal, D.K., Powlson, D.S., Williams, S., Rawajfeh, Z., (2007). An increased understanding of soil organic carbon stocks and changes in non-temperate areas: National and global implications. *Agric. Ecosyst. Environ.* 122, 125–36. DOI: [10.1016/j.agee.2007.01.012](https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.01.012)
- Monger, H.C.,** Kraimer, R.A., Khresat, S.E., Cole, D.R., Wang, X., Wang, J., (2015). Sequestration of inorganic carbon in soil and groundwater. *Geology* 43, 375–378. DOI: [10.1130/G36449.1](https://doi.org/10.1130/G36449.1)
- Nie, X.,** Li, Z., Huang, J., Huang, B., Xiao, H., Zeng, G., (2017). Soil Organic Carbon Fractions and Stocks Respond to Restoration Measures in Degraded Lands by Water Erosion. *Environ. Manage.* 59, 816–825. doi:[10.1007/s00267-016-0817-9](https://doi.org/10.1007/s00267-016-0817-9)
- Nijbroek, R.,** Piikki, K., Söderström, M., Kempen, B., Turner, K.G., Hengari, S., Mutua, J., (2018). Soil Organic Carbon Baselines for Land Degradation Neutrality: Map Accuracy and Cost Tradeoffs with Respect to Complexity in Otjozondjupa, Namibia. *Sustainability* 10, 1610. doi:[10.3390/su10051610](https://doi.org/10.3390/su10051610)
- Noellemeyer, E.,** Frank, F., Alvarez, C., Morazzo, G., Quiroga, A., (2008). Carbon contents and aggregation related to soil physical and biological properties under a land-use sequence in the semiarid region of central Argentina. *Soil Tillage Res.* 99, 179–190. doi:[10.1016/j.still.2008.02.003](https://doi.org/10.1016/j.still.2008.02.003)

- Ogle, S.M.**, Buendia, L., Butterbach-Bahl, K., Breidt, F.J., Hartman, M., Yagi, K., Nayamuth, R., Spencer, S., Wirth, T., Smith, P., (2013). Advancing national greenhouse gas inventories for agriculture in developing countries: improving activity data, emission factors and software technology. *Environ. Res. Lett.* 8, 015030. doi:10.1088/1748-9326/8/1/015030
- Okpara, U.T.**, Stringer, L.C., Akhtar-Schuster, M., (2019). Gender land Degradation Neutrality: A Cross-Country Analysis to Support more Equitable Practices. *L. Degrad. Dev.* doi:10.1002/ldr.3326
- Oldfield, E.E.**, Bradford, M.A., Wood, S.A., (2019). Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. *SOIL* 5, 15–32. doi:https://doi.org/10.5194/soil-5-15-2019
- Oliveira, D.M. da S.**, Paustian, K., Davies, C.A., Cherubin, M.R., Franco, A.L.C., Cerri, C.C., Cerri, C.E.P., (2016). Soil carbon changes in areas undergoing expansion of sugarcane into pastures in south-central Brazil. *Agric. Ecosyst. Environ.* 228, 38–48. DOI: 10.1016/j.agee.2016.05.005
- Orr, B.J.**, Cowie, A.L., Castillo Sanchez, V.M., Casek, P., Crossman, N.D., Erlewein, A., Louwagie, G., Maron, G.I., 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. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn, Germany. ISBN 978-92-95110-59-5
- Parton, W.J.**, B, S.J.W., Cole, C.V., (1988). Dynamics of C, N, P and Sin grassland soils: A model. *Biogeochemistry* 5, 109–131. https://doi.org/10.1007/bf02180320
- Rockstrom, J.**, Kaumbutho, P., Mwalley, J., Nzabi, A.W., Temesgen, M., Mawenya, L., Barron, J., Muta, J., Da, gaard-Larsen, S., (2009). Conservation farming strategies in East and Southern Africa: Yields and rainwater productivity from on-farm action research. *Soil Tillage Res.* 103, 23–32. DOI: 10.1016/j.still.2008.09.013
- Running, S.W.**, (2008). Ecosystem Disturbance, Carbon, and Climate. *Science* (80-.). 321, 652–653. doi:10.1126/science.1159607
- Samandari, A.M.**, (2017). Global Gender-Responsive Land Degradation. Bonn. Available on https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/3.%20Gender-Responsive%20BLDN__A_M__Samandari.pdf
- Sanz, M.J.**, de Vente, J., Chotte, J.-L., Bernoux, M., Kust, G., Rulz, I., Almagro, M., Alloza, J.-A., Vallejo, R., Castillo, V., Hebel, A., Akhtar-Schuster, M., (2017). Sustainable Land Management contribution to successful landbased climate change adaptation and mitigation. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany. ISBN 978-92-95110-96-0
- SER**, (2004). The SER primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration International. Washington, D.C., USA. Available on https://www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/682_SERPrimer.pdf
- Shepherd, K.D.**, Hubbard, D., Fenton, N., Claxton, K., Luedeling, E., de Leeuw, J., (2015a). Development goals should enable decision-making. *Nature* 523, 152–154. doi:10.1038/523152a

- Shepherd, K.D.,** Shepherd, G., Walsh, M.G., (2015b). Land health surveillance and response: A framework for evidence-informed land management. *Agric. Syst.* 132, 93–106. doi:10.1016/j.agsy.2014.09.002 <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.09.002>
- Shepherd, K.D.,** Walsh, M.G., (2007). Infrared spectroscopy - enabling an evidence based diagnostic surveillance approach to agricultural and environmental management in developing countries. *J. Near Infrared Spectrosc.* 15, 1–19. <https://doi.org/10.1255%2Fjnirs.716>
- Solomun, M.K.,** Barger, N., Keesstra, S., Cerda, A., Marković, M., (2018). Assessing land condition as a first step to achieving Land Degradation Neutrality: A case study of the Republic of Srpska. *Environ. Sci. Policy* 90, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.09.014>
- Spencer, S.,** Ogle, S.M., Breidt, F.J., Goebel, J., Paustian, K., (2011). Designing a national soil carbon monitoring network to support climate change policy: a case example for US agricultural lands. *Greenh. Gas Meas. Manag.* 1, 167–178. <https://doi.org/10.1080/20430779.2011.637696>
- Stevenson, J.R.,** Vlek, P., (2018). Assessing the Adoption and Diffusion of Natural Resource Management Practices: Synthesis of a New Set of Empirical Studies. Independent Science and Partnership Council (ISPC), Rome. Available on https://ispc.cgiar.org/sites/default/files/pdf/ispc_synthesis_study_nrm.pdf
- 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. *Agric. Ecosyst. Environ.* 164, 80–99. doi:10.1016/j.agee.2012.10.001
- Stoorvogel, J.J.,** Smaling, E.M.A., (1990). Assessment of soil nutrient depletion in sub-Saharan Africa: 1983-2000. 1. Main report. Rep. Winand Star. Cent. Neth. ISSN 0924-3062
- Toudert, A.,** Braimoh, A., Bernoux, M.M.Y., St-Louis, M., Abdelmagied, M., Bockel, L., Ignaciuk, A., Zhao, Y., (2018). Carbon Accounting Tools for Sustainable Land Management. The World Bank. Available on <http://documents.worldbank.org/curated/en/318251544164909341/pdf/132767-6-12-2018-14-1-54-SLMFullReportFINAL.pdf>
- Trivedi, P.,** Delgado-Baquerizo, M., Anderson, I.C., Singh, B.K., (2016). Response of Soil Properties and Microbial Communities to Agriculture: Implications for Primary Productivity and Soil Health Indicators. *Front. Plant Sci.* 7. doi: 10.3389/fpls.2016.00990
- UN-HABITAT, IIRR, GLTN.,** (2012). Handling Land, Tools for land governance and secure tenure. ISBN 978-92-1-132438-9

- UN Women**, (2017). Towards a gender-responsive implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification. New York, USA [WWW Document]. URL <http://www.unwomen.org/en/digital-library/publications/2018/2/towards-a-gender-responsive-implementation-of-the-un-convention-to-combat-desertification> (accessed 5.24.19).
- UNCCD**, (2017a). The Global Land Outlook, first edition. Bonn, Germany. Available on https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO%20English_Full_Report_rev1.pdf
- UNCCD**, (2017b). Turning the tide: the gender factor in achieving land degradation neutrality. Bonn, Germany Retrieve from: URL <https://www.unccd.int/publications/turning-tide-gender-factor-achieving-land-degradation-neutrality> (accessed 5.24.19).
- UNCCD**, SPI., (2015). Pivotal Soil Carbon science-policy brief. UNCCD. Available on https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2015_PolicyBrief_SPI_ENG_0.pdf
- UNCCD**, (2018). Gender Action Plan (GAP). Bonn, Germany. <https://www.unccd.int/publications/gender-action-plan>
- UNEA**, (2019). Promoting gender equality and the human rights and empowerment of women and girls in environmental governance (UNEP/EA.4/L.21.), Nairobi, Kenya. Retrieve from: URL <http://web.unep.org/environmentassembly/ministerial-declaration-resolutions-and-decisions-unea-4> (accessed 5.24.19).
- UNEP**, (2019). New UN Decade on Ecosystem Restoration offers unparalleled opportunity for job creation, food security and addressing climate change. Retrieve from: URL <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/new-un-decade-ecosystem-restoration-offers-unparalleled-opportunity?fbclid=IwAR3Av9DeyZId19HI4hk60StOfae-8aQcGqJhVC6OzHNlsthSohq2RWNsil> (accessed 3.5.19).
- UNEP**, (1991). Status of desertification and implementation of United Nations plan of action to combat desertification. Nairobi, Kenya. Available on <https://digitallibrary.un.org/record/137199>
- United Nations General Assembly**, (2015). Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Available on https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E
- United Nations General Assembly**, (1992). Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Annex II. Agenda 21. Rio de Janeiro, 3-14 June 1992.
- Vågen, T.-G.**, Winowiecki, L.A., Tondoh, J.E., Desta, L.T., Gumbricht, T., (2016). Mapping of soil properties and land degradation risk in Africa using MODIS reflectance. *Geoderma* 263, 216–225. doi:10.1016/j.geoderma.2015.06.023
- Vlek, P.L.G.**, (2005). Nothing Begets Nothing: The Creeping Disaster of Land Degradation. United Nations University-Institute for Environment and Human Security

(UNU-EHS). Available on <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:1855/pdf4009.pdf>

- Vlek, P.L.G.,** Le, Q.B., Temene, L., (2010). Assessment of land degradation, Its possible causes and threat to food security in Sub-Saharan Africa. CRC Press. ISBN 978-1-4398-0057-7
- Winowiecki, L.,** Vågen, T.-G., Massawe, B., Jelin-ski, N.A., Lyamchai, C., Sayula, G., Msoka, E., (2016). Landscape-scale variability of soil health indicators: effects of cultivation on soil organic carbon in the Usambara Mountains of Tanzania. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 105, 263–74. <https://doi.org/10.1007/s10705-015-9750-1>
- Winslow, M.,** Sommer, S., Bigas, H., Martius, C., Vogt, J., Akhtar-Schuster, M., Thomas, R., (2011). Understanding Desertification and Land Degradation Trends, in: Proceedings of the UNCCD First Scientific Conference. Buenos Aires. ISBN 978-92-79-21135-5
- WMO/UNEP,** (2001). Impact, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Third IPCC Report. Geneva. ISBN 0 521 80768 9
- WOCAT,** (2007). Where the Land is Greener: Case Studies and Analysis of Soil and Water Conservation Initiatives Worldwide. ISBN 978-92-9081-339-2
- World Bank,** (2012). Carbon sequestration in agricultural soils (English). Washington, DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/751961468336701332/Carbon-sequestration-in-agricultural-soils>
- Zach, A.,** Tiessen, H., Noellemeier, E., (2006). Carbon Turnover and Carbon-13 Natural Abundance under Land Use Change in Semiarid Savanna Soils of La Pampa, Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 1541–1546. doi:10.2136/sssaj2005.0119
- Ziadata, F.,** Bunning, S., De Pauw, E., (2017). Land resource planning for sustainable land management. ISBN 978-92-5-109896-7

Optimizar las intervenciones basadas en tierras para obtener múltiples beneficios requiere la capacidad de hacer lo correcto, en el lugar correcto, en el momento correcto y a la escala correcta. El carbono orgánico es fundamental para lograr unos suelos productivos y sanos, y para mitigar el cambio climático y adaptarnos a él, pero es difícil de gestionar sin una medición efectiva.



Optimizar las intervenciones basadas en tierras para obtener múltiples beneficios requiere la capacidad de hacer lo correcto, en el lugar correcto, en el momento correcto y a la escala correcta. El carbono orgánico es fundamental para lograr unos suelos productivos y sanos, y para mitigar el cambio climático y adaptarnos a él, pero es difícil de gestionar sin una medición efectiva.

El reporte técnico de la ICP de la CNUCLD «Aprovechar los beneficios del carbono de las prácticas de gestión sostenible de las tierras: directrices para estimar el carbono orgánico del suelo en el contexto de la degradación de las tierras» ofrece una guía para tomar decisiones relativas a la estimación del carbono orgánico del suelo (COS) en apoyo del despliegue apropiado de las tecnologías de gestión sostenible de las tierras (GST), con el fin de mantener o aumentar el carbono del suelo y contribuir a lograr la neutralidad de la degradación de las tierras (NDT). El reporte se elaboró para respaldar la necesidad de herramientas políticas que ofrecieran orientación sobre métodos unificados para realizar estimaciones precisas de los cambios en las existencias del suelo de COS resultantes de las intervenciones de GST.

El reporte proporciona un marco y un conjunto de árboles de decisión para ayudar a los países a i) identificar prácticas y enfoques de GST adecuados y específicos de la región para mantener o mejorar las existencias de COS, y ii) estimar y supervisar el COS para planificar el uso de las tierras y supervisar la NDT. También ofrece una lista comparativa de herramientas y modelos para la evaluación y selección de COS para los enfoques y tecnologías de GST, incluidos los enfoques para supervisar los cambios en las existencias de COS desde escalas locales a nacionales.

ISBN 978-92-95110-99-1 (copia impresa)

ISBN 978-92-95117-05-1 (copia electrónica)

Descargue el Informe Político-Científico correspondiente aquí:



www.unccd.int/spi2019-brief1

CONVENCION DE LAS NACIONES UNIDAS DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACION

Platz der Vereinten Nationen 1, 53113 Bonn, Alemania
Dirección postal: PO Box 260129, 53153 Bonn, Alemania
Tel. +49 (0) 228 815 2800
Fax: +49 (0) 228 815 2898/99
E-mail: secretariat@unccd.int
Sitio web: www.unccd.int



United Nations
Convention to Combat
Desertification

La misión de la Interfaz Ciencia-Política (ICP) de la CLD es facilitar un diálogo bidireccional entre científicos y actores políticos que garantice la entrega de información, con base científica, políticamente relevante, el conocimiento y asesoramiento.

UNCCD SPI Science - Policy
Interface