Karen Montiel
Muhammad Ibrahim

Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático

Sistematización del ciclo de foros virtuales | Año Internacional de los Suelos (AIS) 2015

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2016

Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático: sistematización del ciclo de foros virtuales en el marco del Año Internacional de los Suelos (AIS) 2015 se encuentra bajo una Licencia Creative Commons
Reconocimiento-Compartir igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO)
(http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/)
Creado a partir de la obra en www.iica.int.

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

Esta publicación está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio web institucional en http://www.iica.int

Corrección de estilo: Olga Patricia Arce
Diseño de portada: Carlos Umaña
Diagramación: Carlos Umaña
Impresión: Publicación digital

Tabla de contenidos

1. Introducción **5**

2. Metodología **7**

3. ¿Qué es el manejo integrado del suelo para la agricultura? **9**

4. Recuperación de los suelos degradados en América Latina para mitigar efectos de cambio climático **13**

4.1 Estrategias para la recuperación de pasturas degradadas 14
4.2 Opciones de recuperación de los suelos con sistemas agroforestales 15
4.3 Fertilización y manejo de suelos a gran escala en caña de azúcar 15
4.4 Recuperación de suelos en áreas desertificadas 16
4.5 Tecnologías y extensión para la productividad y la agricultura resiliente 18
4.6 Gestión sustentable del suelo y de los residuos agrícolas y pecuarios 20

5. Políticas públicas y oportunidades de financiamiento para promover el manejo integrado de los suelos en ALC **22**
5.1 Normativas técnicas y planes en la gestión pública para el manejo del suelo en Uruguay 22
5.2 Instrumentos o esquemas económicos para el manejo del suelo 23
5.3 Combinación de políticas públicas e incentivos financieros 24

6. Conclusiones **26**

7. Referencias **28**

1. Introducción

Cuatro quintas partes de los alimentos necesarios para más de nueve mil millones de personas en el 2050 provendrán de las tierras existentes a través de la intensificación de la producción agrícola y se prevé que un gran porcentaje de esta demanda de alimentos sea satisfecha por los países de América Latina y el Caribe (ALC). Coincidentemente, la alta vulnerabilidad de muchos países de la región, acentuada en gran medida por los efectos adversos de la variabilidad climática y el cambio climático, representan mayores amenazas para la producción agropecuaria, la seguridad alimentaria y nutricional y el desarrollo sostenible.

Actualmente, los países de ALC se ven expuestos a los efectos del cambio climático. Esto incluye los cambios en los patrones de lluvias, el incremento en las temperaturas y la intensidad de los eventos extremos que condicionan la productividad del sector agropecuario de las Américas y la conservación de los recursos naturales.

El cambio climático constituye uno de los disparadores de la degradación de los suelos y las acciones antrópicas, como el uso de prácticas agrícolas no sustentables, provocan erosión, sedimentación de ríos, pérdida de fuentes de agua y de cobertura vegetal y pérdida de biodiversidad, lo que agrava los impactos climáticos.

El suelo es un sistema natural de gran complejidad en términos de los procesos físicos, químicos y biológicos. Estos procesos mantienen la vida de otros ecosistemas, los ciclos de nutrientes y ciclos del agua y, por lo tanto, favorecen la sobrevivencia humana.

Estimaciones de FAO (2011) indican que una cuarta parte de la tierra del planeta presenta una tendencia elevada a la degradación o son tierras fuertemente degradadas. Según Gardi *et al*. (2014), más de la mitad de los 576 millones de hectáreas de la tierra cultivable de América Latina, particularmente el 74 % en Mesoamérica y el 45 % en Suramérica, son afectadas por procesos de degradación debido a cambios en el uso del suelo, sobreexplotación, el cambio climático y la inequidad social. Esto muestra la vulnerabilidad climática que existe en la región y que generalmente es más crítica para los pequeños productores.

El enfoque de manejo integrado de suelos (MIS) puede aminorar estos efectos negativos al destacar las propiedades físicas del suelo y de la materia orgánica para mejorar la fertilidad, la disponibilidad del agua, la cubierta vegetal, la optimización de los ciclos de nutrientes y las técnicas de conservación.

Encauzar esfuerzos en el buen manejo y conservación del suelo es apremiante. En congruencia con los retos mencionados, en la 68ava sesión de la Asamblea General de las Naciones Unidas, efectuada en Nueva York, los países del mundo reconocieron la importancia de los suelos para el desarrollo agrícola, las funciones esenciales de los ecosistemas, la seguridad alimentaria y el mantenimiento de la vida sobre la tierra y declararon el 2015 como Año Internacional del Suelo (AIS).

De acuerdo con los mandatos de los gobiernos de ALC en estrecha relación con la Agenda Global de Desarrollo post 2015, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) busca contribuir al desarrollo

e implementación de políticas para impulsar procesos de planificación de la agricultura relacionados con la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos, así como aumentar las capacidades de los actores con respecto al manejo adecuado del suelo y el uso eficiente del recurso hídrico (PMP 2014-2018).

El ciclo de foros virtuales en conmemoración del AIS 2015 sobre el **MIS para una Agricultura Resiliente al Cambio Climático**, organizado por el IICA en conjunto con instituciones nacionales y organizaciones internacionales, se enfocó en los siguientes objetivos:

- Intercambiar información y experiencias con respecto al estado del arte de la degradación de los suelos, los avances en desarrollos tecnológicos para el manejo integrado del suelo y su impacto en la productividad agrícola, servicios ecosistémicos y los casos de adaptación y mitigación al cambio climático en ALC.
- Promover agendas de investigación y cooperación en el tema del manejo integrado de suelos.
- Crear un espacio de diálogo sobre políticas públicas para el manejo integrado del suelo en ALC.

Esta iniciativa buscó resaltar la importancia del suelo como un sistema básico para la vida, así como la necesidad de manejarlo de manera sostenible para combatir y mitigar los desafíos de nuestro tiempo: promover la seguridad alimentaria, gestionar eficientemente los recursos naturales, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, en un contexto de cambio climático, mediante la implementación de políticas públicas efectivas y el uso de prácticas agrícolas sostenibles.

2. Metodología

El ciclo constó de cinco foros técnicos impartidos virtualmente y facilitó un espacio para aumentar conocimientos y concientizar a las personas sobre la importancia del manejo integrado del suelo en el contexto latinoamericano. Este ciclo es parte de las iniciativas del componente cuatro sobre "Uso eficiente del agua y manejo sostenible del suelo" del Proyecto Insignia de Resiliencia y Gestión Integral de Riesgos Ambientales para la Producción Agropecuaria del IICA.

En el ciclo de foros virtuales se registraron 317 conexiones virtuales que junto con los 69 participantes presenciales alcanzan más de 386 participantes de 16 países de ALC.

Se agradece la participación de los expositores de las distintas organizaciones que impartieron los foros, a saber: Dr. Miguel Ángel Ayarza de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Ing. Antero Cabrera del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Paraguay, Dr. Muhammad Ibrahim del IICA, Ing. Horacio Rodríguez Vázquez del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Dr. Julio César Alegre Orijuela de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) de Perú, Dr. Mauricio Ávila de la empresa Nutrient Recovery and Upcycling de Wisconsin, Ing. Orlando Pereira del Proyecto ECONORMAS / el Mercado Común del Sur (MERCOSUR) en Brasil, Dra. Paola Agostini de la Práctica Global en Medio Ambiente y Recursos Naturales del Banco Mundial, Ing. Gabriela Sánchez de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (RENARE) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Uruguay (MGAP), el Lic. Orlando Vega Charpentier del IICA y todas las personas que participaron o apoyaron en los foros. Los expositores explicaron el contexto actual, opciones tecnológicas y procesos de extensión que están siendo efectivos, así como las políticas y oportunidades de financiamiento para conservar el suelo o recuperarlo de los procesos de degradación.

Foto: Daniela Medina.

3. ¿Qué es el manejo integrado del suelo para la agricultura?[1]

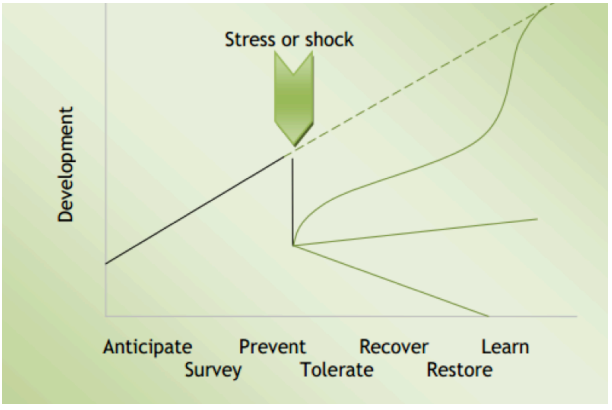
El suelo es un componente importante de los sistemas de producción que puede contribuir a mejorar la calidad y productividad agropecuaria y su asociación con el cambio climático.

Los sistemas de producción actuales se ven limitados para atender las necesidades de alimento de la población creciente y a la vez mitigar los efectos del cambio climático. Por ello es necesario promover sistemas agropecuarios que sean polifuncionales, es decir, sistemas más productivos y diversos, que permitan mejorar las condiciones del suelo y la eficiencia de utilización de los nutrientes y el agua, de manera que favorezcan los servicios ecosistémicos y coadyuven a mitigar las emisiones de CO_2 y N_2O. De esta forma, se aumenta la capacidad de resiliencia de los sistemas productivos al cambio climático.

Se dice que un sistema productivo, una persona o un ecosistema es resiliente cuando tiene la capacidad para resistir o recuperarse del estrés o de los choques que sufre y así regresar al nivel anterior de desempeño productivo o de crecimiento (The Montpellier Panel 2012). Los sistemas productivos tienen límites, pero estos pueden mejorarse cuando se maneja la integridad y la capacidad productiva del sistema y son suficientemente diversos para tolerar los cambios (Ayarza 2015).

La figura 1 muestra varias etapas del desarrollo para responder a algún tipo de perturbación previsible (estrés) como por ejemplo, en el caso agrícola, el déficit hídrico de un sistema productivo o perturbaciones imprevisibles (choques) como una sequía, una inundación, el brote de una plaga o un evento extremo. Estas etapas parten de la capacidad que tenga el sistema para anticipar la perturbación hasta la restauración, donde el proceso de aprendizaje es un elemento clave para responder a los eventos climáticos que puede enfrentar el productor o el ecosistema (The Montpellier Panel 2012).

Figura 1. Rango de respuestas a las tensiones y choques.



Fuente: The Montpellier Panel 2012.

1. Con base en las presentaciones de: Dr. Miguel Ángel Ayarza, Jefe del Departamento de Sistemas de Producción Intensivos y Sostenibles, CORPOICA, Colombia, Ing. Antero Cabrera, Departamento de Pasturas del MAG, Paraguay, y Dr. Muhammad Ibrahim, Director Asociado de Cooperación Técnica del IICA, Costa Rica.

Uno de los principales problemas ambientales que limita la capacidad productiva del sector agropecuario es la degradación de los suelos. Según datos de la FAO (2014), el 14 % de la degradación mundial de los suelos ocurre en ALC. Esta situación es más grave en las tierras de Mesoamérica y América del Sur, donde cuatro países de la región presentan más del 40 % de sus tierras degradadas y en 14 países la degradación afecta entre 20 % y 40 % de la superficie nacional.

Sin embargo, una manera de aumentar la resiliencia del sector es mediante el manejo integral de los suelos que contribuye a crear condiciones edafológicas favorables para el buen crecimiento de los cultivos, la germinación de las semillas, el crecimiento de las raíces, el desarrollo de las plantas, la formación del grano y la cosecha (Barber 2000) (recuadro 1).

Recuadro 1. Principios generales para el manejo de suelos.

- Aumentar la cobertura de los suelos.
- Aumentar la materia orgánica del suelo.
- Aumentar la infiltración y la retención de humedad.
- Reducir la escorrentía.
- Mejorar las condiciones de enraizamiento.
- Mejorar la fertilidad química y la productividad.
- Reducir los costos de producción.
- Proteger las parcelas.
- Reducir la contaminación del suelo y del ambiente.

En el pasado, el modelo agrícola de la revolución verde permitió resolver un déficit importante en la producción de alimentos; sin embargo, estos modelos caracterizados por un alto contenido tecnológico y un uso amplio de fertilizantes, agroquímicos y sistemas de riego, han generado problemas de degradación ambiental, contaminación del suelo y aguas, erosión genética y han estimulado la inequidad, en vista de que los beneficios no fueron extendidos a los pequeños productores.

Actualmente se está generando un cambio de paradigma en la manera de desarrollar la agricultura hacia un modelo basado en la intensificación sostenible de la producción. Se ve al hombre como parte de la fórmula que genera un balance entre el suelo y el clima. Cada vez más productores están haciendo un MIS agropecuario y de labranza conservacionista para mejorar y conservar los niveles de materia orgánica en los suelos.

Existen opciones tecnológicas implementadas en regiones del trópico subhúmedo y húmedo basadas en la intensificación sostenible. Los nuevos sistemas de producción permiten incrementar la productividad y diversidad agrícola, mejorar las condiciones del suelo y la eficiencia de utilización de los nutrientes y el agua, prestan servicios ambientales, reducen las emisiones de CO_2 y N_2O y son más resilientes a fenómenos climáticos de corto y largo plazo.

La estrategia de sistemas intensivos y sostenibles incluye los siguientes propósitos:

Recuadro 2. Sistema agroforestal quesungual.

Este sistema permite un uso integrado del suelo para incrementar la productividad, sostenibilidad y resiliencia biofísica. Evolucionó producto del conocimiento ancestral y consiste en mantener una alta cobertura boscosa con parches de cultivos. Los cuatro principios que rigen este sistema están dirigidos a la no corta y cero quema, cobertura permanente del suelo, perturbaciones mínimas en el suelo durante las prácticas agrícolas y uso eficiente de fertilizantes.

Figura 2. Contraste en un paisaje de Honduras luego de implementar el sistema quesungual.
Fuente: Castro *et al*. 2009.

En Honduras se han mejorado cerca de 12 000 ha mediante el sistema quesungual que provee beneficios productivos, económicos, de mano de obra y ambientales. En lo productivo, el sistema extiende la estación de crecimiento, resiste la canícula, estabiliza la agricultura, reduce la erosión de suelos y deslizamientos de tierras, incrementa rendimientos y genera el 80 % de la necesidad de leña. En lo económico, el sistema incrementa la tasa de retorno, reduce el uso de insumos externos, libera tierras para diversificación, aumenta la competitividad con granos importados para uso doméstico. Además, se reduce el número de días de trabajo, incrementa la eficiencia en el trabajo, la productividad de la tierra, reduce el uso de herbicidas. En lo ambiental, el sistema incrementa la retención de agua en el suelo de un 8 % a 23 % y se conservan los servicios ecosistémicos.

Fuente: Castro *et al*. 2009 y Ayarza 2015.

Foto: Claudio Castro.

- Incremento en la productividad agrícola en zonas adecuadas y reducción de la expansión de la agricultura en zonas que no son aptas o que son frágiles para el proceso de intensificación.
- Uso eficiente del agua, los nutrientes y la actividad biológica del suelo.
- Capacidad del sistema para obtener una menor huella ecológica y emitir menos gases de efecto invernadero (GEI) por unidad de producto.
- Interés por que los sistemas tengan mayor resiliencia a los efectos de corto y largo plazo de la variabilidad y cambio climático.

La zonificación de áreas con diferente riesgo agroclimático combina los datos de clima y de suelo y permite identificar si son susceptibles a eventos extremos.

Otro componente de estrategia de intensificación sostenible contempla el desarrollo de sistemas productivos que integren el uso de plantas que sean capaces de tolerar estrés, el análisis del estado fenológico de las plantas y sus necesidades de agua y nutrientes, el uso de tecnologías para manejar coberturas del suelo y manejo de pérdidas de agua por evapotranspiración, uso de biofertilizantes y mejoras en la capacidad de retención de agua en el suelo.

Algunos sistemas que generan beneficios productivos y ambientales mediante el manejo sostenible de los suelos son el diseño de variedades con diversidad genética y adaptación a estrés abiótico, el uso sostenible de la agrobiodiversidad en el que se incluyen los sistemas agropastoriles, sistemas silvopastoriles, el sistema agroforestal quesungual (recuadro 2) y sistemas integrados con el uso de plantas leguminosas que fijan nitrógeno atmosférico como por ejemplo *stylosanthes mineirao.*

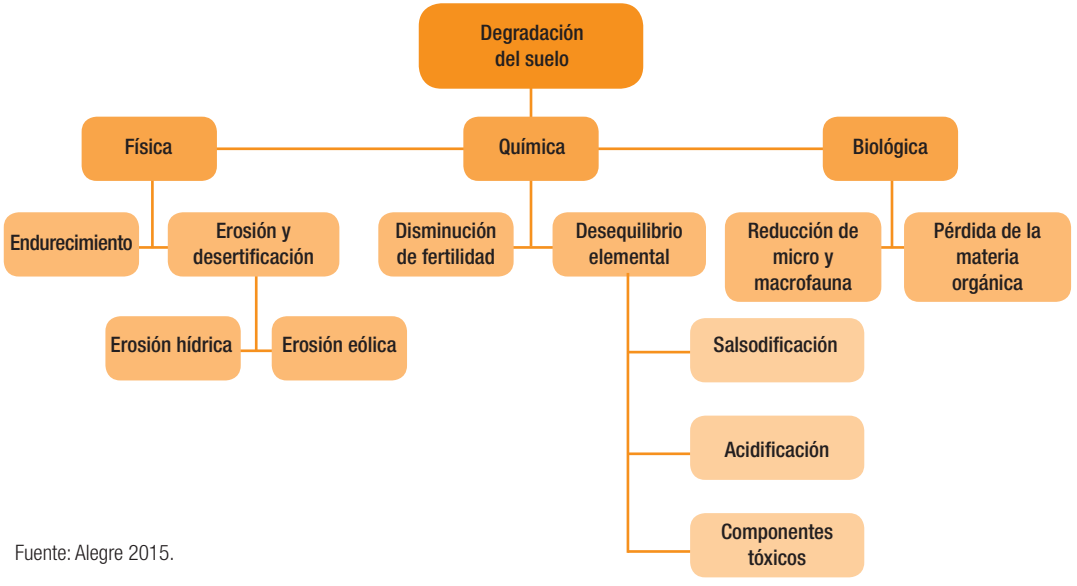
En el ecosistema del Chaco Central también existe un redireccionamiento en el pensamiento de los productores agropecuarios con respecto a la valorización de los recursos naturales. Por ejemplo, en el ámbito ganadero, se está valorando el efecto de árboles en pasturas, la regeneración natural de especies leñosas y la coexistencia de extensas áreas con vegetación nativa junto con establecimientos ganaderos. Actualmente, muchos productores son más conscientes de la importancia del uso sustentable de los suelos.

4. Recuperación de los suelos degradados en América Latina para mitigar efectos de cambio climático?[2]

Un desafío ambiental relevante para la región es el proceso continuo de degradación que sufren los suelos debido a las malas prácticas agrícolas, el mal uso de las tierras, la expansión de la frontera agrícola y otros usos extractivos.

Las condiciones de degradación constituyen una interacción de aspectos físicos, químicos, y biológicos (figura 3) que pueden provocar procesos combinados de compactación, erosión (hídrica o eólica), disminución de la fertilidad y del equilibrio de la química del suelo (en zonas áridas se produce la salinización y en suelos trópicos la acidificación) y, finalmente, reducción biológica de la macro y microfauna o pérdida de materia orgánica.

Figura 3. Degradación del suelo según aspectos físicos, químicos y biológicos.



Fuente: Alegre 2015.

2.Con base en la presentación del Dr. Julio César Alegre Orijuela, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Perú.

Foto: Claudio Castro.

En el caso de las pasturas, la degradación se puede dar por la degradación agrícola de un cambio en la composición botánica, donde se pierde todo el valor de producción de la pastura por hierbas no deseadas y por degradación biológica, lo cual implica una disminución drástica de la biomasa y la consecuente degradación de los suelos. La disminución de la capacidad competitiva de los forrajes se da por prácticas inadecuadas de pastoreo, equivocación en el establecimiento del ganado, uso excesivo del fuego, ausencia de fertilización, factores bióticos y factores abióticos (Ibrahim 2015a).

En la actualidad, en la Amazonía peruana existen muchas áreas degradadas. El área deforestada asciende a 10 millones de hectáreas y las prácticas tradicionales de tumba y quema provocan la pérdida de vegetación de 150 000 ha en promedio por año. Las fincas ubicadas en pendiente presentan mayores niveles de degradación, debido a la falta de productividad de los pastos nativos y la alta carga animal. La producción de cultivos ilegales también puede generar procesos erosivos, debido a las prácticas de quema en predios en pendiente.

En los últimos treinta años, la UNALM ha investigado diversas opciones tecnológicas que le permitan al agricultor crear sistemas más estables y continuos en áreas degradadas. Los programas de recuperación agrícola y extensión buscan detener la expansión de la frontera agrícola hacia la foresta virgen que, en el caso peruano, asciende a un total de 60 millones de hectáreas. Más bien se espera que la frontera se amplíe hacia los suelos que ya fueron degradados mediante una agricultura más sustentable y amigable con el medio ambiente.

4.1 Estrategias para la recuperación de pasturas degradadas

En el caso de los sistemas de pasturas y ganadería con bovinos, muchos problemas de degradación de los suelos se dan por establecer las fincas ganaderas en zonas montañosas que no tienen una vocación pecuaria o por establecerla en terrenos en pendientes. En estas condiciones, se pueden implementar estrategias de cultivos de ciclo corto más pasturas, renovación de pasturas, sistemas silvopastoriles, uso de barbecho o manejo de la vegetación secundaria.

La investigación en América Latina ha avanzado hacia la identificación de especies nativas y especies mejoradas (Brachiara o Mombasa) que mejoran la productividad de otros cultivos como el maíz, debido a la mayor disponibilidad de nitrógeno. La ciencia también ha avanzado en la utilización de leguminosas como un medio para mejorar la fertilidad de suelo y proveer una mayor efectividad en la fijación o reciclaje de nitrógeno y la identificación de microrrizas que son más efectivas para la captura de nutrientes en asociación con pasturas.

Es importante comprender las características de las especies para poder combinarlas en los sistemas silvopastoriles y así convertirlos en sistemas más diversos que enriquezcan las propiedades del suelo.

4.2 Opciones de recuperación de los suelos con sistemas agroforestales

Las opciones agroforestales en muchos casos ofrecen mejores oportunidades productivas y de recuperación de los suelos degradados que generan servicios ambientales y ecosistémicos. Un primer ejemplo de manejo de suelos tropicales degradados es la estabilización del suelo (taludes) con vegetación en clima tropical *(Flemingia congesta o Leucaena)* para luego cultivar plantaciones resistentes en hileras (Alley Cropping). Para ello se utilizan sistemas de intensificación sustentable y se cuida la fertilización de acuerdo con las propiedades del suelo. Otro ejemplo de opciones de recuperación se enfoca en el uso de materia orgánica. Muchas fincas degradadas se han recuperado con plantas que se descomponen rápidamente, con el fin de dar nutrientes al suelo de manera ágil, así como con plantas que se descomponen lentamente para proteger el suelo y generar un efecto residual.

Una investigación previa de Alegre y Rao (1996) evaluó durante cinco años las pérdidas del suelo y los efectos de la escorrentía en cultivos anuales solos, cultivos en callejones con *Inga edulis,* cultivos en bosque secundario y parcelas desnudas. Por un lado, los autores determinaron que la escorrentía media se redujo de 838 mm en promedio en parcelas desnudas a 414 mm en cultivos anuales solos y a 60 mm en cultivos en callejones. Por otra parte, la pérdida del suelo promedio registrada (t/ha) pasó de 140 t/ha en parcelas desnudas a 69 t/ha en cultivos anuales y a 5 t/ha en cultivo en callejones.

Otro sistema deforestado que se evaluó durante treinta años estableció un tratamiento de multiestrato con diferentes especies. El primer estrato fue destinado al cultivo y se continuaron los siguientes estratos con especies como *Colubrina glandulosa, Bactris gasipaes, Inga edulis, Centrosema macrocarpum.* Se culminó con un último estrato de *Cedrelinga cataeniformis.* Este sistema utilizó únicamente los estratos sin fertilización y actualmente se usa para cosechar la especie maderable. Ahora también está siendo escalonado en programas de reforestación y recuperación de áreas degradadas.

Algunos sistemas agroforestales de multiestrato ofrecen buenas oportunidades para la recuperación de los suelos, lo cual reduce la erosión hídrica y promueve el incremento de la biodiversidad y la mitigación de GEI. Cabe resaltar que la reforestación mediante diferentes especies forestales y bosques secundarios antiguos permite secuestrar en promedio 10 t de C/ha.

4.3 Fertilización y manejo de suelos a gran escala en caña de azúcar[3]

Una de las prácticas habituales de los agricultores para proveer al suelo de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas es la utilización de fertilizantes nitrogenados. Sin embargo, su uso excesivo puede convertirse en un agente muy fuerte de degradación química de los suelos y de los recursos hídricos.

La alta variabilidad del clima y de los suelos en términos de textura, materia orgánica, estructura física puede generar incentivos para que los productores apliquen un exceso de fertilizante a los cultivos. Este uso excesivo

3. Con base en la presentación del Dr. Mauricio Ávila de la empresa Nutrient Recovery and Upcycling de Madison, Wisconsin.

de nitrógeno (N) provoca acidificación del suelo, lixiviación de calcio y magnesio, lixiviación de nitrato e incrementa la liberación de CO_2 a la atmósfera. Por lo tanto, la eficiencia en el uso de fertilizantes puede contribuir a mantener los nutrientes en el suelo mitigando procesos de degradación de este recurso.

El caso del Ingenio Magdalena, en la región sur de Guatemala, es un ejemplo de producción a gran escala en caña de azúcar en donde se han implementado reducciones significativas en el uso de nitrógeno. Este ingenio permitió la reestructuración de los programas de fertilización para analizar las curvas de respuesta del cultivo ante diferentes tasas de fertilización y lograr usos más eficientes de los insumos productivos.

El programa, desarrollado por la empresa de fertilizantes NORDIC con apoyo del equipo técnico del ingenio y del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), inició con la toma de 1482 muestras para analizar y calibrar los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio presentes en el suelo. Se lograron determinar puntos de inflexión (70 t/ha de nitrógeno). A partir de estos, la producción mostró rendimientos decrecientes, con el riesgo reducciones significativas a largo plazo, debido a los niveles de nitrógeno extra.

Luego de determinar los niveles óptimos del uso de fertilizante, la producción de caña mostró mejoras en su desempeño. Estas mejoras también se debieron a cambios en el riego, aplicación de fertilizantes fosforados y potásicos, uso de variedades de caña mejoradas y el manejo productivo en general.

Entre el año 2012 y el 2015 el Ingenio Magdalena logró bajar de 1.45 kg N por TM de caña cosechada a aproximadamente 0.90 Kg N por TM de caña. El ingenio produce aproximadamente 125 TM de caña por ha por año en un total de ~60,000 has. Un ahorro de ~0.55 kg N por tonelada de caña significa una reducción de 4.1 x 106 kg N por año en la totalidad de la operación. Si este N fuese aplicado al suelo se perdería por lixiviación al final del ciclo de cultivo, y generaría 18.2x106 kg de nitratos, más pérdidas aproximadas de 3.5 x 106 kg de Ca y 1.4x106 kg de Mg que equivalen a ~13.5x106 kg de cal dolomítica. Además generaría emisiones de CO_2 asociadas a la producción del fertilizante nitrogenado, su transporte y aplicación y las emisiones de CO_2 asociadas con el minado, molienda, transporte, aplicación y reacción química de la dolomita en el suelo. Este es un ejemplo del impacto que puede tener un uso racional del nitrógeno sobre las emisiones de CO_2 en sistemas agrícolas a gran escala.

Los beneficios derivados de este proceso son resultado de la capacidad instalada para hacer los muestreos, los análisis de laboratorio, el acceso a financiamiento privado para una institución "semi-pública", como lo es el CENGICAÑA, la existencia de mapeos de suelos y bases de datos del cultivo, la confianza de los productores en el sistema (dueños, administradores y técnicos) y el compromiso con el proceso de mejora. Esta experiencia podría ser transferida a pequeños y medianos productores de la región si se invierte en desarrollar la infraestructura necesaria para apoyar estos procesos de mejora en el manejo de los suelos y la fertilización de los cultivos.

4.4 Recuperación de suelos en áreas desertificadas[4]

Según Hori, Stuhlberger y Simonett (2011), la desertificación se refiere a la "degradación de la tierra en áreas áridas, semiáridas y subhúmedas a causa de

3. Con base en la presentación del Ing. Orlando Pereira, Agroecologista del Proyecto ECONORMAS-MERCOSUR de la Unión Europea llevado a cabo en Brasil.

Figura 4. Escenario de desierto en Gilbués.

Fuente: Pereira 2015.

varios factores, incluyendo variaciones climáticas y actividades humanas. Cuando la degradación de las tierras sucede en las tierras secas del mundo, se suelen crear unas condiciones similares a las de un desierto".

En el "Desierto" de Gilbués en el Estado de Piauí en Brasil, la desertificación ocurre donde la tierra no es seca, más bien llueve 1200 mm por año. En Gilbués viven comunidades afectadas por procesos de desertificación, la cual asciende a 10 % del total de esta región (37 742.80 ha). Curiosamente, este tipo de desertificación ha sido provocada por efecto del exceso de lluvia que disuelve el suelo y remueve el terreno y su fertilidad para usos agrícolas (figura 4).

Además de los factores de clima, las actividades humanas como el sobrepastoreo, la remoción de la cobertura vegetal, la extracción de madera y la producción de carbón, han creado condiciones que favorecen la desertificación.

La erosión hídrica también se genera debido a las propiedades del suelo. Por ejemplo, el suelo compuesto por arcilla es rápidamente soluble, de tal modo que se disuelve completamente en el agua de lluvia y forma caldos rojizos que se depositan en los ríos.

El trabajo de investigación en Gilbués indicó que pese al problema de erosión hídrica, el suelo permanecía muy fértil; por lo tanto, se llevó a cabo un proceso de recuperación y producción agro-ambiental con uso de conservacionistas, que incluía un tratamiento físico y biológico del suelo afectado:

Intervenciones físicas

- Curvas de nivel.
- Barreras de captación de agua.
- Diques mecanizados o con sacos de tierra.

Intervenciones biológicas

- Agrorreforestación.
- Mantener la cobertura vegetal.
- Producción agropecuaria sostenible.
- Conservación con el cultivo de especies nativas como gramíneas, leguminosas, frutas y maderas.
- Siembra de diversas plantas como el banano, caña de azúcar y pastos con capacidad de aprovechar la acumulación del agua.

El uso de soluciones tecnológicas para la recuperación de suelos con potencial de producción agrícola es de gran utilidad; sin embargo, otros aspectos clave del proceso recaían sobre la concientización y capacitación de los agricultores para que comprendieran por qué el suelo estaba desierto. A partir de ahí, fue posible cultivar plantas y proteger el suelo para producir sin provocar erosión. El trabajo diferenciado con la comunidad y población local permitió alcanzar una solución aceptada socialmente y

sostenible. Finalmente, el proceso también contempló la concientización de la población urbana para evitar impactos en el suelo por las actividades de minería o de construcción.

4.5 Tecnologías y extensión para la productividad y la agricultura resiliente[5]

La extensión, como parte integral de los sistemas de innovación, puede contribuir al fortalecimiento de las capacidades de actores públicos y privados para aumentar los rendimientos de los sistemas productivos y promover el manejo sustentable de los recursos naturales. Gran parte del éxito en la adopción de prácticas sostenibles para una agricultura resiliente radica en la asistencia técnica provista por extensionistas.

Uno de los casos de extensionismo presente en Latinoamérica es liderado por el CIMMYT y está enfocado en la intensificación sustentable de los sistemas de cultivo de granos básicos y el desarrollo de la Agricultura de Conservación (AC) (recuadro 3).

La AC es un componente de la agricultura climáticamente inteligente que contribuye con medidas de adaptación y mitigación al cambio climático para incrementar ingresos y productividad, disminuir costos de producción, reducir la huella de carbono de la agricultura y favorecer un mayor contenido de humedad en los suelos.

La estrategia de extensión utilizada por CIMMYT se ha enfocado en el uso de semillas adaptadas a las condiciones agroecológicas, tipos de suelo y necesidades de la industria para una AC y de precisión a pequeña escala que mejore las condiciones de vida de los pobladores rurales.

Recuadro 3. Agricultura de convencional vs AC

Entre 1997 al 2008, la AC ha mostrado mayores rendimientos de trigo y maíz en el Batán, México. Al comparar los efectos de este tipo de agricultura en el 2009, año que presentó una fuerte sequía, se encontró que los sistemas agrícolas convencionales del productor con cero labranza y sin rastrojo (monocultivo y quema o retiro del residuo de la cosecha anterior) mostraron menores rendimientos en comparación con los mostrados por la AC (retención del residuo de la cosecha anterior, movimiento mínimo del suelo y rotación de cultivos). Las prácticas de cero labranza sin rastrojo generaron rendimientos de 2000 kg/ha en comparación con 7000 kg/ha producto de la AC en las mismas condiciones agroecológicas.

Contraste de la AC vs las prácticas convencionales en la producción de maíz.
Fuente: Rodríguez 2015.

5. Con base en la presentación del Ing. Horacio Rodríguez Vázquez, Programa de Agricultura de Conservación del CIMMYT en México.

Foto: Claudio Castro

El trabajo conjunto entre el investigador, el productor y el extensionista a través de una red de innovación denominada Hub, que se basa en objetivos comunes, como por ejemplo, la promoción de la producción sustentable para ofrecer un menú de opciones tecnológicas adaptadas a las necesidades productivas locales y a las condiciones agroecológicas presentes.

La estrategia en México también incluye el uso de maquinaria inteligente para diferentes funciones y cultivos, lo cual disminuye los costos de acceso a la mecanización por parte de los productores.

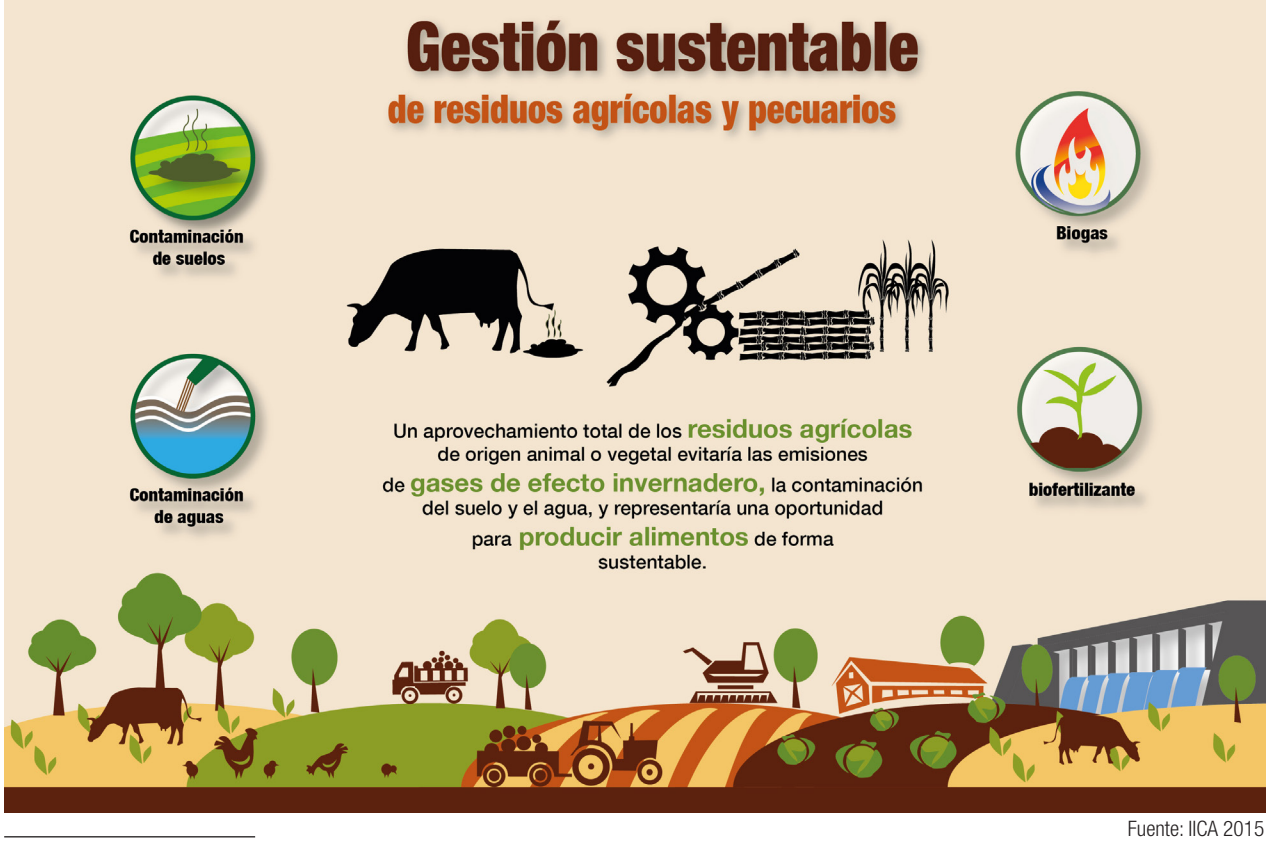
El Hub de innovación permite que los productores se conviertan en promotores comunitarios por medio de metodologías de "campesino a campesino" y que ellos mismos sean los agentes de cambio. Asimismo, la extensión puede fortalecerse con el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) y mejores canales de comunicación. Por un lado, el uso de sensores infrarrojos *(GreenSeeker)* para diagnosticar las necesidades reales de fertilizante nitrogenado requerido por el cultivo, mediante índices de vegetación o sistemas de predicción satelital *(GreenSat)* a mayor escala, promueven una mayor eficiencia productiva por el menor fertilizante utilizado.

Por otro lado, si el desarrollo tecnológico no se comunica de manera adecuada para diferentes públicos, la extensión no tiene éxito. La comunicación para la extensión puede verse apoyada con diversas fuentes como comics, obras de teatro, redes sociales, manuales, libros científicos o servicio de mensajería vía celular según el público meta y las necesidades.

4.6 Gestión sustentable del suelo y de los residuos agrícolas y pecuarios[6]

El suelo es tanto una fuente como un sumidero de gases de efecto invernadero, y por este delicado balance de flujo de carbono entre el suelo y la atmósfera es importante para la mitigación del cambio climático. También actúa

Figura 5. Gestión sustentable de residuos agrícolas y pecuarios.



Fuente: IICA 2015

6. Esta sección fue preparada por Orlando Vega Charpentier, Especialista en Energías Renovables, IICA.

como un filtro de contaminantes orgánicos e inorgánicos y proporciona agua limpia para las plantas y el consumo humano.

Por consiguiente, se evidencian un par de aspectos fundamentales que deben ser considerados en el manejo integrado de suelos y la resiliencia en la agricultura (GPS 2012, Díaz Rosello y Rava 2006):

i. Existe una estrecha interdependencia entre el suelo, el agua y los alimentos, la cual puede verse perturbada si no se realiza una gestión sustentable de estos recursos.

ii. El suelo tiene un rol central como base para la seguridad alimentaria y a su vez realiza una importante función para la provisión de servicios clave a los ecosistemas, incluyendo la adaptación y mitigación al cambio climático.

Foto: Daniela Medina

La correspondencia de estas evidencias es muy sencilla: si se realiza un manejo integrado de suelos junto con el aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas de origen vegetal o aquellos del reino animal o sus derivados, se evitarían emisiones de gases de efecto invernadero, se disminuirían los vertidos en el suelo y el agua, como también se ampliarían las opciones de producir alimentos mediante prácticas agrícolas para el mejoramiento del suelo (bioles) y el manejo integrado del estiércol.

A la luz de esta correspondencia, se derivan recomendaciones como fomentar condiciones del entorno que propicien las iniciativas públicas y privadas para la creación de capacidades y el desarrollo tecnológico en el manejo integrado del suelo para el aprovisionamiento de alimentos y forrajes.

Asimismo, deberá evitarse el vertido de los residuos agrícolas orgánicos con origen en las cosechas junto con los que incorporan la ganadería (bovina, porcina y avícola) y el procesamiento agroindustrial de los alimentos de éstos sobre el suelo o agua, como también de las emisiones generadas por una inadecuada disposición de los mismos (figura 5).

Todo lo cual deberá abordarse desde la perspectiva de la interdependencia ampliada suelo – agua – alimentos – energía, mediante la identificación de oportunidades que contribuyan a la inclusión social y al desarrollo sostenible de los territorios rurales, junto con la promoción de prácticas para el abastecimiento del agua y energía, un manejo adecuado del suelo, y la eficiencia de los sistemas de bioenergía a lo largo de las cadenas agroalimentarias (CIFES 2016, Proyecto BioValor 2016, Martínez y Sandoval 2015, GASL 2016).

5. Políticas públicas y oportunidades de financiamiento para promover el manejo integrado de los suelos en ALC[7]

En las secciones anteriores se indicó que las prácticas agropecuarias sostenibles otorgan retornos relativamente mayores para la provisión de servicios ecosistémicos y una mayor productividad a largo plazo de las fincas. Sin embargo, para que el productor logre una mejor adopción de estas prácticas es necesario crear un ambiente favorable que incentive los cambios positivos, incluso la formulación e implementación de políticas públicas sólidas, esquemas de financiamiento o una mezcla de ambos.

Las políticas son normas, reglamentos, leyes o acuerdos que orientan el quehacer de las personas o entidades hacia objetivos específicos, como la conservación de los suelos, el manejo de laderas o para atender la problemática de desertificación de suelos.

El gobierno desempeña un rol fundamental en la generación de bienes públicos y para facilitar condiciones económicas, sociales e institucionales propicias para el desarrollo sostenible, a través de políticas eficientes que permitan la provisión de recursos (financieros, de servicios y de conocimientos), eliminación de obstáculos en los marcos regulatorios, el fortalecimiento de los recursos humanos del país y el impulso a la investigación y al acceso a información actualizada (Instituto del Banco Mundial 2013).

5.1 Normativas técnicas y planes en la gestión pública para el manejo del suelo en Uruguay

El MGAP inició un proceso para la elaboración de planes de uso y manejo responsable del suelo, con el fin de promover que este sea utilizado según su capacidad. La recopilación de datos se dio mediante un sistema de información que actualmente constituye un bien público para gestionar los recursos naturales.

Este plan consiste en una secuencia de cultivos o cultivos y pasturas según una rotación planificada para cada unidad de uso y manejo, de tal manera que la erosión promedio anual estimada del suelo sea menor o igual a su tolerancia. Se utiliza para ello la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) y la ecuación universal revisada de pérdida de suelo (RUSLE) (García Préchac 1992)[8].

7. Este apartado incluye información tomada de las presentaciones de: Dra. Paola Agostini, Líder Global en Paisajes Resilientes, Banco Mundial, Dr. Muhammad Ibrahim, Director Asociado de Cooperación Técnica del IICA, Costa Rica y la Ing. Gabriela Sánchez de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Uruguay.

8. La relación de pérdida de suelo (RPS) (García Préchac 1992) es:
RPS = UP.CV.CR.R.CA
donde: 1) UP es el subfactor uso previo 2) CV es el subfactor cobertura vegetal 3) CR es el subfactor cobertura por residuos 4) R es el subfactor rugosidad superficial 5) CA es el subfactor contenido de agua

Los planes son presentados en línea por ingenieros agrónomos acreditados ante el Ministerio y sus estimaciones se basan en la USLE y la RUSLE para la planificación de la finca. Hasta la fecha, los resultados de la nueva normativa indican que cerca del 94 % de las fincas de cultivos de invierno y verano presentaron sus planes de uso, los cuales están sufriendo un proceso de fiscalización y monitoreo mediante el análisis de imágenes satelitales (landsat 8) y visitas de campo a lo largo del país.

5.2 Instrumentos o esquemas económicos para el manejo del suelo

Entre los instrumentos económicos existentes para recuperar tierras degradadas o para la provisión de servicios ecosistémicos de los recursos naturales (agua, suelo, biodiversidad), en las cuencas se encuentran los siguientes:

- Arreglos voluntarios contractuales: usuarios en las cuencas bajas compensan el costo de adopción de tecnologías que puedan tener los productores en la cuenca alta por reducción de erosión de suelos, contaminación de fuentes de agua, entre otros.

- Pago transferido: Es el pago que se hace a las fincas por cumplir con el uso de prácticas específicas para manejar el suelo de manera sostenible. Por ejemplo, el Proyecto de manejo regional integrado de ecosistemas silvopastoriles con fondos del Global Environment Facility (GEF) en Costa Rica, Nicaragua y Colombia utilizó como estrategia el pago por servicios ambientales (PSA) para introducir sistemas de pastoreo silvopastoriles para rehabilitar pasturas degradadas para proteger los suelos, almacenar carbono y elaborar políticas de uso de la tierra, servicios ambientales y el desarrollo socioeconómico.

Foto: Claudio Castro

- Adquisiciones: se refiere a los derechos de uso del agua.

- Derechos de desarrollado comercial: es el pago por conservación en zonas residenciales.

- Certificación y marcas: los productores que aplicaron la norma para sistemas sostenibles de producción ganadera fueron incentivados con sellos de certificación por el manejo sostenible de pasturas, bienestar animal, reducción de la huella de carbono, conservación de suelos o barreras vivas para reducción de erosión de suelos.

- Créditos verdes: se refiere a créditos para promover prácticas sostenibles, por ejemplo, el proyecto cambio (Mercados Centroamericanos para la Biodiversidad) del Banco Centroamericano de Integración Económica otorgó créditos a pequeños productores para realizar prácticas de mejoras en la conservación de suelos, cercas vivas, bancos de forraje, árboles en potreros o protección de bosques ribereños, a una tasa de interés diferenciada (14,64 % sobre préstamos de USD 10 000), plazo a tres

años de incentivos y un biopremio a los productores del 14 % sobre el capital inicial y ganancias financieras que estuvieron acompañadas de asistencia técnica para la adopción de las prácticas.

5.3 Combinación de políticas públicas e incentivos financieros

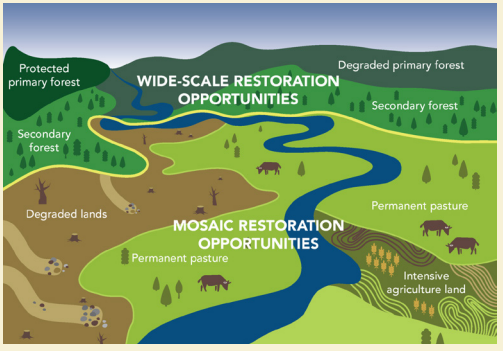
Al atender una necesidad o implementar un nuevo enfoque de desarrollo, por ejemplo la restauración del paisaje y recuperación de suelos para que se vuelvan más productivos, generalmente es necesaria una mezcla de instrumentos regulatorios, incentivos económicos y de asistencia técnica.

También es útil realizar un análisis de los beneficios *in situ* que obtendrían los productores por convertir las prácticas convencionales en prácticas de conservación. Además, se deben analizar los beneficios sociales de estas nuevas prácticas sobre terceros, por ejemplo: los beneficios que reciben los ecosistemas o los pobladores de la cuenca baja por reducir la erosión del suelo en las partes altas.

Del análisis de los distintos beneficios o ganancias que trae consigo un enfoque de conservación, se pueden determinar distintas fuentes de financiamiento. Por ejemplo, el Banco Mundial trabaja el manejo de paisajes resilientes (recuadro 4) mediante una mezcla de fondos públicos o iniciativas público-privadas (impuestos o incentivos, pagos por servicios ambientales) para fines productivos, de adaptación al cambio climático *(Pilot Program for Climate Resilience)*, para mitigación de GEI relacionado con deforestación y degradación del bosque *(Forest Carbon Partnership Facility)* o para mejorar el manejo de los suelos mediante el secuestro de carbono en bosques y agroecosistemas *(BioCarbon Fund)*

Recuadro 4. Manejo integrado del paisaje.

El manejo integrado del paisaje se refiere a la colaboración de largo plazo entre diferentes grupos de gestores del suelo y stakeholders para alcanzar los múltiples objetivos requeridos desde el paisaje
El paisaje se debe manejar como una unidad integral, con el fin de unir el enfoque de producción con el de conservación. Asimismo, este enfoque implica la planificación top-down de uso de suelo y bottom–up sobre los conflictos del uso de la tierra, mediante un acuerdo negociado entre las partes sobre los distintos usos de suelo para lograr soluciones “ganar-ganar”.



Manejo integrado del paisaje
Fuente: Agostini 2015.

La implementación de los esquemas mencionados pueden verse limitados por falta de información, capital financiero y humano o claridad legal, entre otros factores. En el cuadro 1 se detallan estas barreras y se presentan algunas recomendaciones de política para atenderlas.

En la implementación de este tipo de enfoques integrales, se debe considerar que el abordaje de unidad ofrece mayores resultados que las intervenciones individuales o aisladas y que este tipo de enfoque permite acceder a distintos tipos de financiamiento de diversas fuentes para atender al mismo tiempo necesidades de adaptación al cambio climático, como retos en términos de mitigación de GEI y conservación de la biodiversidad.

Finalmente, es necesario recordar que los avances de tipo tecnológico e institucional realmente encuentran sostenibilidad en el largo plazo cuando se ha llegado a un acuerdo entre los usuarios y beneficiarios del paisaje para mejorar los niveles de productividad con menores pérdidas asociadas por conflicto en el uso de los recursos, particularmente del suelo.

Cuadro 1. Recomendaciones de política para el manejo integrado del paisaje.

Barreras	Recomendaciones
Falta de información	*Asistencia técnica e intercambio de conocimiento* • Documentos de guías técnicas. • Aprendizaje agricultor a agricultor. • Creación de plataformas de coordinación y sistemas de conocimiento. • Desarrollo de herramientas para calcular los riesgos y retornos del manejo integrado del paisaje.
Falta de capital financiero y humano	*Incentivos económicos* • Subsidios e inversión pública. • Pago por servicios ecosistémicos (PSE) • Mecanismos de financiamiento innovadores que permitan alcanzar múltiples objetivos y reducir el riesgo de la inversión.
Falta de claridad legal	*Instrumentos regulatorios* • Políticas que aclaren los derechos y las responsabilidades • Mecanismos para la resolución de conflictos.

Fuente: Agostini 2015.

6. Conclusiones

Uno de los principales problemas ambientales de nuestro tiempo está asociado a la degradación de los recursos naturales que son básicos para la sobrevivencia de todos los demás ecosistemas del planeta, como el suelo y el agua. La degradación de los suelos tiene implicaciones multidimensionales y multisectoriales y ciertamente su abordaje debe darse de forma integrada, donde se tomen en cuenta todos los bienes y servicios ecosistémicos, tanto biofísicos como socioeconómicos (FAO 2011).

Cuando se buscan alternativas para suelos degradados, es necesario entender el contexto donde se está trabajando para diseñar e implementar opciones tecnológi-

cas, políticas e incentivos económicos que realmente mejoren la productividad y la calidad del suelo y permitan aprovechar la agrobiodiversidad, generar indicadores de resiliencia biofísica, socioeconómica y cultural, optimizar el uso de las nuevas tecnologías digitales de sensoramiento y analizar los riesgos agroclimáticos de manera temprana.

Otro paso importante es elevar la conciencia de la sociedad civil y de los tomadores de decisiones sobre la importancia del suelo para la seguridad alimentaria, la adaptación al cambio climático, la mitigación de GEI, los servicios ecosistémicos esenciales, la reducción de la pobreza y el desarrollo sostenible y para la vida humana (Ávila 2015).

Pese a esa multiplicidad de funciones que cumple el suelo, es necesario verlo como un componente más de un sistema productivo. En el sector agrícola, es vital planificar las fincas, ajustando la producción según las condiciones agroecológicas y socioeconómicas antes de realizar intervenciones. Para esto es necesario recordar que las personas que viven y trabajan en su finca son los más interesados en hacer un uso eficiente y sostenible del suelo y el agua.

Una forma de abordar los problemas ambientales generados por efectos climáticos y antrópicos es la implementación del manejo integrado del suelo; sin embargo, este tipo de enfoque requiere de la comprensión, por un lado, de las situaciones locales o del paisaje y, por otro, de las necesidades de los productores.

En este sentido, las intervenciones en fincas o paisajes con suelos degradados implican un trabajo diferenciado, adaptado al contexto local y a las necesidades de los productores según escala, en una fórmula en donde coincida la investigación, la demanda del productor y la extensión. Para el caso de la extensión, este acompañamiento tiene que ser sistemático y oportuno.

Ciertamente, una gran proporción de la tierra del orbe presenta degradación en sus propiedades físicas, químicas y biológicas y este proceso hasta el momento ha sido continuo. Sin embargo, las experiencias analizadas en los foros permitieron identificar opciones tecnológicas y ambientales que los productores pueden utilizar para recuperar o conservar el suelo y a su vez mantener su productividad y rentabilidad.

Un aspecto clave es que, pese a los estragos que puede provocar un mal manejo del suelo, los productores toman la decisión final en cuanto a aspectos económicos, sociales o culturales, por lo que es fundamental el acompañamiento y la capacitación. La resiliencia en los productores y en los ecosistemas puede ser resultado de la inversión en infraestructura física, institucional y de información robusta que faciliten la adaptación al cambio climático, mediante un proceso de cambio que puede ser rentable por sí solo.

7. Referencias

Agostini, P. 2015. El enfoque del Banco Mundial en el manejo integrado del paisaje (diapositivas). Proyecto de ganadería en Colombia. Banco Mundial. Disponible en http://www.iica.int/es/eventos/pol%C3%ADticas-p%C3%BAblicas-para-promover-mis-en-alc

Alegre, J. 2015. Recuperación de los suelos degradados en Latinoamérica para mitigar efectos de cambio climático (diapositivas). PE, UNALM. Disponible en http://www.iica.int/es/eventos/estudios-de-caso-sobre-tecnolog%C3%ADas-para-el-mis-en-alc-0

Alegre, JC; Rao, MR. 1996. A soil and water conservation by contour hedging in the humid tropics of Peru. Agriculture, Ecosystem and Environment, 57(1):17-25.

Ávila, M; Tuchán, JL. 2015. Reestructuración de programas de fertilización y manejo de suelos a gran escala en caña de azúcar – Ingenio Magdalena, Guatemala (diapositivas). GU, NRU LLC e Ingenio Magdalena. Disponible en http://www.iica.int/es/eventos/estudios-de-caso-sobre-tecnolog%C3%ADas-para-el-mis-en-alc-0

Ayarza, MÁ. 2015. Manejo integrado de suelos en zonas subhúmedas y húmedas (diapositivas). CO, CORPOICA. Disponible en http://www.iica.int/es/eventos/manejo-integrado-de-suelos-para-sistemas-agr%C3%ADcolas-resilientes-al-cambio-clim%C3%A1tico

Barber, R. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de Tierras y Agua de la FAO 8. FAO. Roma, IT, IITA.

Cabrera, A. 2015. Uso de suelos en el Chaco Central paraguayo, de la productividad a la sustentabilidad (diapositivas). PY. Disponible en http://www.iica.int/es/eventos/manejo-integrado-de-suelos-para-sistemas-agr%C3%ADcolas-resilientes-al-cambio-clim%C3%A1tico

Castro, A; Rivera, M; Ferreira, O; Pavón, J; García, E; Amézquita, E; Ayarza, M; Barrios, E; Rondón, M; Pauli, N; Baltodano, ME; Mendoza, B; Wélchez, LA; Rao, IM. 2009. CPWF Project Report: Quesungual slash and mulch agroforestry system (QSMAS): Improving crop water productivity, food security and resource quality in the sub-humid tropics. PN15. CIAT.

Centro para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables (CIFES), CL. 2016. Fomento de proyectos de aprovechamiento energético de biogás en pequeñas y medianas empresas del sector agroindustrial homepage (en línea). Chile, CL. Consultado 16 feb. 2016. Disponible en http://cifes.gob.cl/biogas/

Díaz Rossello, R. y Rava, C. 2006. Aportes de la ciencia y la tecnología al manejo productivo y sustentable de los suelos del Cono Sur. IICA/PROCISUR. Montevideo, Uruguay. 272 p. Disponible en http://repiica.iica.int/DOCS/B0504E/B0504E.PDF

FAO (Organización de las Naciones Unidades para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Noticia América Latina y el Caribe celebra el Año Internacional de los Suelos 2015. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Disponible en http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/270860/

_____. 2011. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. Mundi-Prensa, Madrid.

García Préchac, F. 1992. Guía para la toma de decisiones en conservación de suelos. 3a aproximación. Serie Técnica N° 26. INIA. Uruguay.

Gardi, C; Angelini, M; Barceló, S; Comerma, J; Cruz Gaistardo, C; Encina Rojas, A; Jones, A; Krasilnikov, P; Mendonça, S; Brefin, ML; Montanarella, L; Muñiz Ugarte, O; Schad, P; Vara Rodríguez, MI; Vargas, R. (eds), 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Luxembourg, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 176 p.

Global Agenda for Sustainable Livestock (GASL). 2016. Enhancing Central American Integration System (SICA) regional policy frameworks to exploit the full value of manure homepage (en línea). Consultado 16 feb. 2016. Disponible en http://www.livestockdialogue.org/action-areas/waste-to-worth/manure-knowledge-kiosk/opportunities-for-practice-change/central-america-regional-policy-development/en/

Global Soil Partnership (GSP). 2012. Global Soil Partnership Background Paper. Technical Working Group. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/docs/WS_managinglivingsoils/GSP_Background_Paper.pdf

Hori, Y; Stuhlberger, C; Simonett, O. 2011. Desertificación. Una síntesis visual. PNUMA/GRID-Arendal/ Zoi Environment Network.

Ibrahim, M. 2015a. Estrategias de recuperación de suelos degradadas en sistemas ganaderos. CR, IICA. 38 diapositivas. Disponible en http://www.iica.int/es/eventos/manejo-integrado-de-suelos-para-sistemas-agr%C3%ADcolas-resilientes-al-cambio-clim%C3%A1tico

_____. 2015b. Políticas e institucionalidad para el manejo sostenible de suelos (diapositivas). Proyecto Insignia de Resiliencia y gestión integral de riesgos ambientales para la producción agropecuaria. CR, IICA. 38 diapositivas. Disponible en http://www.iica.int/es/eventos/pol%C3%ADticas-p%C3%BAblicas-para-promover-mis-en-alc

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2010. Plan de mediano plazo 2010-2014: por una agricultura competitiva y sustentable para las Américas. San José, CR.

Instituto del Banco Mundial. 2013. Introduction to Innovation Policy for Developing Countries. Module 1. 15 p.

Martínez C.L. y Sandoval H.2015. Autonomía energética y alimentaria de la comunidad indígena Nasa mediante la gestión integral de la materia orgánica en el Norte del Cauca, Colombia. Informe final. Fundación Proorgánica, AEA, IICA. Disponible en http://energiayambienteandina.net/getattachment/50fb0ac6-20bb-4e31-a1b6-266786c5b078/Autonomia-energetica-y-alimentaria-del-pueblo-Nasa.aspx

Pereira, O. 2015. A recuperação de solos no "deserto" de Gilbués (Barragens e kit multi-mudas) (diapositivas). BR, Proyecto Econormas. Disponible en http://www.iica.int/es/eventos/estudio-del-caso-brasile%C3%B1o-sobre-tecnolog%C3%ADas-para-el-mis-en-alc

Proyecto BioValor, UR. 2016. Proyecto BioValor generando valor con residuos agro-industriales homepage (en línea). Uruguay, UR. Consultado 16 feb. 2016. Disponible en http://www.biovalor.gub.uy/

Rodríguez, H. 2015. Extensión de prácticas y tecnologías sustentables para conservación de suelos (diapositivas). MX, CIMMYT. Disponible en http://www.iica.int/es/eventos/estudios-de-caso-sobre-tecnolog%C3%ADas-para-el-mis-en-alc-0

Sánchez, G. 2015. Planes de uso y manejo responsable del suelo. Bases de la política de conservación de suelos en Uruguay (diapositivas). UR, Dirección General de Recursos Naturales Renovables, MGAP. Disponible en http://www.iica.int/es/eventos/pol%C3%ADticas-p%C3%BAblicas-para-promover-mis-en-alc

The Montpellier Panel. 2012. Growth with Resilience: Opportunities in African Agriculture. London: Agriculture for Impact.

Contáctenos

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)
Sede Central. San José, Vázquez de Coronado,
San Isidro 11101-Costa Rica, América Central • Apartado 55-2200
Teléfono: (+506) 2216 0222 • Fax: (+506) 2216 0233
Sitio Web: www.iica.int

Resiliencia y gestión integral de riesgos en la agricultura.