

EnlAce®

La revista de la Agricultura de Conservación

No.
27

agosto - septiembre 2015



▶ Asume Martin Kropff la Dirección General del CIMMYT.



▶ La AC, su impacto en el suelo y en el rendimiento del maíz.

▶ Año Internacional de los Suelos: Momento para dar voz a nuestro silencioso aliado.

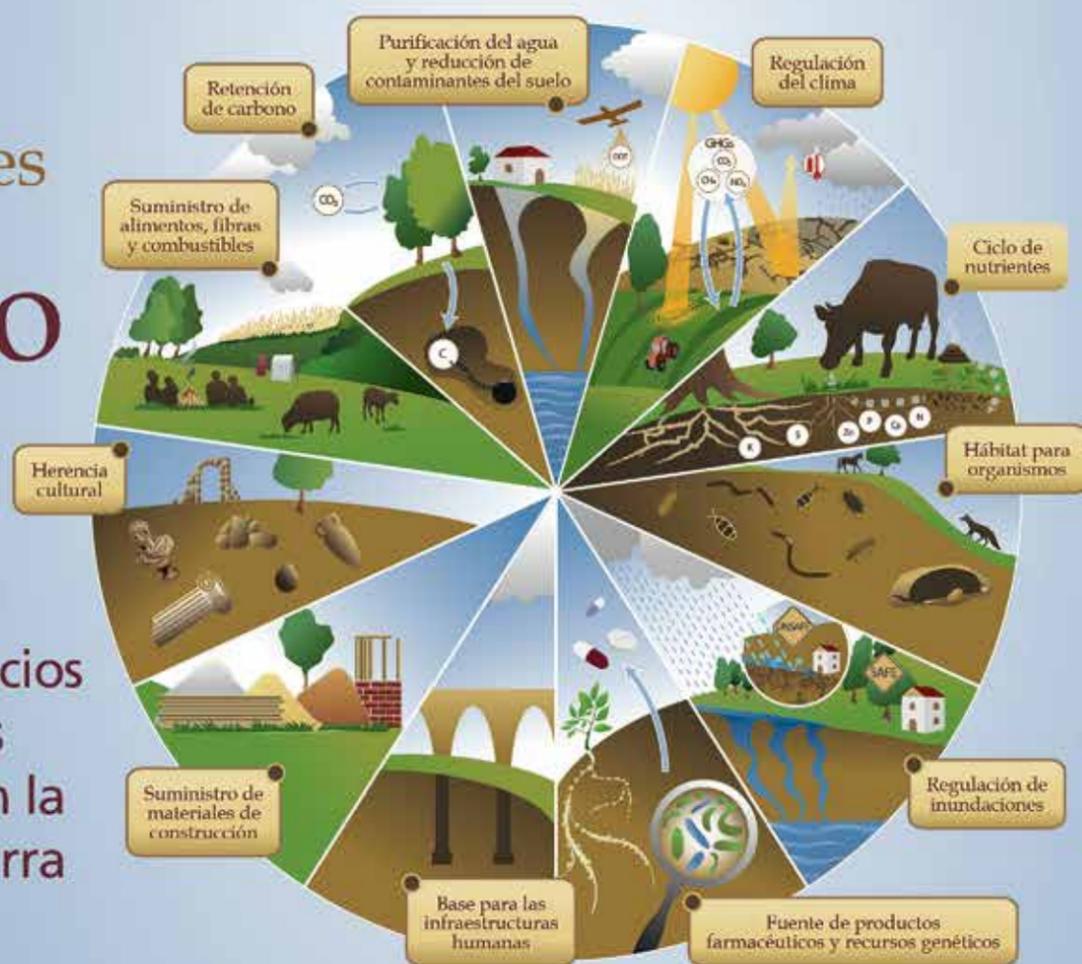


2015

Año Internacional de los Suelos

Funciones del Suelo

Los suelos aportan servicios ecosistémicos que permiten la vida en la Tierra



ÍNDICE



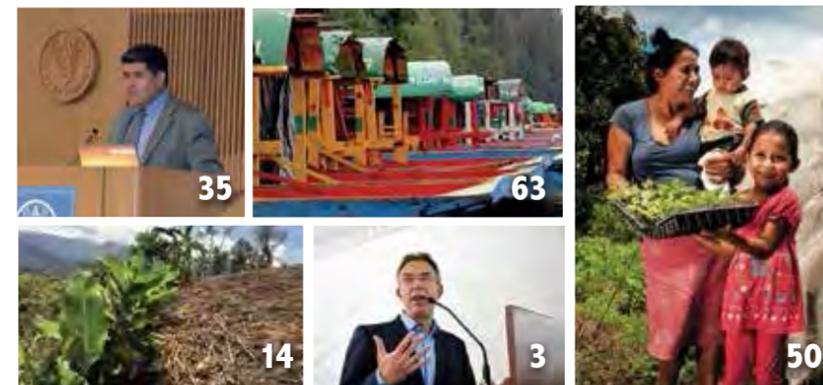
Año VI. Número 27
agosto - septiembre 2015

DIRECTORIO

- Coordinación General
Bram Govaerts
- Gerente de Divulgación
Georgina Mena
- Dirección Editorial
Gabriela Ramírez
- Coordinación Edición Especial
Horacio Rodríguez
- Comité Editorial
Carolina Camacho
Rachael Cox
Bram Govaerts
Judith Hernández
Samuel Huntington
Victor López
Georgina Mena
Gabriela Ramírez
Horacio Rodríguez
Matthew Thornton
- Corrección de estilo
Iliana C. Juárez
- Diseño gráfico
Yolanda Díaz
- Ilustración de portada
Alejandro Klamroth



Web
Alfonso Cortés



ÍNDICE

EDITORIAL

2 ESPACIO DEL LECTOR

AL GRANO

- 3 Asume Martin Kropff la Dirección General del CIMMYT
- 4 Construyendo el Nuevo Extensionismo Mexicano
- 5 Se gradúan investigadores del Curso Internacional de AC 2015

MONOGRÁFICO

- 6 Suelos en América Latina: nuestro recurso más olvidado
- 10 Validación de prácticas de mejoramiento de suelos para la producción sostenible de maíz y frijol en América Central
- 14 Revisión histórica de la conservación de suelos a través de innovaciones para un futuro mejor.
- 17 La importancia de las políticas públicas para la protección y conservación del suelo
- 19 En busca de sistemas de producción para optimizar la productividad y la calidad de los suelos en México
- 22 Una gran unión debajo del suelo: Las micorrizas y su importancia agronómica
- 26 La tenencia de la tierra: una preocupación internacional
- 28 Mejoran superficie de más de 383 miles de hectáreas en México

CENTRAL

- 30 La AC, su impacto en el suelo y en el rendimiento del maíz.

LA CHARLA

- 35 Año Internacional de los Suelos: Momento para dar voz a nuestro silencioso aliado.

DIVULGATIVO

- 37 Manejo integral de cuencas como método de conservación de suelos
- 40 Tlaxcala optimiza con acciones el uso de sus suelos
- 43 La tecnificación de las unidades de producción agrícola, indispensable para disminuir la degradación de los suelos en Guanajuato
- 47 Posicionamiento de la Red Mexicana por la Agricultura Familiar y Campesina en el Año Internacional de los Suelos 2015
- 50 AIAF +10: el compromiso con la agricultura familiar continúa

- 54 Manejo de tierras para la sustentabilidad productiva

- 56 SERMexicano. Construyendo el nuevo extensionismo rural mexicano en la era digital

TIPS

- 59 El análisis de suelo: diagnóstico, calidad y asertividad

FOTORREPORTAJE

- 63 Las Chinampas, agricultura tradicional con una visión sustentable

*EnlAce La Revista de la Agricultura de Conservación, año VI, número 27, agosto - septiembre 2015, es una publicación bimestral editada, publicada y distribuida por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) con domicilio en km 45 Carretera México-Veracruz, El Batán, Texcoco, Estado de México. C. P. 56237, México. Teléfono: + 52 (595) 9521 900. www.cimmyt.org, http://conservacion.cimmyt.org/ editorial.cimmyt@gmail.com Editor responsable: Dr. Ir. Bram Govaerts. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2014-110718425800-203, número de ISSN en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Certificado de Licitud de Título y Contenido en trámite, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por: Prepprensa Digital S.A de C.V. con domicilio en Caravaggio número 30, colonia Mixcoac, México, 03910, D. F. Teléfonos: 5611-9653 y 5611-7420 Este número se terminó de imprimir el 10 de agosto de 2015, con un tiraje de 20,000 ejemplares. Fecha de puesta en circulación: 12 de agosto de 2015. Las opiniones vertidas en los artículos son responsabilidad única de los autores, por lo que el CIMMYT no se hace responsable de las mismas. Los consejos, tips técnicos y cualquier otra información que se presenta en la revista son únicamente indicativos, por lo que el CIMMYT no asume la responsabilidad de los resultados obtenidos en campos específicos. Este es un material de apoyo a la divulgación de la agricultura sustentable con base en la Agricultura de Conservación en México. D.R. © CIMMYT 2015. Se prohíbe la reproducción, parcial o total de este material, salvo que medie la autorización previa y por escrito del titular. La revista EnlAce forma parte del componente MasAgro Productor, en el marco de las acciones emprendidas por el CIMMYT para la ejecución del Programa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro). Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido su uso para fines distintos de los establecidos en el programa.



La Asamblea General de las Naciones Unidas nombró a 2015 el Año Internacional de los Suelos (AIS 2015), con el objetivo de aumentar la concienciación sobre la importancia de los suelos para la producción de alimentos, la mitigación y adaptación al cambio climático, la reducción de la pobreza y la promoción del desarrollo sostenible.

La agencia de Naciones Unidas responsable de facilitar las actividades del AIS 2015 en cada país es la FAO, cuyo mandato es erradicar el hambre y la malnutrición. Dados los intereses y objetivos comunes en materia de conservación de suelos para el logro de la seguridad alimentaria, la reducción de la pobreza rural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la FAO y el CIMMYT suman esfuerzos para conmemorar el Año Internacional de los Suelos.

Esta sinergia se ve hoy materializada en esta edición especial de la revista EnLace, que además conmemora el sexto año consecutivo de conectar a diferentes actores interesados en la intensificación sustentable de la producción de granos básicos en México y América Latina.

Agradecemos la colaboración de las y los autores y de las instituciones que hicieron posible esta edición dedicada al AIS 2015 y los invitamos a seguir participando en forma activa con la revista y en las actividades del Año Internacional de los Suelos.

Bram Govaerts

Director Adjunto del Programa Global de Agricultura de Conservación. CIMMYT

Fernando Soto Baquero

Representante en México Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Espacio *del Lector*

“Estimados editores: Les saludo con gusto y solicito información sobre el formato y procedimiento para poder publicar un artículo en la revista EnLace... gracias y quedo pendiente.”
Isabel Corrales, Profesionista

“Buenas tardes, me comunico con usted para solicitar información acerca de los lineamientos a seguir para poder publicar un artículo en la revista EnLace. Yo trabajo con suelos pero no sé si haya algún número especial sobre ello o puedo enviar mi propuesta de artículo en cualquier momento para ser evaluado. Asimismo quisiera saber los lineamientos que requiere la escritura del artículo. Gracias por su atención.”
Dra. Gabriela Zanor, DICIVA, Sede Irapuato, Universidad de Guanajuato

“A los editores revista EnLace: Soy periodista especializado desde hace más de 18 años en el sector agropecuario. Soy argentino, pero radicado en Guadalajara, Jalisco desde 2009. En el mes de noviembre pasado participé junto al Coordinador general de la revista EnLace el Dr. Bram Govaerts, en un encuentro aquí en Guadalajara con motivo de la implementación de un programa de Agricultura de Conservación y sus resultados iniciales. Tuve la oportunidad de dialogar unos cuantos minutos amablemente con Bram, y coincidimos en la importancia que tiene la comunicación en general de la producción primaria, de alimentos y de hacerlo de manera sostenible. En esa diálogo comenté lo significativo de dar a conocer no solo a productores, sino a técnicos, empresarios, dirigentes y público en general, lo que yo denomino la comunicación sustentable, esto es, brindar no solo conocimiento técnico sino también explicar qué acciones de comunicación son relevantes. Mi idea es remitirles algunos artículos de breve extensión para que sean publicados de manera independiente en la revista EnLace, abordando lo siguiente: la relación verdadera del agro con la comunicación, la importancia de agregar valor desde el conocimiento, por qué invertir en tecnología para el sector agroalimentario, claves para comunicar eficazmente desde el suelo a la mesa. Estos, serían artículos orientados desde la comunicación y sus procesos centrales para hacer sustentable no solo la producción, sino la conciencia global de interesarnos todos por el futuro agroalimentario en distintas latitudes. Espero sea del interés este aporte, como parte de mi labor en la difusión y divulgación del tema, relacionado a la comunicación en organizaciones de todo tipo. Aguado su respuesta. Muchas Gracias!”
Hugo F. Castellano, Consultor Asesor en Comunicación, México/Argentina

Agradecemos sus amables comentarios. Ya nos hemos puesto en contacto con cada uno de ustedes y estamos atentos a recibir sus valiosas colaboraciones. Saludos cordiales.

Escríbenos a: cimmyt-contactoac@cgiar.org

Redacción

Fotos: CIMMYT



Martin Kropff director general del CIMMYT

Asume Martin Kropff la Dirección General del CIMMYT

Desde el 1 de junio de 2015, Martin Kropff asumió la Dirección General del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Como director general, Kropff encaminará sus esfuerzos para fortalecer la investigación en agricultura, alimentación y medio ambiente a nivel mundial, áreas que son sustantivas para responder a los retos globales de la alimentación y la seguridad alimentaria.

“El Centro es ejemplo de investigación aplicada de excelencia y a profundidad, en sistemas agronómicos y mejoramiento de nuevas variedades para ambientes en cambio constante. Como tal, está perfectamente posicionado para desempeñar una función central y de liderazgo en la comunidad científica y de investigación para el desarrollo. Esta posición puede aprovecharse aún más al fortalecer sus relaciones con institutos

de investigación avanzada, la industria y aliados en los países en desarrollo. Estoy listo para explorar los caminos para consolidar estos vínculos con el personal y los públicos de interés para el CIMMYT. Estoy convencido de que de así podremos construir sobre el excelente legado de mi predecesor”, dijo Kropff al aceptar su designación.

“Nuestra misión en el CIMMYT es aplicar la ciencia y la innovación para mejorar las condiciones de vida de la gente, sobre todo la del mundo en desarrollo. Los proyectos de investigación deben centrarse en producir impactos en los campos de los agricultores”, señaló el director general.

Thomas Lumpkin, quien fue director general del CIMMYT de 2008 a 2015, incrementó en forma significativa el presupuesto y las colaboraciones del Centro, con lo que logró posicionarse como una institución líder y ampliamente respetada en el sistema del CGIAR.



MARTIN KROPFF

- Se ha desempeñado como rector y vicepresidente de la Junta Ejecutiva de la Universidad y Centro de Investigación Wageningen UR, de los Países Bajos.
- Obtuvo los grados de licenciatura y maestría en Biología de la Universidad de Utrecht y el doctorado *cum laude* en Ciencias Ambientales y Agrícolas de la Universidad de Wageningen.
- De 1990 a 1995 fue agrónomo en sistemas del Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI), un centro hermano de CIMMYT en Filipinas, donde dirigió un programa interdisciplinario sobre la incorporación de sistemas de análisis y simulación en la investigación de la producción arroceras. A su regreso a los Países Bajos en 1995, se desempeñó con éxito como profesor de tiempo completo de Ecología de Cultivos y Malezas, fue director científico de la Escuela de Posgraduados para la Producción Ecológica y la Conservación de los Recursos CT de Wit, y director general del Grupo de Ciencias de las Plantas. En 2005 se unió a la Junta Ejecutiva de Wageningen UR.
- En 2013 se incorporó a la Junta Directiva del Consorcio del Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), donde se ha empeñado en mejorar la cohesión y en desarrollar una nueva estrategia para el Grupo.



Construyendo el Nuevo Extensionismo Mexicano

El 30 de junio de 2015 se llevó a cabo el encuentro entre instituciones "Construyendo el Nuevo Extensionismo Mexicano", con el objetivo de conformar la representación de México ante la Red Latinoamericana de Servicios de Extensión Rural (Relaser) para fomentar el diálogo, el intercambio de experiencias y buenas prácticas, así como la incidencia en políticas públicas para fortalecer el desarrollo del Sistema de Extensionismo Rural Mexicano, como parte del sistema nacional de innovación agrícola.

El evento estuvo presidido por René Villareal, coordinador general de Asesores y Planeación Estratégica del secretario de la Sagarpa; Jorge Galo Medina Torres, director general de Extensionismo Rural y Desarrollo de Capacidades de la Sagarpa; Ligia Osorno Magaña, directora general del INCA Rural; Sergio Reyes Osorio, presidente del Grupo Interinstitucional para Impulsar el Nuevo Extensionismo Rural y la Innovación; Jesús Moncada de la Fuente, director general del Colegio de Postgraduados (Colpos); Gloria Abraham Peralta, representante en México del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); Roxana Aguirre Elizondo, directora de Extensionismo Rural de la Sagarpa, y Horacio



Encuentro "Construyendo el Nuevo Extensionismo Mexicano".

Rodríguez Vázquez, coordinador de Extensionismo para América Latina del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Como resultado del encuentro se conformó oficialmente el Consejo Ejecutivo del Foro Nacional Relaser México, integrado por: Roxana Aguirre Elizondo, directora de Extensionismo Rural, Sagarpa; Horacio Rodríguez Vázquez, coordinador de Extensionismo para América Latina, CIMMYT; José Ángel Domínguez Vizcarra, director general adjunto de Desarrollo y Difusión, INCA Rural; Fernando Manzo Ramos, profesor-investigador, Colpos; Leticia Deschamps Solórzano, secretaria ejecutiva de la Red Innovagro, IICA México, y Ancuța Caracudă, especialista senior, IICA México.

El evento contó con la participación de 53 personas, representantes de la Sagarpa, el INIFAP, el INCA Rural, el Colpos, el IICA, la FAO, el CIMMYT, la Unidad Técnica Nacional PESA-FAO, la Red Innovagro, el Colegio de la Frontera Norte (Colef), la Universidad Autónoma Antonio Narro, la Universidad

Texto: Horacio Rodríguez. CIMMYT
Fotografías: CIMMYT

Autónoma Chapingo, el CIESTAAM, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, la Universidad Autónoma de Chihuahua, la Universidad de Colima, la Universidad Autónoma de Nuevo León, la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, la Universidad de Guanajuato, la Universidad de Wageningen (Países Bajos), el IOZMA, The Nature Conservancy, el Sinacatri Nuevo León, The Hunger Project México, el SEPIJ AC, el Consejo Nacional Agropecuario, la Fundación Mexicana para el Desarrollo Rural, el Colectivo Isitame y la Red Mexicana por la Agricultura Familiar y Campesina.

Con la conformación de este Comité Ejecutivo, México se suma a países como Chile, Colombia, Costa Rica, Paraguay y Perú, que cuentan ya con un Foro Nacional Relaser.†

Más información en:
<http://www.relaser.org>



Texto: Alfonso Cortés, Paola López y Gabriela Ramírez. CIMMYT.
Fotografías: CIMMYT



Los miembros del Curso Internacional de AC en el recorrido por Hidalgo.

Se gradúan investigadores del Curso Internacional de AC 2015

Investigadores de Guatemala, Perú, Ecuador y México participaron en el Curso Internacional de Agricultura de Conservación (AC) 2015 que se llevó a cabo en el CIMMYT. Durante cinco semanas, los participantes se capacitaron en temas de agricultura sustentable y herramientas para facilitar la labor de extensionismo tales como: AC, diseño y manejo de experimentos en campo, mediciones en campo, reporte de resultados, sistemas de innovación e investigación interdisciplinaria del CIMMYT.

Además, durante su estancia en México participaron en un recorrido por los estados de Hidalgo, Tlaxcala y el Estado de México, en donde pudieron ver los resultados de los trabajos realizados por el Hub Valles Altos. Ahí, los productores les compartieron sus experiencias y aprendizajes y visitaron la plataforma de investigación MasAgro en el Valle del Mezquital, en Hidalgo.

Nele Verhulst, coordinadora de Investigación Estratégica del Programa Global de Agricultura de Conservación, fue la encargada de la realización de este curso, y durante la ceremonia de graduación explicó que dicha actividad tiene como objetivo desarrollar una red de colaboradores que puedan ser líderes en sistemas de innovación en sus países, con las bases en agricultura sustentable que refuercen los programas de investigación.

Al respecto, Martín Kropff, director general del CIMMYT, les recordó a los participantes la tarea que tienen como embajadores del centro en sus respectivos países y expresó su esperanza de que continúen colaborando en el futuro.

José Vázquez, de Guatemala, encargado de dar el discurso final durante la ceremonia de graduación del curso, dijo: "A lo largo de nuestra parti-

cipación nos hemos encontrado con distintas situaciones que nos dejan mucho aprendizaje y que nos permitirán ver de mejor manera los retos y oportunidades con los cuales nos encontraremos al retornar a nuestros países.

Uno de los mensajes que nos llevamos es que la AC se basa en principios, más no en recetas. Esto implica que tendremos que ser sumamente creativos para escuchar e interpretar a nuestros agricultores y, más aún, para que se adopte el menú tecnológico que podamos ofrecer."

El Curso Internacional en AC es un proyecto de capacitación que se lleva a cabo desde 1996 con las enseñanzas de Ken Sayre. Los investigadores de América Latina son la vigésima primera generación que se gradúa de este curso; en total, la suma asciende a 132 graduados.†

Suelos en América Latina: nuestro recurso más olvidado

En América Latina y el Caribe se pueden encontrar todos los tipos de suelos (Gardi *et al.*, 2014), aunque la distribución de los suelos productivos y del agua es muy heterogénea: se tienen zonas extremadamente áridas y extremadamente lluviosas; zonas con suelos de calidad extraordinaria y otros muy empobrecidos; zonas de suelos protegidos y zonas de suelos altamente degradados. La región tiene las reservas de tierra cultivable más grandes del mundo, aunque la expansión agrícola ha ido acompañada por el uso intensivo de insumos, reducción de la biodiversidad, deforestación, y degradación del agua y del suelo. La expansión agrícola suele darse a expensas de los ecosistemas naturales, y tiene como fin tanto la producción de subsistencia como la agroindustrial. En promedio, 23.7% de la superficie regional tiene potencial cultivable, alcanzando 51.4% en el Caribe. Con respecto a los recursos hídricos, el sector agrícola (particularmente, la agricultura de riego) es responsable de 71% de las extracciones de agua en la región (FAO, 2015¹), y siendo el suelo un excelente reservorio de humedad, es altamente recomendable el manejo integral de ambos recursos.

SUELOS EN RIESGO: EL PROBLEMA DE LA DEGRADACIÓN

El primer taller de trabajo de la Alianza Sudamericana por el Suelo permitió identificar que la degradación del suelo es un problema común de los países presentes en esta reunión y el principal a escala regional. Ésta, sea física, química o biológica, es la pérdida de la capacidad productiva del suelo a corto o largo plazo. Aunque existen factores naturales de pérdida de fertilidad de los suelos, la degradación inducida por actividades humanas lleva a una transformación acelerada de este recurso y de sus propiedades originales. En América Latina y el Caribe, las actividades que más han contribuido a la degradación de los suelos son la agricultura mecanizada, el sobrepastoreo y el desarrollo urbano e industrial. Todas ellas comienzan por la deforestación: la pérdida de la cobertura vegetal asociada a estos cambios de uso del suelo afecta el intercambio de energía con la atmósfera, lo que produce efectos microclimáticos e influye en la capacidad del suelo de retener carbono; si bien 45% de la superficie regional está cubierta por bosques, el avance de la deforestación entre 1990 y 2005 es uno de los mayores a escala mundial, aun cuando algunos países —especialmente los insulares— han avanzado en la reforestación de tierras y la protección de bosques (Gardi *et al.*, 2014).

Texto: Meliza González y Benjamín Kiersch
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Oficina Regional para América Latina y el Caribe.



Si bien la degradación es un problema común a la región, es más grave en México y América Central que en América del Sur. Los principales procesos de degradación de la región son la pérdida de materia orgánica; la salinización y alcalinización de los suelos; la acidificación; la contaminación; la compactación, el encostramiento y el sellado³; y la erosión

¹ Las estadísticas de Aqcastat para América Latina y el Caribe no consideran a México dentro de la región.

² Taller de la Alianza Sudamericana por el Suelo, Santiago, 2 al 5 de marzo de 2015. Comunicado de prensa disponible en: <http://goo.gl/ugqNFM>.

³ La compactación ocurre por estrés mecánico sobre el suelo, principalmente el uso de maquinaria agrícola y el pisoteo de animales de pastoreo, donde se reduce la porosidad del suelo, lo que afecta su densidad. El encostramiento sucede cuando se forma una capa delgada sobre el suelo con una porosidad reducida y resistente. El sellamiento es el proceso en el que el suelo es cubierto de asfalto o cemento, ocurre en las zonas urbanas, y el suelo que queda como soporte de la ciudad se pierde irremediablemente.

Tabla 1. Estado de la degradación en países de América Latina y el Caribe.

País	Estado de la degradación
Argentina	En total, más de 60 millones de hectáreas del país están sujetas a algún tipo de proceso erosivo, que aumentan cada año en 650 mil hectáreas. Producto de erosión hídrica, 25 millones de hectáreas se ven afectadas, mientras que 21 millones sufren de erosión eólica, especialmente en zonas áridas y semiáridas. La principal causa de la degradación es la deforestación o reemplazo de bosques por agricultura, particularmente, por monocultivos de soja.
Bolivia	El 41% del territorio está sujeto a procesos de degradación. En el área occidental del país (más seca), las sequías son un factor natural de degradación, cuyos efectos se exacerban por el uso insostenible de los recursos naturales, lo que genera erosión y salinización. En el área oriental (tropical y húmeda) se mezclan zonas de bosques primarios y de agricultura intensiva; aquí los procesos erosivos más frecuentes son compactación del terreno, la pérdida de cobertura vegetal y la contaminación, causados por el sobrepastoreo, tala y quema de bosques y pastizales, la expansión de la frontera agrícola en áreas no aptas y el uso inadecuado de químicos.
Brasil	Las Áreas Susceptibles de Degradación (ASD) del país se concentran en la región Nordeste, además de Minas Gerais y Espírito Santo. La región Noreste, por su parte, es la más susceptible a la desertificación. La evaluación de estas áreas en el periodo 1990-2001 mostró aumentos y reducciones del área cultivada, con un balance neto de una disminución de 2.3 millones de hectáreas.
Chile	Aproximadamente, el 62% del territorio (47.3 millones de hectáreas) está afectado por la desertificación. Los terrenos más degradados se encuentran en el norte y centro del país y en la zona más austral. Por su parte, la erosión es uno de los problemas ambientales con mayor influencia en el sector silvoagropecuario, 49% del territorio nacional (unos 36.8 millones de hectáreas) se encuentra bajo distintos grados de erosión. Las áreas más afectadas por este problema son las regiones de Coquimbo, la de Valparaíso y la de O'Higgins, con 84%, 57% y 52% de sus suelos erosionados, respectivamente.
Colombia	Se estima que el 17% del territorio nacional se encuentra afectado por la desertificación (un 79% de la superficie de zonas secas está afectado por algún grado de desertificación), resultado de procesos erosivos y de la salinización, principalmente. En la región andina, 80% se encuentra afectada por la erosión, provocada, principalmente, por la aplicación de tecnologías agropecuarias inadecuadas, que se implementan frecuentemente sin tener en cuenta la aptitud de uso de los suelos.
Costa Rica	En este país, los dos principales causantes de la degradación se han reducido en el último tiempo: la deforestación pasó de afectar 22 mil hectáreas a 8 mil, mientras que los incendios forestales disminuyeron de 7 103 hectáreas a 1 322, todo ello entre los años 1990 y 2000.
Cuba	Hasta 2006, 80% del territorio se veía afectado por algún factor limitante de la productividad, lo que disminuye el rendimiento potencial de los 29 cultivos principales del país por debajo de 70%. El 71% de los suelos presenta muy bajos contenidos de materia orgánica, mientras que otros problemas que le siguen en relevancia son baja fertilidad, erosión hídrica, mal drenaje, acidez, compactación y salinidad. Las causas principales de la degradación son de origen antropogénico.
Ecuador	El 28% de la superficie nacional es susceptible a la desertificación. En datos del año 2005, 50% de la superficie nacional está afectada por procesos erosivos; 17%, por el deterioro de las cuencas; 15% por desertificación; y 9% por pérdida de nutrientes de los suelos.

(Gardi *et al.*, 2014). Como resultado, los suelos degradados ven reducida su cobertura vegetal, disminuyen su fertilidad y son más sensibles a la contaminación, todo lo cual repercute en un empobrecimiento de las cosechas. Algunos de estos efectos, como la pérdida de la cobertura vegetal, potencian la degradación que los ha originado, conformando un ciclo perjudicial para el suelo y para la producción de alimentos. El Atlas de suelos de América Latina y el Caribe presenta información detallada de varios países de la región.

En la tabla 1 se observa que varios países mencionan la concurrencia entre áreas degradadas y áreas donde sus habitantes viven en condiciones de pobreza. Esta relación no solo ocurre en América Latina y el Caribe, sino que puede observarse a escala mundial. La gráfica 1 (página 9) muestra cómo una mayor proporción de tierras muy degradadas coincide con altos niveles de pobreza. Esto se debe, en general, a que la pobreza está relacionada con la falta de acceso a los recursos de tierras y aguas. Es necesario que haya políticas eficaces para ayudar a la población con menor acceso al suelo y otros recursos, o que necesita apoyo técnico para transformar su producción en una actividad sostenible en el tiempo (FAO, 2011).

EL CAMBIO CLIMÁTICO, UN DESAFÍO ADICIONAL EN EL CUIDADO DE LOS SUELOS

Se estima que, para 2050, el aumento de la población incrementará la demanda de alimentos en 70% sobre la actual. Para suplir esta demanda, se requerirá de mejores sistemas de distribución de alimentos, de una intensificación de los cultivos en las tierras que ya se usan para fines agropecuarios, o bien agudizará las presiones sobre terrenos para el cambio de uso del suelo (especialmente, eliminando bosques para habilitar tierras de cultivo y pastizales para el ganado) y los conflictos entre productores agropecuarios de

El Salvador	La erosión hídrica, por efecto de las lluvias afecta a 75% de la superficie nacional (1.58 millones de hectáreas). Zonas específicas en la costa están afectadas por contaminación, debido al cultivo intensivo de algodón que hubo entre las décadas de 1970 y 1980. En otros distritos, se han encontrado residuos de insecticidas y herbicidas.
Guatemala	La principal forma de erosión que afecta al país es la hídrica, con una tasa de erosión aproximada de 274.7 millones de toneladas por hectáreas anuales. Por otra parte, 12% de la superficie se encuentra amenazada por la desertificación, zona en la que viven 1.4 millones de personas, 83% de las cuales sufre condiciones de pobreza debidos, principalmente, a los factores biofísicos limitantes. La sequía mantiene en riesgo a 19 de los 22 departamentos, y tanto ésta como la desertificación tienen su principal causa en factores naturales como la sombra hidrográfica, que se magnifican con la pérdida de cobertura natural, con las mayores pérdidas de bosques en los departamentos de Chiquimula y Jutiapa, en la zona semiárida.
Honduras	La falta de sostenibilidad de los sistemas productivos es determinada por factores como la sequía, la erosión del suelo, la deforestación, la pérdida de la biodiversidad y la reducción de recursos críticos, como el agua. Estos efectos están asociados a la pobreza y se estima que un 71% de la población del país se encuentra por debajo del umbral de la pobreza.
México	La erosión eólica abarca 9% del territorio nacional, y las zonas más afectadas son Tlaxcala, Chihuahua y Nuevo León. La erosión hídrica afecta 12% del país, y los estados más afectados son Guerrero, Michoacán y el Estado de México. La degradación química está muy asociada a la intensificación de la agricultura, afectado a 35 millones de hectáreas. Finalmente, la degradación física se produce en 12 millones de hectáreas, siendo el DF el más afectado, seguido por Tabasco y Veracruz. En total, 88 millones de hectáreas están afectadas por distintos procesos de degradación de los suelos.
Nicaragua	Existen tres regiones ecológicas principales que experimentan distintos problemas. En la región central se da erosión hídrica producto del sobrepastoreo del ganado, quemas agropecuarias y labranza con bueyes en zonas de pendientes. La región del Pacífico es la de mayor población y suelos más fértiles, y en ella son frecuentes los procesos de erosión eólica e hídrica debido a la labranza mecanizada, además de la contaminación de acuíferos por el uso de agroquímicos. Finalmente, la región atlántica del trópico húmedo sufre una deforestación acelerada para disponer del terreno para actividades agrícolas, por lo que ocurren procesos de lavado de sales, compactación por pisoteo del ganado y quemas con fines agrícolas y pecuarios.
Panamá	De acuerdo con el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Sequía y Desertificación (2004), existen 2.1 millones de hectáreas sujetas a degradación de suelo y a sequías. La mayoría de las áreas afectadas son, además, zonas de pobreza o pobreza extrema. El Plan reconoce que estas áreas están sometidas a rigurosas exigencias de productividad, por lo que se daría abuso y mal uso de agroquímicos, prácticas de labranza insostenibles, sobrepastoreo, talas y quemas, que aceleran la erosión y disminuyen la fertilidad del suelo.
Paraguay	Entre la década de 1940 y 1990, la superficie deforestada pasó de 8 a 18 millones de hectáreas, aproximadamente, siendo la meta principal de esta acción destinar dicha superficie al cultivo de soja, trigo y pastos para ganadería. En la región oriental los problemas son de erosión hídrica y deterioro químico del suelo, debido al cultivo en suelos pobres sin una adecuada aplicación de abonos orgánicos o fertilizantes químicos. En otras áreas del país, como el Chaco paraguayo, la salinización también constituye un proceso de degradación importante.

distintos tamaños. Se demandará más agua o será necesario controlar su acceso a través de tecnificación del riego, lo que puede tener consecuencias ambientales sobre los ecosistemas cercanos. Y finalmente, como si este panorama no fuera una situación difícil de resolver, se adiciona el reto del cambio climático, cuyos efectos son evidentes en el presente y continuarán aumentando, pues seguirán alterándose los regímenes de temperaturas, precipitaciones, nivel de las nieves y caudales de los ríos. Algunos sistemas productivos se beneficiarán de condiciones más templadas, pero otros acusarán la disminución de las precipitaciones y el aumento previsto de eventos extremos —como sequías y lluvias intensas— tanto en intensidad como en frecuencia (FAO, 2011). El Quinto Informe de Cambio Climático del IPCC reconoce tres riesgos clave para América Latina: i) problemas de disponibilidad de agua; ii) menor producción (y calidad) de alimentos; y iii) difusión de enfermedades transmitidas por vectores. Los problemas derivados de la demanda de alimentos y sus presiones sobre el suelo requerirán mucha atención en la protección del suelo, su uso sostenible, y probablemente la creación de medidas compensatorias por los impactos económicos del cambio de uso del suelo (Alianza Clima y Desarrollo y Overseas Development Institute, 2014).

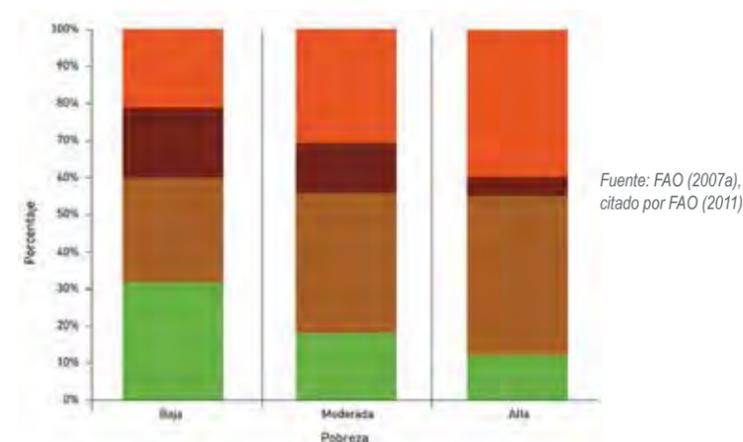
El cambio climático tendrá efectos directos sobre el suelo: la modificación de patrones de precipitación, temperaturas y evapotranspiración generará condiciones más propicias para la extensión de la desertificación y la degradación. Esta última en particular, se vería exacerbada por la reducción de glaciares y hielo continental; el aumento de la pérdida de suelo por efectos del agua o el viento y los deslizamientos de tierras producto de eventos climáticos extremos; la mineralización de la materia orgánica, y la pérdida de tierras por el aumento del nivel del mar y de la salinidad en suelos costeros (Gardi et al., 2014).

Perú	Un tercio de la superficie nacional se haya en algún estado de desertificación, tanto en la zona desertificada de la costa árida o sierra semiárida, como en zonas tropicales de la Amazonía peruana.
Uruguay	El principal problema ambiental asociado a la producción agropecuaria del país es la erosión hídrica de origen antrópico, que afecta 30% de la superficie nacional (480 mil hectáreas) en distintos grados o intensidades. Estos procesos erosivos se desencadenan, principalmente, por actividades agrícolas, sin que la deforestación sea todavía un factor importante, ya que la vegetación nativa predominante son pastos naturales. Como segundo problema relevante, se encuentra la pérdida de la materia orgánica del suelo, muchas veces causada por la erosión, lo que provoca una pérdida de la calidad de los suelos.
Venezuela	El Programa de Acción Nacional de lucha contra la desertificación (PAN) indica que el 34% de la superficie de 11 estados está afectada por la degradación, estados donde habitan 6 millones de personas. A escala nacional, el relieve es el principal limitante de la producción agrícola en el 44% de las tierras del país y, derivado de ello, la erosión. También existen importantes problemas de fertilidad, limitaciones de drenaje y de recursos hídricos en general. Solo 2% del territorio posee tierras de buena calidad.

Fuente: Gardi et al. (2014)

Gráfica 1. Relación entre pobreza y degradación de la tierra.

■ Degradación alta o tierras muy degradadas
 ■ Tierras estables; degradación baja o moderada
 ■ Degradación moderada; tierras con una degradación baja o moderada
 ■ Mejora de tierras



AUNAR ESFUERZOS PARA LA PROTECCIÓN DEL SUELO

Las recomendaciones para una mejor gestión de suelos en América Latina y el Caribe tienen una arista técnica y una arista política. Ambas deben estar en sintonía y apoyarse mutuamente. En el aspecto técnico, la principal recomendación es ajustar los sistemas productivos y las prácticas agrícolas y pecuarias para hacer un mejor uso del suelo, prevenir la erosión y la degradación, y asegurar los rendimientos de las cosechas en el mediano y largo plazo. Existen numerosas herramientas con información sobre buenas prácticas, basadas en experiencias concretas en distintas partes del mundo. La FAO pone a disposición la base de datos TECA sobre buenas prácticas agropecuarias para pequeños productores, y colabora fuertemente con la iniciativa WOCAT, cuya base de datos recopila tecnologías y enfoques para la gestión sostenible de la tierra, con énfasis en la conservación de suelos y aguas.

En la arista política, se requiere que cada país tome conciencia de la importancia del suelo y de los problemas específicos que enfrenta, y aplique instrumentos públicos para su protección y uso sostenible. Para ello, puede desarrollarse legislación, aumentar la fiscalización de actividades productivas riesgosas, promover ayudas técnicas y económicas a los productores más pequeños, que los orienten a una actividad agropecuaria diversificada y sostenible, o subsidiando el no-uso de suelos que necesitan descansar una temporada dentro del ciclo agrícola. Con respecto al cambio climático, las prácticas de conservación de suelos mejoran su capacidad de almacenar carbono, lo que contribuye a la mitigación de este fenómeno y abre la posibilidad de participar en los mercados de bonos de carbono.

La protección del suelo dependerá de un trabajo conjunto de las esferas pública y privada, técnica y política, individual y colectiva. Mientras mayor sea la comprensión de la importancia del suelo para cada una de nuestras sociedades y comunidades, mejores serán los resultados de iniciativas regionales, nacionales o sub-nacionales que busquen proteger a este silencioso aliado de la seguridad alimentaria y nutricional.

Sitio web de TECA:
<http://teca.fao.org/es>

Sitio web de WOCAT (en inglés):
<https://www.wocat.net/>

Base de datos de tecnologías:
<https://goo.gl/fzGxKY>

Referencias

- Alianza Clima y Desarrollo y Overseas Development Institute (2014). El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC ¿Qué implica para Latinoamérica? Resumen ejecutivo. Disponible en: <http://goo.gl/A2y9Xt>. Revisado el 20 de abril de 2015.
- FAO (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Cómo gestionar los sistemas en peligro. Resumen en español. Disponible en: <http://goo.gl/92c0ua>. Revisado el 21 de abril de 2015.
- FAO (2015). Aquastat, sistema de información global sobre el agua. Búsqueda realizada a escala de regiones. Consultado: Uso de la tierra; Extracción de agua por sector. Disponible en: <http://goo.gl/bYGCvS>. Revisado el 15 de mayo de 2015.
- FAO, Global Soil Partnership (2015). Infografía. Disponible en: <http://goo.gl/diWYmI>. Revisado el 6 de mayo de 2015.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñoz, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., Vargas, R. (eds.) (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxemburgo. Disponible en: <http://goo.gl/aTUo6w>. Revisado el 12 de mayo de 2015.



Texto y Fotografías:

Karen Montiel¹, Muhammad Ibrahim², René Rivera³.



Jonny Hernández, Intibuca, Honduras

Validación de prácticas de mejoramiento de suelos para la producción sostenible de maíz y frijol en América Central

INTRODUCCIÓN

El maíz y el frijol son dos cultivos de gran importancia para la seguridad alimentaria de los países centroamericanos y constituyen los principales soportes económicos de muchos sistemas de agricultura familiar de la región, en particular de la agricultura de subsistencia (Cocchi *et al.*, 2004).

Un alto porcentaje de ambos productos se cultiva en zonas de laderas, en donde muchos productores utilizan prácticas tradicionales, como el descombro, la roza y la quema de los terrenos, sin altos niveles de tecnificación y sin el uso de prácticas sostenibles para la conservación de los recursos naturales. Lo anterior provoca la degradación de los suelos, en particular su erosión, e incide directamente en la productividad de esos cultivos (Bravo-Ureta *et al.*, 2006).

Los desafíos actuales ante el cambio climático constituyen presiones adicionales sobre la calidad y las funciones básicas del suelo, las que aumentan por el uso de prácticas inapropiadas para su manejo. Estimaciones de la Comisión Europea (Gardi *et al.*, 2014) indican que más de la mitad de los 576 millones de hectáreas de la tierra cultivable de América Latina —particularmente 74%

de Mesoamérica y 45% de América del Sur— está siendo afectada por procesos de degradación. Se considera que la degradación de los suelos se debe principalmente al cambio climático, a cambios en el uso del suelo, a su sobreexplotación y a la inequidad social. Por lo tanto, el gran reto para la región es cómo aumentar la productividad agrícola, a la vez que se conservan los ecosistemas y los recursos naturales.

¹ Especialista del proyecto insignia "Resiliencia y gestión integral de riesgos ambientales para la producción agropecuaria", Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
² Líder del proyecto insignia "Resiliencia y gestión integral de riesgos ambientales para la producción agropecuaria" y director asociado de Cooperación Técnica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
³ Coordinador del proyecto Red de Innovación Agrícola (Red SICTA).

En vista de lo anterior, el proyecto Red de Innovación Agrícola (Red SICTA), financiado en América Central por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), llevó a cabo proyectos en las cadenas de maíz y frijol, mediante los cuales se articularon actores públicos y privados en redes de gestión de conocimiento nacional y territorial, a través de las cuales se capturaron, almacenaron y difundieron tecnologías para la innovación.

METODOLOGÍA

El proyecto Red SICTA implementó prácticas de mejoramiento de suelos en cuatro países de América Central, de los cuales se presenta información en el cuadro 1.

En el marco de estos proyectos, se difundieron conocimientos y prácticas sostenibles en la región y se capacitó a técnicos y productores en el uso de inoculantes de cultivos, manejo de coberturas, buenas prácticas agrícolas y obras para la conservación de suelos. Para lo anterior se utilizaron metodologías participativas tales como el establecimiento de escuelas de campo, comunidades de práctica, enseñanza productor a productor, en combinación con prácticas formales de enseñanza.

También se promovió el establecimiento de redes de productores y consorcios con las diferentes organizaciones relacionadas con el cultivo de maíz y frijol en los países meta. En cada uno de los territorios, se trabajó con redes de productores para identificar los problemas de producción y las tecnologías con potencial para validar y replicar, con el fin de mejorar la producción de maíz y frijol y reducir las pérdidas de cosecha.



Foto 1. Flor Elizondo y Guadalupe Gutiérrez, Costa Rica: Gira para la identificación de sitios para establecimiento de ensayos y parcelas para CPA's. Foto 2 Primera sesión de trabajo BPA Asopro.

Cuadro 1. Prácticas de mejoramiento de suelos implementadas por el proyecto Red SICTA en países de América Central en 2011-2013

País	Lugar	Cantidad de parcelas	Tecnologías validadas	Función de la tecnología
Belize	Distrito Sur	12	Manejo de cobertura de suelo (<i>slash and mulch</i>)	Mejorar la fertilidad del suelo
	Toledo	15	Cultivos mixtos en callejones (<i>alley cropping</i>)	Mejorar la fertilidad del suelo y controlar la erosión
Costa Rica	Chánguena, Veracruz, Pueblo Nuevo de San José de Upala, Pavón de los Chiles	4	Buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de frijol	Promover el enfoque de la mejora productiva sostenible
Honduras	Región Sur Occidente	113	Microorganismos eficaces	Mejorar la actividad microbiana y la eficiencia del uso de nutrientes
	Juticalpa, Catacamas y Culmí	10	Abono orgánico	Mejorar la fertilidad del suelo
Nicaragua	Nueva Segovia, Jinotega, Matagalpa, Estelí, Granada, Boaco, Chinandega, RAAN, RAAS	165	Inoculante de frijol	Fijar nitrógeno

Fuente: Elaborado con base en datos de Pop (2013), Hernández (2013), Teul (2013), UNA (2014), Palma (2013) y Elizondo y Gutiérrez (2014).



3

productivo. Adicionalmente, 15% de los usuarios de esta tecnología mejoraron sus ingresos en más de 15%. En los municipios de Juticalpa, Catacamas y Culmí se ejecutó otro proyecto para el uso de abono orgánico terminado y riego por goteo de baja presión en la producción de maíz para mejorar la fertilidad del suelo.

En el distrito de Toledo, en Belice, Red SICTA llevó a cabo proyectos de cultivo de cobertura de leguminosas con sistemas de corta y cobertura (*slash and mulch systems*) para la producción sostenible de maíz. Mediante dicho sistema se protegen y conservan los suelos agrícolas, con el fin de evitar su degradación y la pérdida de fertilidad, a la vez que se incrementan los rendimientos productivos y los ingresos de las familias. La metodología del proyecto consistió en la realización de una serie de mediciones de la erosión del suelo, la cantidad de microorganismos y la determinación de nutrientes en éste, tanto en fincas en que se practicaban sistemas tradicionales de cultivo (quema y siembra), como en fincas en que se utilizaban coberturas para el suelo. Se determinó que, en las segundas, la materia orgánica fue incorporada en el suelo desde el momento en que los agricultores se preparaban para su próxima siembra.



4

Foto 3 UNA Catacamas Honduras, día de campo para la difusión de sistemas de riego por goteo, uso de camellones y mejor densidad de siembra en el cultivo del maíz. Foto 4 Bartolo Teul, Toledo, Belice.

RESULTADOS

Los productores que participaron en estos proyectos cultivaban maíz y frijol junto con otros cultivos, como hortalizas, café, papas y frutas, en fincas ubicadas principalmente en laderas, en climas que varían de subtropical a tropical.

En Honduras, el proyecto Red SICTA implementó iniciativas en la Región Sur Occidente, mediante las cuales se promovió el uso de microorganismos eficaces en el cultivo de maíz, con el fin de mejorar la actividad microbiana y, de esta manera, el rendimiento

En Toledo se ejecutó un segundo proyecto mediante el cual se introdujeron sistemas de cultivo mixto en callejones o entre otros cultivos (*alley cropping*) para mejorar el manejo del suelo y la productividad de los cultivos. En este proyecto participaron 24 agricultores clave, se establecieron 15 parcelas de un acre (4 047 m²) cada una, que se cultivaron con madre cacao (*Gliricidia sepium*), y se realizaron capacitaciones y pruebas de suelos mediante el esquema de escuelas de campo.

En Nicaragua se validó la mejora de micorrizas para frijol con el fin de mejorar la fijación de nitrógeno. El 58% de los usuarios de inoculante mejoró sus ingresos en más de 15%. Para facilitar el acceso de inoculante a los productores a un bajo costo, se establecieron puntos de acceso a la tecnología del inoculante de frijol (PATIF), los cuales fueron dotados de equipos de refrigeración para conservar adecuadamente las dosis de ese inoculante.

Finalmente, en Costa Rica se analizaron y difundieron BPA en el cultivo de frijol mediante la implementación de comunidades de práctica y 50% de los productores que implementaron BPA mejoraron sus ingresos en más de 15%.

En el cuadro 1 se resumen las tecnologías principales que el proyecto Red SICTA implementó en los diferentes países en este tema. El objetivo de la mayoría de las tecnologías fue mejorar el reciclaje y/o la fijación de nutrientes en el suelo, debido a que los suelos en los territorios donde se ejecutó el proyecto han perdido fertilidad.

EXPERIENCIAS CON LAS TECNOLOGÍAS

El uso de micorrizas mejoradas como inoculante de frijol y de mejores prácticas de manejo de suelo resultó en el incremento de la producción en más de 20% (cuadro 2). Es importante resaltar que para el pequeño productor estas prácticas son muy fáciles de implementar.

La tecnología del inoculante de frijol utilizada en varias comunidades nicaragüenses contribuyó a que los productores conservaran los suelos y disminuyeran sus costos de producción, gracias a la reducción del uso de fertilizantes nitrogenados.

Por otro lado, en Honduras, la utilización de microorganismos eficaces

Cuadro 2. Producción de frijol con tecnologías mejoradas

País	Tecnología	Rendimiento q/mz	
		Prácticas convencionales	Producción con nueva tecnología
Costa Rica	Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de frijol	15	19
Nicaragua	Uso de inoculante de frijol	16	20

Fuente: Hidalgo 2014

Cuadro 3. Producción de maíz con tecnologías mejoradas

País	Tecnología	Rendimiento q/mz	
		Prácticas convencionales	Producción con nueva tecnología
Honduras	Uso de microorganismos eficaces	20	22
	Uso de abono orgánico	20	22

Fuente: Hidalgo 2014

y de abono orgánico (cuadro 3) aumentó la producción de maíz en 2 q/mz. El cultivo mixto de microorganismos beneficia el incremento de la diversidad microbiana de los suelos y optimiza las prácticas de manejo del suelo y cultivos, como la rotación de cultivos, el uso de enmiendas orgánicas, la labranza de conservación, el reciclaje de residuos de cosechas y el biocontrol de plagas.

En los distritos de Juticalpa, Catacamas y Culmí en Honduras, se usó abono orgánico terminado, que consiste en una mezcla de lombricomposta, tierra negra, tierra de corral, arena, hojas secas, cal y ceniza que favorece la macro y microfauna del suelo y la fertilización de todo tipo de cultivo. Esta técnica se complementó con sistemas de riego de baja presión para el uso eficiente del agua. De acuerdo con los datos de una encuesta inicial realizada a 349 productores, la mayoría utilizaba fertilizantes sintéticos en sus sembradíos de maíz, con rendimientos que oscilaron entre 35.4 y 45.4 q/mz. Luego de capacitar a diez productores líderes en la tecnología, estos redujeron sus gastos en el uso de fertilizantes sintéticos y lograron una densidad de plantas de 46 833 por manzana.

La experiencia en Toledo, Belice, buscaba mejorar los medios de vida de los productores de maíz y frijol con el uso de leguminosas y sistemas de *slash and mulch*. En este distrito, doce agricultores llevaron a cabo validaciones de la tecnología utilizando especies de leguminosas (*Mucuna pruriens* y *Canavalia ensiformis*) como cobertura de los cultivos de maíz. Si bien dos parcelas demostraron buenos resultados con sus métodos tradicionales, una parcela incrementó sus rendimientos en 88% y la cantidad de materia orgánica se incrementó en 50% con el uso de la tecnología.

CONCLUSIONES

Las innovaciones tecnológicas para el mejoramiento del suelo que se promovieron con los productores utilizando enfoques participativos han resultado en el incremento de la productividad del maíz y el frijol, cultivos de mucha importancia para la seguridad alimentaria. Dichas innovaciones son de bajo costo y su aplicación es de fácil aprendizaje.

Los estudios realizados por el proyecto Red SICTA indican que ha aumentado la cantidad de productores que están adoptando buenas prácticas de manejo de suelo como un indicador del escalamiento de las tecnologías.

Bibliografía

- Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Gardi, C., Jones, A. et al. Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M. L., Montanarella, L., Muñoz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M. I. y Vargas, R. (eds) (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Luxemburgo, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Bravo-Ureta, B., Cocchi, H. y Quiroga R. (2004). Farm benefits and natural resource projects in Honduras and El Salvador. Presentado en 2004 Annual Meeting, Denver, Colorado. Agosto 1-4.
- Bravo-Ureta, B. Cocchi, H., Quiroga, R. y Solis D. (2006). The impact of soil conservation and output diversification of farm income in Central American hillside farming. *Agricultural Economics* 35: 267-276.
- Elizondo, F. y Gutiérrez, G. (2014). Análisis y difusión de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de frijol mediante la implementación de comunidades de práctica. Iniciativa de Innovación Tecnológica, Implementación del Proyecto Red SICTA fase III en Costa Rica. San José, Costa Rica, Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en Frijol (PITTA Frijol), Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica (FITACORI).
- Hernández, J. (2013). Informe final. Proyecto: Difusión del uso de microorganismos eficaces como innovación tecnológica en el cultivo de maíz (*Zea mays*) para pequeños productores(as) de la Región Sur Occidente de Honduras. Colomoncagua, Intibuca, Honduras, Red SICTA.
- Hidalgo, C. (2014). Informe final de la medición de resultados de Red SICTA Fase III. Managua, Nicaragua, IICA.
- Palma, J. (2013). Informe Técnico Final. Proyecto "Apropiación del Uso de Inoculante como Innovación Tecnológica en el Cultivo del Frijol por Pequeños y Medianos Productores". Nicaragua, Unión de Productores Agropecuarios de Nicaragua (UPANIC).
- Pop, E. (2013). Final technical report. Participatory evaluation on the introduction of leguminous cover crops in slash and mulch systems for sustainable corn production in the Toledo District, Belize. Project No. RS-1B2013-29. Belice, Sustainable Harvest International-Belize (SHI-B), Red SICTA.
- Teul, B. (2013). Establishment of farmer field school for the introduction of alley cropping systems to improve soil management and productivity of crops in the Toledo district of Belize. Punta Gorda, Toledo, Belice, Ya'axche Conservation Trust, Red SICTA.
- UNA (Universidad Nacional de Agricultura, Honduras). (2014). - Programa de Escuelas de Campo. Informe final del Proyecto Uso de abono orgánico terminado y riego por goteo de baja presión en la producción de maíz, utilizando la metodología de las ECAS". - Catacamas, Olancho, Honduras, Red SICTA.



5

Foto 5. Jonny Hernández, Intibuca, Honduras. Los productores beneficiados del proyecto tuvieron la oportunidad de visitarse entre sí a través de giras de intercambio a nivel de zona.



Parcela en Nebaj, Quiché, Guatemala.

Revisión histórica de la conservación de suelos a través de innovaciones para un futuro mejor

Guatemala tiene una historia de mucho trabajo en el tema de conservación de suelos. Organizaciones internacionales, nacionales y locales se han dedicado a proteger y mejorar los suelos de las laderas del altiplano guatemalteco.

En el Proyecto Buena Milpa (Feed the Future Guatemala, Buena Milpa Project), un eje de investigación se enfoca en conservación de suelos. Este proyecto no está empezando de cero, pero está innovando teniendo como base los trabajos de investigación y extensionismo en el área de conservación de suelos en Guatemala y América Latina, como Vecinos Mundiales, CIDICCO en Honduras, Peace Corps y Catholic Relief Services, entre muchos otros.

En 2014, el Instituto de Ciencias y Tecnologías Agrícolas (ICTA) de Guatemala inició una investigación de Agricultura de Conservación (AC) en colaboración con el CIMMYT. El ingeniero Tomás Silvestre, del ICTA, trabaja con un Centro de Aprendizaje de Extensión Rural (CADER) que pertenece a la iniciativa nacional

de extensión rural en el Ministerio de Agricultura (MAGA). En conjunto con agricultores y agricultoras, se establecieron tratamientos de interés sobre el manejo de labranza y rastrojo bajo el sistema de milpa local (foto 1).

El proyecto Buena Milpa busca soluciones innovadoras, creativas, eficientes y viables para conservar y mejorar los suelos del altiplano occidental de Guatemala. Para lograr esta meta, se ha establecido una vinculación con organizaciones locales que están trabajando en el tema (foto 2).



Foto 1: En San Carlos Sija, Quetzaltenango, Guatemala, se están comparando tratamientos de cero labranza, labranza reducida y labranza tradicional con diferentes manejos de rastrojo y diferentes arreglos topológicos.



Foto 2: Líderes científicos del Proyecto Buena Milpa, Martha Willcox y Jon Hellin, discuten prácticas de conservación en la milpa de un agricultor promotor con la organización SerJus en Quetzaltenango, Guatemala.

PRÁCTICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELO

Las prácticas de conservación de agua y suelo normalmente toman forma en una combinación que logra una o más de las siguientes metas: reducir la susceptibilidad de la superficie del suelo a desprendimiento/deslaves, la disminución del arrastre de suelos susceptibles a erosión mediante la cobertura de suelo, el efecto de los procesos de erosión al transportar suelos desprendidos/deslavados e inducir la deposición de materiales/suelos transportados en erosión.

El enfoque convencional de la conservación de suelos en América Central ha sido el uso de tecnologías contrapendiente (*cross-slope*), como barreras vivas, barreras muertas de piedra y terrazas. A pesar de que hubo mucho trabajo en el tema de cobertura de suelo en las últimas décadas (Erenstein y Cadena, 1997), ésta práctica no aparece en las intervenciones actuales del altiplano occidental en Guatemala tanto como el uso de barreras vivas.

En Apredefi tienen un área de producción para agricultoras y agricultores miembros de la organización para complementar el terreno que tienen en sus casas. Ellos trabajan en conjunto con Agexport y The Nature Conservancy, innovando y probando diferentes barreras vivas para aprovechar sus parcelas para el doble propósito de conservación y producción.

En sus parcelas en Nebaj, Quiché, Guatemala, han establecido barreras vivas de plantas con flores para atraer insectos benéficos, cultivos de tubérculos, pastos para forraje y plantas de las que se usa la hoja en la producción de tamales.

INNOVACIÓN PARA EL FUTURO

El equipo científico del Proyecto Buena Milpa cuenta con muchos años de experiencia trabajando en investigación para la conservación de suelos en Honduras y México, entre otros países. La combinación de la riqueza de datos y experiencias del pasado con la innovación del equipo del CIMMYT y colaboradores locales ha generado la esperanza para lograr una mejor conservación de suelos en el altiplano occidental de Guatemala.³

Referencias
Cadena I, P. y Erenstein, O. (1997). La adopción de la labranza de conservación en un sistema de cultivo en ladera en Motozintla, Chiapas. Documento del NRG 97-01 Es. Mexico, CIMMYT.
Hellin, J. y Schrader, K. (2003). The case against direct incentives and the search for alternative approaches to better land management in Central America. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 99 (1-3), 61-81.

Fotos 3, 4 y 5: En Guatemala han establecido barreras vivas, algunas con flores, para atraer insectos benéficos.



Texto: Bosque David Iglesias Guzmán
Programa de Medio Ambiente de la Universidad Iberoamericana

MONOGRÁFICO



La importancia de las políticas públicas para la protección y conservación del suelo

La conservación de los suelos es un asunto de interés público y de un grado de importancia más que prioritario. Aun así, existe una creciente preocupación por la degradación en los suelos de México y del mundo: "Hoy en día, la degradación de suelos en México ha tomado proporciones muy importantes en cuanto a su extensión, su intensidad y el costo que conlleva su recuperación. Estas condiciones, a su vez, aumentan los costos de producción y empobrecen a la población rural".

Es entonces que, frente a las consecuencias que acarrea y puede acarrear una mala gestión de los suelos que lleve a su degradación, poniendo en riesgo la oferta de alimentos y afectando la actividad sustantiva de la población rural, conviene hacer una revisión de las políticas de conservación de los suelos en el país¹.

POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN MÉXICO

México tiene una historia en políticas de conservación de suelos desde los años cuarenta del siglo pasado, cuando se creó la Dirección de Conservación de Suelo y Agua. Esta fue la primera instancia gubernamental encargada de controlar y combatir la erosión del suelo. Fue constituida en 1946, dentro de la estructura administrativa de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. "Esta dirección tenía como finalidad fomentar, proteger y conservar el suelo para la agricultura nacional. Con poco presupuesto, el trabajo se realizó mediante la motivación y el convencimiento para lograr la participación voluntaria de los productores²".

¹ Cotler, Helena et al. La conservación de suelos, asunto de interés público.
² Martínez Ménez s/f, referido en Capital Natural de México.



A lo largo de las administraciones subsecuentes, la institucionalidad fue transformando su estructura, pero sin dejar de atender, a través de alguna instancia y/o programa, el gran reto de conservar los suelos productivos y luchar contra su degradación.

Un cambio importante en las políticas de conservación de suelos se dio en la década de 1990, pues se dotó a los agricultores de un rol más activo, como principales obligados y responsables de las acciones de conservación y preservación de sus suelos productivos, siempre acompañados por la asistencia técnica de parte del Estado. “En el sexenio de 1988-1994 se creó la Dirección General de Política Agrícola en sustitución de la Dirección General de Normatividad Agrícola, y las actividades de conservación del suelo y agua fueron atendidas por una subdirección. En ese periodo se modificó el Artículo 27 Constitucional y se recomendó que deberían ser los dueños de la tierra los responsables de realizar las obras de conservación del suelo y agua. La participación de las dependencias estatales y federales se reducían a dar asesoría técnica para promover la realización de obras de conservación del suelo³”.

En la actualidad existe en México un instrumento novedoso que aporta una orientación general a la política de conservación y el aprovechamiento sostenible de los suelos, se trata de la “Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras” (ENMST) que es la guía fundamental del trabajo del Sistema Nacional de Lucha contra la Desertificación y Degradación de los Recursos Naturales, esfuerzo interinstitucional encabezado por la Semarnat.

Dentro de sus líneas de acción, la ENMST contempla: impulsar la planeación integrada del uso de las tierras, el fortalecimiento de la coordinación institucional y armonización de políticas e impulsar la generación y difusión de información para el manejo sustentable de tierras.

Hace falta mucho para contener la degradación de los suelos de uso agrícola, que son de los más dañados y a la vez de los más indispensables para el país, pero la larga tradición de políticas gubernamentales que han atendido este reto en México son un antecedente de mucha importancia.

PANORAMA Y OPORTUNIDADES ACTUALES

Hoy existe un panorama amplio en términos de regulación y ordenamientos jurídicos en torno a la conservación de suelos en México. Son siete las leyes que regulan este recurso: la Ley Agraria, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LDFS), la Ley de Aguas Nacionales y la Ley General de Vida Silvestre. Dentro de ellas, la LGEEPA y la LDFS hacen un abordaje legal con un mayor compromiso hacia las metas del desarrollo sustentable, ya que consideran al suelo como un recurso natural que debe ser sujeto a un aprovechamiento sustentable y que debe conservarse.

En términos operativos, las instancias gubernamentales que actualmente se encargan de la aplicación de las políticas de conservación de suelos están concentradas en la Sagarpa y la Semarnat. A pesar de empeños importantes como los del SINADES y la ENMST, quedan aún áreas de oportunidad de mejora entre las que destaca una mayor coordinación interinstitucional, para generar sinergias y maximizar los esfuerzos presupuestales que se les destinan.

También es de gran importancia lograr ver las oportunidades de sumar esfuerzos entre las políticas productivas y las de manejo sostenible de suelos, ya que aunque bien pudiera pensarse que los recursos asignados a conservación y a programas productivos están en competencia, es claro que invertir en suelos sanos y fértiles es también invertir en productividad agrícola.

A MANERA DE CONCLUSIÓN

En su reciente Encíclica *Laudato Si'* sobre el cuidado de la casa común, el Papa Francisco hace un llamado a reconvertir nuestros modos de vida para revertir los efectos devastadores que la cultura del descarte, el paradigma productivo no sustentable que impera actualmente, ha producido sobre los ecosistemas del planeta.

En su proclama hacia una conversión ecológica, hace especial énfasis en el papel que deben asumir los líderes y tomadores de decisiones con políticas encaminadas a una nueva manera de relacionarnos con el entorno natural “Una estrategia de cambio real exige repensar la totalidad de los procesos, ya que no basta con incluir consideraciones ecológicas superficiales mientras no se cuestione la lógica subyacente en la cultura actual⁴”.

Es por ello que desde el Programa de Medio Ambiente de la Universidad Iberoamericana nos parecen de suma importancia las actividades del Año Internacional de los Suelos 2015, y consideramos especialmente relevante que se fortalezca y profundice la política pública para la conservación y aprovechamiento sostenible de los suelos en México.

Las políticas públicas para la conservación del suelo deben impulsarse desde una sinergia de intereses, comenzando por la sostenibilidad y equilibrio ambiental, pero sumándose al reconocimiento de los suelos como elemento esencial para la productividad agrícola. El cuidado y optimización de los suelos productivos es importante para garantizar la seguridad alimentaria, para la mejora de las economías rurales y para el sostén de la biodiversidad terrestre, fundamental para los dones y servicios que los ecosistemas siguen brindando a quienes habitamos la casa común.▶

³ Martínez Menez, s/f
⁴ Bergoglio, Jorge Mario (Papa Francisco) Encíclica *Laudato Si'* sobre el cuidado de la casa común, junio 2015.

Texto: Virginia Nichols, Nele Verhulst y Rachael Cox, CIMMYT. Fotografía: CIMMYT



En busca de sistemas de producción para optimizar la productividad y la calidad de los suelos en México

Se implementa un estudio para comparar la calidad de los suelos bajo diferentes condiciones agroecológicas y manejos agronómicos para entender el efecto de la ac

Desde 2011, las plataformas MasAgro han investigado el impacto de diferentes sistemas de Agricultura de Conservación (AC) en el rendimiento de maíz, trigo, y cultivos asociados¹. Bajo estos tratamientos se espera cambiar la calidad de suelo con los tres componentes de AC:

- 1) Mínimo movimiento de suelo
- 2) Cobertura del suelo
- 3) Rotación de cultivos

El rendimiento implica un componente de sustentabilidad, pero no abarca la amplitud y profundidad de dicho concepto que se busca lograr

con la AC. En 2014, en conjunto con colaboradores de Syngenta y Agrodessa, empezamos a profundizar en el entendimiento de sustentabilidad en las plataformas experimentales en México.

Nuestro primer paso fue empezar a medir la calidad de suelo, y el plan a futuro es abarcar otros temas como aspectos químicos de suelos y rentabilidad de diferentes sistemas de producción.

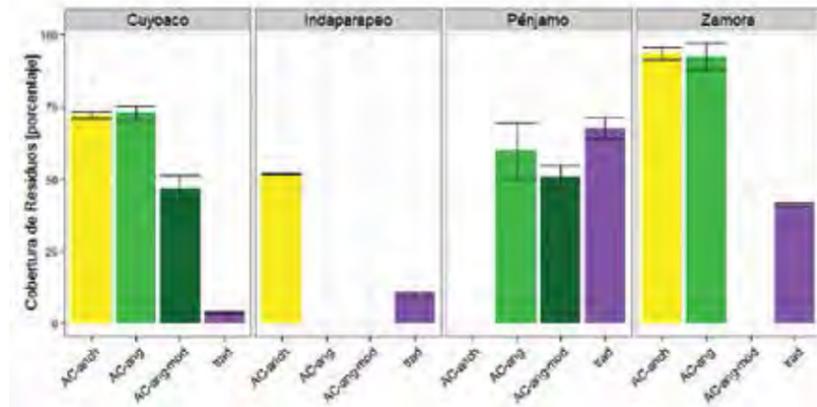
En 2014 se tomaron datos de calidad de suelos en cuatro plataformas MasAgro: Pénjamo (Guanajuato), Cuyoaco (Puebla), Indaparapeo y Zamora (Michoacán). El trabajo se hizo posible gracias a la colaboración entre el CIMMYT y Syngenta con una meta en común: buscar sistemas de producción sustentables.

Se investigaron cuatro componentes de calidad de suelo que se reportan a continuación. Las diferentes plataformas donde se hizo la evaluación no tienen los mismos tratamientos; en las gráficas se encuentran los tratamientos presentes en cada una.

¹ Algunas de las plataformas empezaron a trabajar antes de 2011, año en el que se reconocieron oficialmente como plataformas MasAgro.

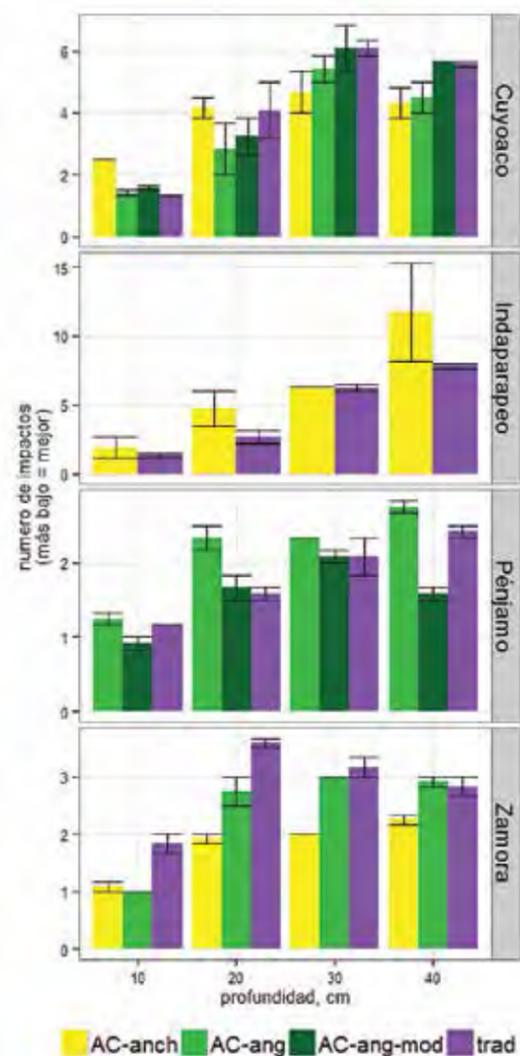
Gráfica 1. Cobertura de residuos

AC = sistema de Agricultura de Conservación con cero labranza y dejando todos los residuos; trad = sistema típico de esta área; anch = camas anchas; ang = camas angostas; mod = AC con una modificación tal como dejar 50% de residuos en vez de 100%



Gráfica 2. Resistencia de penetración

AC = sistema de Agricultura de Conservación con cero labranza y dejando todos los residuos; trad = sistema típico de esta área; anch = camas anchas; ang = camas angostas; mod = AC con una modificación tal como dejar 50% de residuos en vez de 100%



MANTILLO

La cobertura del suelo es esencial para poder reducir las posibilidades de erosión y aumentar la retención de humedad en el suelo. Se midió la cobertura del suelo en las diferentes plataformas y es evidente que en tratamientos comparables en los que se deja el 100% de rastrojo, varía mucho la cobertura actual. Por ejemplo, en Pénjamo e Indaparapeo se lograron cantidades menores de cobertura con el mismo tratamiento que en Cuyoaco y Zamora.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

La resistencia a la penetración nos indica el nivel de compactación. Aunque visualmente se observan diferencias entre tratamientos, no fue posible identificar una diferencia estadísticamente significativa.

Se comparó la resistencia de penetración entre los sistemas de AC con camas anchas (AC-anch) y el sistema típico de cada localidad (trad). Se hicieron Student's Paired T-test usando Cuyoaco, Indaparapeo y Zamora como repeticiones. No hubo una diferencia significativa entre AC-anch y trad en la profundidad de 10 cm ($p = 0.61$), 20 cm ($p = 0.90$), 30 cm ($p = 0.21$) o 40 cm ($p = 0.71$), probablemente debido a que los suelos respondían a AC-anch y trad de maneras diferentes, dependiendo de la ubicación.

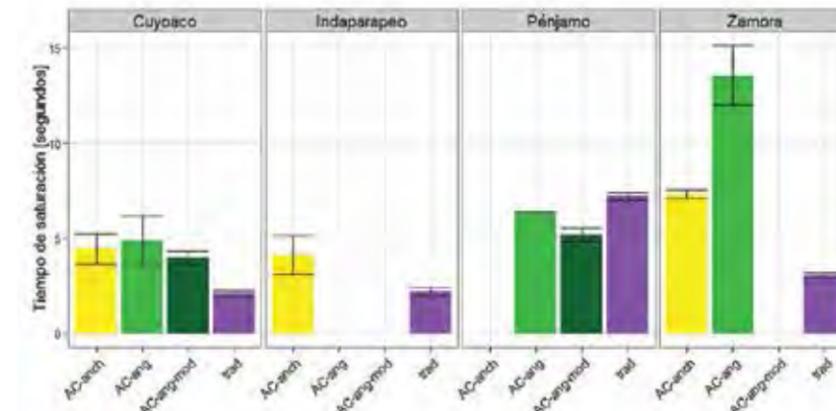
Sin embargo, es posible notar que las características entre sitios tienen muchas diferencias. En Zamora y Pénjamo se requerían entre 3 y 4 golpes para llegar a profundidad; en Indaparapeo se requerirían más de 10 golpes. Esto se puede deber a diferencias en las características del suelo o a diferente contenido de humedad en el momento de muestreo.

TIEMPO DE SATURACIÓN

La metodología del tiempo de saturación brinda una forma rápida, confiable y sencilla para medir la infiltración directa en la superficie. En esta metodología, un aro de alambre

Gráfica 3. Tiempo de saturación

AC = sistema de Agricultura de Conservación con cero labranza y dejando todos los residuos; trad = sistema típico de esta área; anch = camas anchas; ang = camas angostas; mod = AC con una modificación tal como dejar 50% de residuos en vez de 100%



Nele Verhulst.



se coloca sobre la superficie del suelo. Con una regadera se aplica agua al centro del aro y se mide el tiempo hasta el agua se empieza a escurrir del aro. Como el alambre no impide que el agua fluya y salga del área, esta metodología también produce una medida indirecta del escurrimiento, el cual está relacionado con la erosión.

Se realizó una prueba de Student's Paired T-test comparando el tiempo de saturación bajo AC-anch y trad. Los tiempos fueron significativamente diferentes ($p = 0.058$), mientras que los tiempos de AC-anch fueron significativamente más altos que los de trad ($p = 0.03$). Se concluye que suelos manejados por sistemas de AC con camas anchas requieren más tiempo para saturarse que suelos manejados de maneras tradicionales, dependiendo de la locación.

El resultado del análisis estadístico muestra que aun con poco tiempo en AC, se generó un cambio en el suelo para mejorar la términos de su habilidad de infiltración directa.

También se realizaron mediciones de distribución de los agregados tamizando en seco y de distribución de los agregados tamizando en húmedo, pero no se encontró ninguna diferencia entre tratamientos.

CONCLUSIONES

A manera de resultados preliminares se muestra que algunas variables de calidad de suelo, especialmente tiempo de infiltración, han cambiado en los tres años de manejo de AC, mientras que otras variables no han mostrado cambios en este corto plazo.

Con base en este estudio preliminar se está implementando un estudio a nivel nacional, con el fin de comparar la calidad de los suelos bajo diferentes condiciones agroecológicas y manejos agronómicos para entender el efecto de la AC en diferentes regiones del país y añadir otras variables de propiedades físicas de suelo, al igual que la rentabilidad de sistemas de producción. ▶



Foto: A. Dababat/CIMMYT.

Una gran unión debajo del suelo: Las micorrizas y su importancia agronómica

Los sistemas agrícolas están conformados por diversos organismos que interactúan en una multitud de relaciones complejas con su entorno y entre ellos mismos. Las relaciones biológicas van desde aquellas antagónicas hasta aquellas que son mutuamente benéficas. La simbiosis micorrítica es un ejemplo de una relación benéfica, altamente evolucionada, que se da entre las plantas y las micorrizas. Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) contribuyen a mejorar el desarrollo y la productividad de las plantas directa e indirectamente: directamente a través del aumento de la absorción del fósforo y algunos micronutrientes insolubles, así como en la disminución de la incidencia de otros organismos patógenos; e indirectamente al mejorar los parámetros de calidad de los suelos.

Los HMA se encuentran en más de 90% de las plantas vasculares, incluyendo la mayoría de los cultivos agrícolas (Read *et al.*, 1976; Harley y Smith, 1983). Las micorrizas estuvieron asociadas a los primeros ancestros de las plantas terrestres existentes y es posible que, incluso, hayan facilitado la colonización de la tierra por parte de las plantas (Read *et al.*, 1976; Simon *et al.*, 1993). La persistencia de esta relación por más de 460 millones de años indica que las micorrizas representan una ventaja evolutiva para las plantas.

Ha sido bien documentado que la simbiosis con micorrizas arbusculares aumenta el rendimiento de los cultivos. El suministro de fósforo al inicio del cultivo es crítico para obtener rendimientos óptimos. La inadecuada provisión de fósforo durante la primera etapa de desarrollo de la planta limita el

crecimiento del cultivo, el cual no puede ser recuperado más adelante en el ciclo productivo (Grant *et al.*, 2001). La medida en que los HMA inciden en mayores rendimientos también depende del tipo de suelo, el estatus de los nutrientes, el cultivo y el manejo agronómico. Karagiannidis y Hadjisava-Zinoviadi (1998) encontraron que el efecto de una especie de hongo micorrítico, *Glomus mosseae*, en la biomasa de trigo duro (*Triticum turgitum* var. durum) fue desde 3.6 hasta 11.6 veces mayor que en el control, en 10 tipos de suelos diferentes.

En el pasado, los hongos formadores de micorrizas arbusculares se incorporaron en la "caja negra" de la biomasa microbiana y actividades del suelo. Los importantes avances en la investigación sobre la fisiología y ecología de las micorrizas durante los últimos 35

años han permitido una mejor comprensión del papel multifactorial de las micorrizas en los agroecosistemas y cómo las prácticas de manejo inciden en la eficacia de la simbiosis.

¿CÓMO FUNCIONA LA SIMBIOSIS ENTRE LOS CULTIVOS Y LAS MICORRIZAS?

El crecimiento del micelio de los HMA en el suelo está controlado por los exudados radiculares de la planta hospedera y la concentración del fósforo en el suelo. La colonización de HMA es mayor en suelos pobres en nutrientes y se reduce a medida que se añaden fertilizantes fosfatados (Vivekanandan y Fixen, 1991; Hayman *et al.*, 1975; Leer *et al.*, 1976). Las bajas concentraciones de fósforo en el suelo favorecen el crecimiento y la ramificación del micelio, además de inducir a que la planta exude compuestos que controlan la intensidad de la ramificación del micelio (Nagahashi *et al.*, 1996; Douds y Nagahashi, 2000). Los HMA también tienen habilidades llamadas quimiotaxis que facilitan el crecimiento del micelio hacia las raíces de una potencial planta hospedera (Sbrana y Giovannetti, 2005).

Una vez que el micelio del HMA encuentra la raíz de una planta hospedera, se forma una estructura especial para penetrar la raíz. Ya dentro de ésta, el hongo forma estructuras con muchas ramificaciones para el intercambio de nutrientes con la planta, conocidos como arbusculos. Los arbusculos son los sitios de intercambio de fósforo, carbono, agua y otros nutrientes. La planta hospedera ejerce control sobre la proliferación del micelio a nivel intracelular, así como sobre la formación de arbusculos (Gianinazzi-Pearson, 1996).

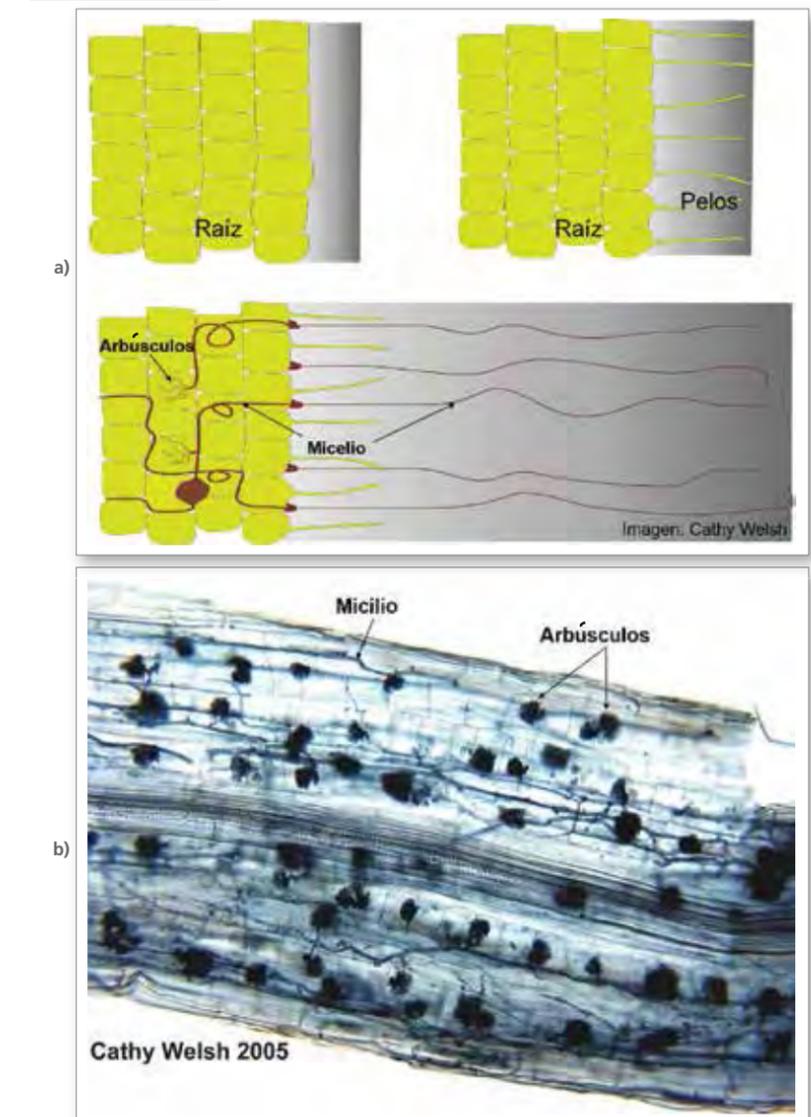
Una vez que ha ocurrido la colonización inicial, el micelio crece de la raíz hacia el suelo. Éstos son los micelios que absorben el fósforo y los micronutrientes que son transferidos a la planta. El micelio de los hongos mi-

corríticos tiene una gran superficie en relación con su volumen, lo que hace que su capacidad de absorción sea mayor que la de las raíces de la planta (Tuomi *et al.*, 2001). El micelio de los HMA también es más fino que las raíces de las plantas, lo que le permite penetrar en los poros del suelo que resultan inaccesibles para las raíces (Bolan, 1991). El tercer tipo de micelio crece a partir de la raíz de la planta hospedera, colonizando las raíces de otras plantas a su alrededor.

¿QUÉ BENEFICIOS RECIBE EL CULTIVO DE LA SIMBIOSIS?

El beneficio de las micorrizas para las plantas se atribuye principalmente al aumento en la absorción de nutrientes, especialmente de fósforo. Se ha registrado un incremento en la concentración de fósforo de hasta cuatro veces en las plantas asociadas a micorrizas (Karagiannidis y Hadjisava-Zinoviadi, 1998). Este aumento en la absorción puede ser debido a la mayor superficie de contacto con

Figura 1.



a) Esquema de una raíz colonizada por micorrizas. Sin micorrizas, la planta solo puede absorber nutrientes inmóviles, como fósforo y zinc, de las zonas de contacto de sus raíces. El crecimiento de los micelios de la micorriza incrementa la superficie de absorción de nutrientes de las raíces. b) Imagen microscópica de una raíz colonizada por micorrizas. Las estructuras conocidas como arbusculos son donde la planta y el hongo intercambian nutrientes y azúcares.

el suelo (figura 1, a), al mayor movimiento y circulación de nutrientes en las micorrizas, a una modificación del medio ambiente de la raíz y/o a una mayor capacidad de almacenamiento (Bolan, 1991). Por lo tanto, las micorrizas son sumamente importantes en suelos de baja fertilidad en fósforo.

Las micorrizas también pueden aumentar la absorción de otros nutrientes que, de forma similar al fósforo, presentan baja movilidad en el suelo, como el zinc (Zn) y el cobre (Cu).

¿QUÉ CULTIVOS DEPENDEN DE LA SIMBIOSIS CON MICORRIZAS?

Los cultivos presentan diferentes tipos y grados de dependencia en micorrizas para la absorción de nutrientes (Smith y Read, 2002). Los cultivos con raíces que son ineficientes en la búsqueda y absorción de fósforo pueden recibir el mayor beneficio de la asociación simbiótica con micorrizas. Algunos factores que determinan la dependencia relativa del cultivo en las micorrizas para la absorción de nutrientes tienen que ver con la superficie radicular, la abundancia y la longitud de los pelos radicales, la respuesta a las condiciones del suelo y las exudaciones radicales (Smith y Read, 2002).

El maíz (*Zea mays*) y el lino (*Linum usitatissimum*) son altamente dependientes en micorrizas para satisfacer sus requerimientos de fósforo en las etapas tempranas del ciclo de cultivo (Plenchette, 1983; Thingstrup, 1999). Las legumbres (*Leguminosae*), los frijoles (*Fabaceae*) y las papas (*Solanum tuberosum*) también se benefician significativamente de las micorrizas (Plenchette, 1983).

El trigo (*Triticum spp.*), la avena (*Avena sativa*) y la cebada (*Hordeum spp.*) se benefician de la simbiosis micorrítica, pero no son tan dependientes bajo condiciones de alta fertilidad en el suelo (Plenchette, 1983).

Los cultivos de las familias Polygonaceae y Brassicaceae no forman relaciones simbióticas con hongos micorríticos (Harley y Smith, 1983). Esto incluye a la canola (*Brassica napus*), la mostaza (*Brassica juncea*), la remolacha (*Beta vulgaris*) y el alforfón o trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*).

¿QUÉ PRÁCTICAS AGRONÓMICAS INFLUYEN EN LA ACTIVIDAD DE MICORRIZAS Y CÓMO PODEMOS PROMOVER LA SIMBIOSIS?

La inoculación del cultivo con productos que contienen esporas de HMA se está volviendo cada vez más popular entre los productores. La inoculación con HMA puede aumentar la actividad de micorrizas y puede incrementar las poblaciones de especies muy eficientes en absorción de fósforo. Eso puede ser importante en suelos degradados o con muy bajo contenido de fósforo. También la inoculación puede ser importante cuando se produce un cultivo dependiente de HMA, como el maíz, después de cultivos como la canola, que no hacen simbiosis. Pero es importante entender que las micorrizas están presentes naturalmente en el suelo y no siempre es necesario inocular con HMA externos. Hay varias prácticas de manejo agronómico que pueden promover la actividad de micorrizas nativas que ya están en el suelo.

Cuidado con la rotación de cultivos

Durante los últimos 30 años se han realizado muchas investigaciones para elucidar cómo los cultivos ejercen influencia en la colonización de micorrizas, la absorción de nutrientes y el crecimiento de cultivos subsecuentes en los sistemas agrícolas. La rotación de cultivos es una herramienta para manejar la pro-



Planta de maíz con efecto de inoculación con micorrizas.
Fotografía: http://guanoextraplus.infored.mx/gallery_108333.html

visión de nutrientes, malezas, plagas y enfermedades. Es bien sabido que el cultivo anterior afectará el crecimiento y desarrollo del cultivo subsecuente (Karlen *et al.*, 1994). Este fenómeno, conocido como el "efecto de la rotación", no puede ser explicado únicamente por los efectos nutricionales (Borgeois y Entz, 1996) y otros factores, como la presencia de micorrizas, pueden jugar un papel importante en el éxito de la rotación de cultivos (Black y Tinker, 1979; Hendrix *et al.*, 1995).

Se ha demostrado que la actividad de las micorrizas disminuye por plantas no hospederas y que los cultivos que sí llevan a cabo asociaciones simbióticas con HMA aumentan los inóculos de micorrizas en el suelo y el potencial de colonización en los cultivos subsecuentes (Black y Tinker, 1979; Gavito y Miller, 1998; Karasawa *et al.*, 2002). Black y Tinker (1979) encontraron que la tasa de colonización después de la col (*Brassica oleracea* L.), un cultivo no micorrítico, fue menor que después de un cultivo simbiótico como la cebada (*Hordeum distichon* L.). Estas observaciones sugieren que las poblaciones de micorrizas se pueden construir y que los efectos inhibidores de un cultivo no hospederas, como la canola, pueden revertirse rotando con un cultivo simbiótico con micorrizas, como el trigo (Gavito y Miller, 1998).

La labranza puede reducir la actividad de las micorrizas

La labranza reduce el potencial de la inoculación del suelo y la eficacia de las micorrizas al destruir la red de micelio extra-radical (Miller *et al.*, 1995; McGonigle y Miller 1999; Mozafar *et al.*, 2000). La alteración de la estructura del suelo hace que la red de micelio no sea capaz de inocular otras raíces (Miller *et al.* 1995, McGonigle y Miller 1999). La destrucción de la red de micelio disminuye la capacidad de absorción de las micorrizas, pues la superficie abarcada por el micelio se reduce considerablemente. Esto, a su vez, disminuye la entrada de fósforo a las raíces de las plantas que están conectadas a la red de micorrizas (McGonigle y Miller, 1999). En el sistema de Agricultura de Conservación (Ac), una aplicación elevada de fertilizantes fosforados puede ser innecesaria en comparación con los sistemas de labranza tradicional. Esto se debe a que la red de micorrizas permanece intacta, lo que proporciona una mayor área superficial para la absorción de fósforo disponible en el suelo por las raíces del cultivo (Miller *et al.*, 1995).

Altas dosis de fósforo pueden reducir la actividad de las micorrizas
Los fertilizantes fosforados pueden inhibir la colonización y el crecimiento de las micorrizas. Los beneficios de los HMA son mayores en aquellos sistemas donde el contenido de fósforo en el suelo es limitado. A medida que el fósforo disponible en el suelo aumenta, también lo hace el contenido de fósforo en el tejido vegetal y la inversión de carbono por parte del cultivo para mantener a las micorrizas no es económicamente benéfica para la planta (Grant, 2005). Al promover la simbiosis con micorrizas se incrementa la absorción temprana de fósforo, lo que mejora el potencial del cultivo sin que sea necesaria la aplicación de fertilizantes fosforados (Grant *et al.*, 2005).

CONCLUSIÓN

La función de las micorrizas en los sistemas agrícolas y los impactos de las actividades antropogénicas en los HMA cada vez son más reconocidas por productores, agrónomos y científicos. Algunas prácticas de manejo como la rotación de cultivos, la labranza y la fertilización fosforada tienen una influencia en la actividad de las micorrizas en el suelo. Al promover la actividad micorrítica se asegura una rápida colonización y una simbiosis efectiva con el cultivo. La asociación temprana entre el cultivo y las micorrizas mejora la nutrición vegetal y, por lo tanto, tiene impactos positivos en el rendimiento. Las micorrizas son un componente esencial para los suelos con bajo contenido de fósforo disponible. La promoción de la actividad de los HMA tiene un gran potencial para mejorar los sistemas agrícolas, por lo que debe ser un elemento que considerar cuando se tomen decisiones de manejo y conservación de suelos. ▶

Referencias

- Abney, G. D., Douds, D. D. y Nagahashi, G. (1996). Phosphorus amendment inhibits hyphal branching of VAM fungus *Gigaspora margarita* directly and indirectly through its effect on root exudation. *Mycorrhizae* 6: 403-408.
- Addy, H. D., McGonigle T. P. y Miller, M. H. (1995). Functional ecology in vesicular arbuscular mycorrhizas as influenced by phosphate fertilization and tillage in an agricultural ecosystem. *Critical Reviews in Biotechnology* 15: 241-255.
- An, Z.-Q., Guo, B. Z. y Hendrix, J. W. (1995). Divergence of mycorrhizal fungal communities in crop production systems. *Plant and Soil* 170: 131-140.
- Anken, T., Frossard, E., Mozafar, A. y Ruh, R. (2000). Tillage intensity, Mycorrhizal and non mycorrhizal fungi and nutrient concentrations in maize, wheat and canola. *Agronomy Journal* 92: 1117-1124.
- Baker, D. E., Cole, Jr., H. y Lambert, D. H. (1979). The role of mycorrhizae in the interactions of phosphorus with zinc, copper and other elements. *Soil Science Society of America Journal* 43: 976-980.
- Bethlenfalvay, G. J., Paul, E. A. y Pavkovsky, R. S. (1986). Comparisons between P-fertilized and Mycorrhizal Plants. *Crop Science* 26: 151-156.
- Bittman, S., Grant, C., Montreal, M., Morel, C. y Plenchette, C. (2005). Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development. *Can. J. Plant Sci.* 85: 3-14.
- Black, R. y P. B. Tinker (1979). The development of endomycorrhizal root systems. II. Effect of agronomic factors and soil conditions of the development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in barley and on the endophyte spore density. *New Phytologist* 83: 401-413.
- Bolan, N. S. (1991). A critical review of the role of mycorrhizae fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil* 134: 189-207.
- Bourgeois, L. y Entz, M. H. (1996). Influence of previous crop type on yield of spring wheat: analysis of commercial field data. *Canadian Journal of Plant Science* 76: 457-459.
- Bousquet, J., Lalonde, M., Levesque, C. y Simon, L. (1993). Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature* 363: 67-69.
- Boyle, C. y Feldman, F. (1998). Weed-mediated stability of arbuscular mycorrhizal fungi effectiveness in maize monocultures. *Journal of Applied Botany* 73: 1-5.
- Bullock, D. G., Cruse, R. M., Karlen, D. L. y Varvel, G. E., (1994). Crop Rotations for the 21st Century. *Advances in Agronomy* 53:1-45.
- Douds, D. D. y Nagahashi, G. (2000). Signalling and Recognition Events Prior to Colonization of Roots by Arbuscular Mycorrhizal Fungi. In *Current Advances in Mycorrhizae Research*. Ed. Podila, G., Douds, D. D. Minnesota: APS Press. Pp 11-18.
- Fixen, P. E. y Vivekanandan, M. (1991). Cropping Systems Effects on Mycorrhizal Colonization, Early Growth, and Phosphorus Uptake. *Soil Science Society of America Journal* 55:136-140.
- Flaten, D. N., Grant, C. A., Sheppard S. C. y Tomasiewicz, D. J. (2001). The importance of early season phosphorus nutrition. *Canadian Journal of Plant Science* 81: 211-224.
- Gavito, M. E. y Miller, M. H. (1998). Changes in mycorrhizal development in maize induced by crop management practices. *Plant and Soil* 198: 185-192.
- Gianinazzi-Pearson, V. (1996). Plant cell responses to arbuscular mycorrhizae fungi: getting to the roots of symbiosis. *The Plant Cell* 8: 1871-1883.
- Giovannetti, M. y Sbrana, C. (2005). Chemotropism in the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *Mycorrhizae* 15: 539-545.
- Hadjisavva-Zinoviadi, S. y Karagiannidis, N. (1998). The mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* enhances the growth, yield and chemical composition of durum wheat in 10 different soils. *Nutrient Cycling and Agroecosystems* 52: 1-7.
- Hardling, R., Kytöviita, M. y Tuomi, J. (2001). Cost efficiency of nutrient acquisition of mycorrhizal symbiosis for the host plant. *Oikos* 92:62-70.
- Harley, J. L. y Smith, S. E., 1983. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press: London.
- Harrier, L. A. y Watson, C. A., 2003. The Role of Arbuscular Mycorrhizal fungi in Sustainable Cropping Systems. *Advances in Agronomy* 20: 185-224.
- Hayman, D. S., Johnson, A. M. y Ruddledin, I. (1975). The influence of phosphate and crop species of endogone spores and vesicular-arbuscular mycorrhiza under field conditions. *Plant and Soil* 43: 498-495.
- Hodgson, J., Koucheiki, H. K. y Read, D. J. (1976). Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza in Natural Vegetation Systems. *New Phytol.* 77: 641-653.
- Jakobsen, I., Larsen, J. y Sorensen, J. N. (2005). Mycorrhizae formation and nutrient concentration in leeks (*Allium porrum*) in relation to previous crop and cover crop management on high P soils. *Plant and Soil* 273: 101-114.
- Jakobsen, I., Rubæk, G., Sibbensen, E. y Thingstrup, I. (1999). Flax (*Linum usitatissimum* L.) depends on arbuscular mycorrhizal fungi for growth and P uptake at intermediate but not high soil P levels in the field. *Plant and Soil* 203: 37-46.
- Jakobsen, I., Smith, A. y Smith, S. (2003). Mycorrhizal fungi can dominate phosphorus supply to plant irrespective of growth response. *Plant Physiology* 133: 16-20.
- Kabir, Z., Hamel, C. y O'Halloran, I. P. (1999). Combined effects of soil disturbance and fallowing on plant and fungal components of mycorrhizal corn (*Zea mays* L.). *Soil Biology and Biochemistry* 31: 307-314.
- Kabir, Z. y Koide, R. T. (2000). The effect of dandelion or a cover crop on mycorrhiza inoculum potential, soil aggregation and yield of maize. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78: 167-174.
- Karasawa, T. Y. y Kasahara, M. T. (2002). Differences in growth responses of maize to preceding cropping caused by fluctuation in the population of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 851-857.
- Koide, R. T. y Lekberg, Y. (2005). Is plant performance limited by an abundance of arbuscular mycorrhizal fungi? A meta-analysis of studies published between 1988-2003. *New Phytol.* 168: 189-204.
- Hamel, C., Hamilton, R. I., Liu, A., Ma, B. L. y Smith D. L. (2000). Acquisition of Cu, Zn, Mn, and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. *Mycorrhiza* 9: 331-336.
- Leyden, R. y Timmer, L. (1980). The relationship of mycorrhizal infection to phosphorus-induced copper deficiency in sour orange seedlings. *New Phytologist* 85: 15-23.
- McGonigle, T. P. (1988). A numerical analysis of published field trials with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Functional Ecol.* 2: 473-478.
- McGonigle, T. P. y Miller, M. H. (1999). Winter survival of extraradical hyphae and spores of arbuscular mycorrhizal fungi in the field. *Applied Soil Ecology* 12: 41-50.
- Plenchette, C. (1983). Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. *Plant and Soil* 70: 199-209.
- Read, D. J. y Smith, S. E. (2002). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press: London.
- Thompson, J. P. (1994). Inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from cropped soil overcomes long-fallow disorder of linseed (*Linum usitatissimum* L.) by improving P and Zn uptake. *Soil Biol and Biochem* 26 (9): 1133-1143.
- Wright, S. F. *Management of Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. (2005). In *Roots and Soil Management: Interactions between roots and the soil*. Ed. Zobel, R.W., Wright, S.F. USA: American Society of Agronomy. Pp. 183-197.



La tenencia de la tierra: una preocupación internacional

Existe un consenso internacional sobre la necesidad de garantizar los derechos de propiedad y/o usufructo de la tierra como uno de los pilares de una agricultura sostenible. Ello parte del reconocimiento de que los conflictos o prácticas poco transparentes en torno a la tenencia de la tierra pueden provocar situaciones de crisis sociales desestabilizadoras: desde la confrontación abierta entre grupos de intereses opuestos que pelean por la propiedad del recurso, hasta casos de familias campesinas desplazadas y desprovistas de su única fuente de recursos.

Así, una gobernanza responsable de la tenencia de la tierra se basa sobre "principios de dignidad humana, equidad y justicia, Estado de dere-

cho, transparencia"¹, entre otros. Por otro lado, la inserción en el debate internacional de algunas temáticas estrechamente relacionadas con la agricultura, tales como la seguridad alimentaria, la lucha contra la pobreza rural y la adaptación al cambio climático, ha llevado a poner atención sobre el papel fundamental de la tenencia de la tierra, como lo muestra la declaración de los Gobiernos de América Latina en el marco de la Conferencia Internacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural (CIRADR, 2006), cuyo enunciado es tan sencillo como significativo: "el acceso más amplio, seguro y sostenible a la tierra, el agua y demás recursos naturales relacionados con los medios de vida de las poblaciones rurales, es fundamental para la erradicación del hambre y de la pobreza, contribuye al desarrollo sostenible y debería por ello ser parte integral de las políticas nacionales".

Con la finalidad de fijar un marco internacional común que permitiese garantizar derechos mínimos de propiedad y/o usufructo para los productores, y principalmente los de pequeña escala, la FAO publicó en 2012, junto con sus asociados, las "Directrices voluntarias sobre la gobernanza responsable de la tenencia de la tierra, la pesca y los bosques en el contexto de la seguridad alimentaria nacional". Dicho documento es el fruto de esfuerzos colectivos de reflexión que surgieron a partir del 2004, año en el que el Consejo de la FAO aprobó las "Directrices voluntarias en apoyo de la realización progresiva

¹ Directrices voluntarias sobre la gobernanza responsable de la tenencia de la tierra, la pesca y los bosques en el contexto de la seguridad alimentaria nacional, FAO 2012.

del derecho a una alimentación adecuada en el contexto de la seguridad alimentaria nacional", que fueron reforzadas ocho años después por el documento mencionado. Al igual que otros instrumentos voluntarios publicados por la FAO, las "Directrices voluntarias..." de 2012 funcionan como una guía dirigida para los tomadores de decisión, buscando apoyarlos con orientaciones claras y debidamente justificadas, para contribuir a la mejora y a la elaboración de sus marcos de políticas.

Las directrices abarcan una amplia gama de asuntos que tienen trascendencia mundial. Los países pueden tener diferentes prioridades para mejorar la gobernanza, en función de los diversos requisitos y condiciones. Cada país deberá determinar cuáles son los temas que considera importantes y cómo dar inicio a sus actuaciones.

La tierra



- Un acceso seguro a la tierra puede permitirle a una familia producir alimentos para el consumo doméstico e incrementar los ingresos del hogar gracias a la producción de productos que se destinan a la venta en el mercado.
- Una tenencia segura sobre la tierra también constituye una valiosa red de seguridad: representa un sistema de refugio y es fuente de alimentos y de ingresos en tiempos de privación.

La pesca



- La estipulación de acuerdos responsables de tenencia es esencial para asegurar medios de vida a millones de individuos que dependen de la pesca de captura marina y continental.
- El refuerzo de los derechos y acuerdos de tenencia, en conjunción con una buena gobernanza y la participación de las organizaciones del sector pesquero y los gremios de pescadores contribuye a que las pesquerías se exploten de manera sostenible y sus beneficios se compartan equitativamente.

Los bosques



- Los bosques son con frecuencia poseídos por el Estado y están bajo su control. Dar reconocimiento y seguridad en materia de tenencia a las personas que dependen de los bosques —incluidos los pueblos indígenas— es fundamental para garantizar medios de vida para las comunidades forestales.
- Una gobernanza mejorada (es decir, la aplicación eficaz de las leyes, la reducción de la corrupción y una mayor transparencia) puede fomentar la ordenación forestal sostenible y reducir las actividades no autorizadas.

Cuestiones intersectoriales

- Los derechos de tenencia sobre la tierra, la pesca y los bosques son a menudo derechos interrelacionados. Los medios de vida de muchas personas que



Productor en Nayarit, México. Ha cultivado maíz por más de 70 años.

viven en pobreza en el medio rural están diversificando del acceso a variados recursos naturales (por ejemplo, combinando la agricultura de cultivo y la ganadería de pastoreo con la pesca y la recolección de productos forestales).

- Cada año, varios millones de hectáreas de tierras forestales se convierten en terrenos agrícolas o se destinan a otros usos sin autorización previa. Esto se debe a varios factores; por ejemplo, a la incertidumbre acerca de la tenencia forestal, a la deficiente aplicación de la ley, a la corrupción y a la falta de transparencia.

Las directrices también son coherentes con y se basan en los instrumentos internacionales y regionales, incluidos los Objetivos de Desarrollo del Milenio, referentes a los derechos humanos y a los derechos de tenencia. Finalmente, pueden utilizarse como guía para evaluar la calidad de las políticas sobre tenencia de la tierra en un país determinado.²

Consulta aquí las Directrices Voluntarias de la Tenencia de la Tierra de la FAO (2012): <http://goo.gl/v5p37Z>





Texto: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). Fotografía: CIMMYT



Mejoran superficie de más de 383 mil hectáreas en México

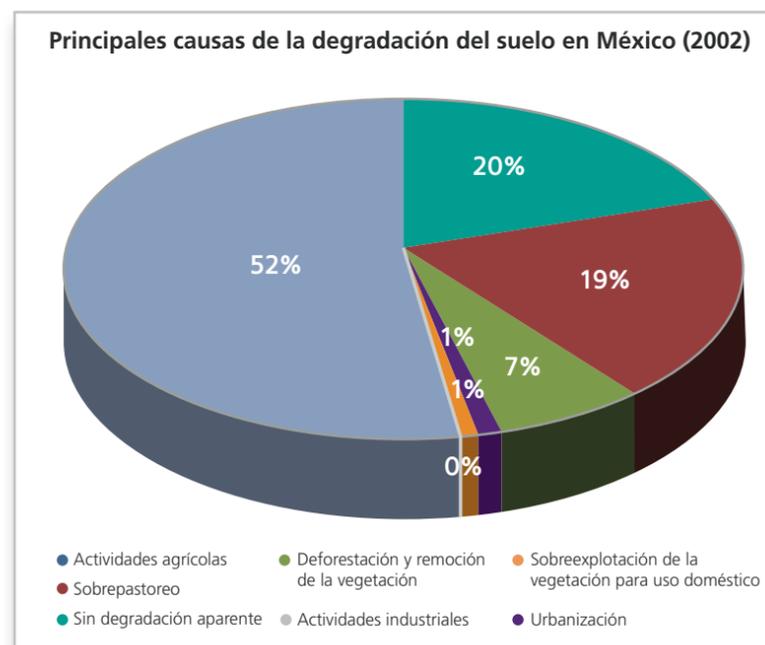
LA SITUACIÓN DE LOS SUELOS EN MÉXICO

De acuerdo con la información del estudio "Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250000", publicado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y el Colegio de Postgraduados (Colpos) en 2003, 44.9% del territorio nacional presentaba evidencias de degradación en 2002, mientras que el restante 55.1% no mostraba indicios de degradación aparente.

Dicho estudio, además, divide la degradación en procesos (es decir, degradación química y física y erosión hídrica y eólica), en tipos específicos dentro de cada proceso, niveles (ligero, moderado, fuerte y extremo) y considera que las causas de la degradación tienen el siguiente comportamiento, de conformidad con la superficie que afectan:

Causa	Superficie (hectáreas)	Porcentaje
Actividades agrícolas	39 195.07	20%
Sobrepastoreo	37 806.84	19%
Deforestación y remoción de la vegetación	12 906.69	7%
Urbanización	1 024.55	1%
Sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico	1 936.05	1%
Actividades industriales	152.25	0%
Sin degradación aparente	102 313.00	52%

La siguiente figura muestra de manera gráfica la distribución de las causas.



MEJORA DEL SUELO EN MÉXICO

Durante la administración de Enrique Martínez y Martínez, titular de la Sagarpa, se ha mantenido en ejecución el Componente Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA), que implementa acciones con base en territorios determinados como prioritarios a nivel estatal por a) la disponibilidad de agua de lluvia y b) el nivel de erosión que presenta el suelo o por las condiciones que lo hacen susceptible a erosionarse.

Durante los últimos tres años, se ha apoyado a productores para la ejecución de acciones que han mejorado la superficie de poco más de 383 mil hectáreas.

Las mejoras territoriales que impactan el mejoramiento y la conservación del suelo se definen a nivel estatal tanto por las delegaciones de la Sagarpa como por los propios productores durante los procesos participativos que se implementan en las localidades.

En este sentido, se ha apoyado desde obras y prácticas que buscan la conservación del suelo y la mejora de la capacidad de infiltración del agua, tales como terrazas, zanjas de infiltración, surcado en contorno y presas filtrantes, hasta obras para mejorar el drenaje parcelario en estados como Tabasco y Quintana Roo, donde en el periodo de 2013-2014 se recuperaron suelos con problemas de inundación en una superficie cuantificada de 14 765 hectáreas.

Asimismo, se apoyan acciones en las que se promueve un mejor manejo de la vegetación como barrera para frenar o prevenir la pérdida de suelo, en este caso en las grandes zonas de agostadero se construyen cercos perimetrales, divisorios y de exclusión; se apoya la recuperación de pastos; se reforesta con especies nativas y con aprovechamiento por el ganado. En terrenos con actividad agrícola se promueven prácticas productivas conservacionistas mediante el cambio del patrón de cultivos anuales a perennes con menor impacto en movimiento de

suelo y con sistemas de Agricultura de Conservación (AC) como los que promueve el Programa MasAgro.

MÉXICO Y EL AÑO INTERNACIONAL DE LOS SUELOS 2015

La coordinación para el Año Internacional de los Suelos en México está a cargo de la Comisión Nacional Forestal y la Sagarpa. En este marco, las dependencias participan en los trabajos de la Alianza Mundial por los Suelos, de la que forman parte México, Centroamérica y el Caribe.

Como parte de estas acciones, que se ejecutan con el Componente Conservación y Uso Sustentable, se ha promovido que este año se tenga al menos un proyecto orientado a la conservación del suelo en cada entidad federativa, para lo cual se ha buscado el consenso y la aceptación de los dueños de la tierra.

En materia de coordinación interinstitucional, la Sagarpa participa en el Sistema Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Degradación de los Recursos Naturales (Sinades) previsto en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable; en el grupo de trabajo para el Proyecto Protierras que promueve la Semarnat a través del Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (Cecadesu) y que se fondea con recursos internacionales del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF). De esta manera, México se suma a los esfuerzos internacionales por apoyar el Año Internacional de los Suelos durante este 2015.†





Texto: Bram Govaerts y Nele Vernulst, CIMMYT
 Isabelle M. François, consultora, CIMMYT
 Fotografías: CIMMYT

La AC, su impacto en el suelo y en el rendimiento del maíz

CAMBIO CLIMÁTICO

No es ningún secreto que el clima está cambiando. Los análisis de datos climáticos de los últimos 50 años predijeron que la temperatura promedio anual en Mesoamérica continuará elevándose durante este siglo. Los científicos predicen una disminución en la precipitación media, así como periodos de sequía extremos más frecuentes en México. Derivado de lo anterior, el rendimiento en grano de maíz en el país podría disminuir hasta en 30% en 2080, en caso de que los agricultores sigan utilizando las mismas prácticas de manejo empleadas hasta ahora.

Con el fin de hacer frente al aumento del riesgo climático, los sistemas agrícolas tendrán que ser más robustos y resilientes para amortiguar los fenómenos meteorológicos extremos, tales como sequías e inundaciones, entre otros. Es de suma importancia que las nuevas prácticas agrícolas no solo impidan una mayor degradación del suelo, sino que mejoren la resiliencia del sistema mediante el incremento de la materia orgánica de éste, la mejora de la eficiencia del uso del agua, así como la eficiencia en el uso de nutrientes y el incremen-

to de la microflora y la microfauna del suelo. Sin embargo, el manejo agronómico para hacer frente a las emisiones de gases de efecto invernadero y a los efectos negativos del cambio climático en la producción de alimentos está en manos de los agricultores, los ganaderos y los responsables del manejo forestal, cuyas decisiones se determinan por una multitud de objetivos económicos, sociales y culturales. Un sistema de gestión adecuado, basado en criterios de intensificación sustentable, hará mucho más eficiente el aprovechamiento de las precipitaciones

y mantendrá un alto contenido de agua del suelo, con efectos positivos en el rendimiento de los cultivos.

AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

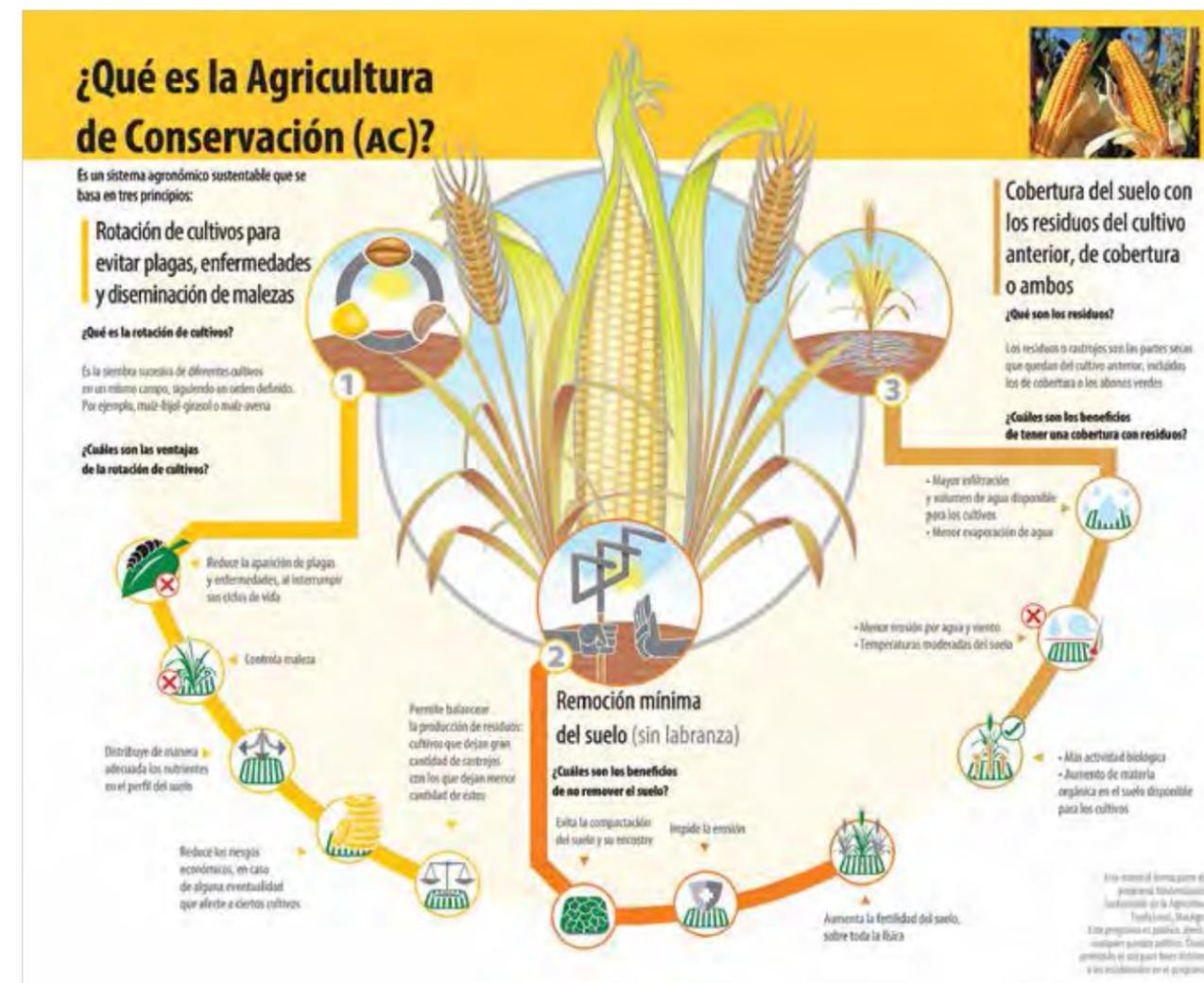
Durante siglos, los agricultores han utilizado la labranza del suelo para la producción agrícola. Hubo varias razones para la adopción de la labranza, incluyendo la oxidación de la materia orgánica para liberar los nutrientes necesarios para la producción de cultivos.

Los agricultores también utilizan la labranza para que resulte más fácil sembrar la semilla, para el manejo de los residuos de los cultivos y abonos orgánicos, así como para el con-

trol de plagas y enfermedades. Con la introducción de la energía mecánica, la labranza con tractores se volvió aún más generalizada y los fabricantes desarrollaron diversos implementos, tales como el arado de disco y el arado de vertedera para voltear la tierra; sin embargo, pronto se hizo evidente que la labranza intensiva dio lugar a varios efectos negativos en el medio ambiente. El suelo se encontraba más expuesto a los fenómenos climáticos que conducen a la erosión y a la pérdida de la capa superior del suelo.

Un buen ejemplo de esto fue el "Dust Bowl" en Estados Unidos, en la década de 1930. Los agricultores utilizaban arados de vertedera para enterrar los pastos nativos y preparar la tierra para la producción de cultivos. Esto exponía la superficie del suelo a la lluvia y el viento. El resultado fue el "Dust Bowl", donde el viento y el agua removieron grandes cantidades de suelo.

Para remediar este problema se introdujo la labranza de conservación. En ella solo se lleva a cabo un arado mínimo para que sea más fácil sembrar con las sembradoras disponibles. La labranza de conservación también deja residuos de cosechas anteriores sobre la superficie del suelo para protegerla del viento y la lluvia. Se requiere un mínimo de 30% de cobertura del suelo con rastrojos para que sea llamada labranza de conservación, una práctica importante de manejo en



la agricultura de Estados Unidos en la actualidad.

Sin embargo, la labranza de conservación aún altera las capas superficiales del suelo. Esta perturbación afecta tanto a las propiedades físicas como a las biológicas del suelo. La Agricultura de Conservación (AC) va un paso más allá y reduce la labranza del suelo al mínimo. La AC es un término acuñado por la FAO en las últimas dos décadas, y tiene tres pilares importantes:

✓ **Movimiento mínimo del suelo:** el objetivo es lograr la labranza cero, pero el sistema puede incluir sistemas de siembra de labranza controlados que normalmente no perturban más de 20 a 25% de la superficie del suelo; para reducir la perturbación del suelo, el uso de energía, los costos de producción e incrementar la rentabilidad.

✓ **La retención de los niveles adecuados de los residuos de los cultivos y cubierta vegetal sobre la superficie del suelo:** el objetivo es la retención de suficientes residuos sobre el suelo para protegerlo de la erosión hídrica y eólica; para reducir el escurrimiento y la evaporación del agua; para mejorar la productividad del agua y para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas asociadas con la productividad sostenible a largo plazo. La cantidad de residuos necesarios para lograr estos fines variará dependiendo de las condiciones biofísicas y los sistemas de cultivo.

✓ **Rotación de cultivos:** el objetivo es emplear la rotación de cultivos diversificados para ayudar a moderar/mitigar los posibles problemas de malezas,

enfermedades y plagas; para utilizar los efectos benéficos de algunos cultivos en las condiciones del suelo y en la productividad de los cultivos subsiguientes, y para proporcionar a los agricultores con opciones de cultivo económicamente viables que reduzcan al mínimo el riesgo.

IMPACTO DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL SUELO

En México se han llevado a cabo varios estudios en parcelas de largo plazo para examinar el impacto y la respuesta de las diferentes prácticas de manejo en la calidad del suelo, los impactos económicos en diferentes escalas de sistemas agrícolas, así como la adaptación y mitigación del cambio climático. Presentamos aquí un estudio en el que se consideró a la AC como un posible sistema de manejo para generar sistemas resilientes de producción de cultivos.

Se probaron diferentes prácticas de labranza (ver tabla 1) (labranza convencional vs. labranza cero) y el manejo de residuos (retención de residuos vs. la eliminación de residuos), se realizaron pruebas de su efecto sobre el contenido de agua del suelo, la eficiencia del uso de la lluvia, el rendimiento del maíz y el rendimiento de la estabilidad en el experimento de largo plazo en El Batán. La investigación se realizó en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), que se encuentra en el altiplano en el Estado de México. Desde 1991, los campos experimentales se mantienen bajo diferentes tratamientos de manejo. Los resultados aquí descritos son los del año 2009, que fue caracterizado por una "canícula" extendida. La precipitación total fue de 420 milímetros en 2009, similar a la de 2008, pero la distribución de la precipitación fue muy diferente. Hubo un periodo seco prolongado durante el crecimiento vegetativo (julio-agosto). También se compararon los resultados de los tratamientos de la labranza cero con la retención de todos los residuos, y tratamientos de cero labranza con retención parcial de residuos.

Tabla 1. Resumen esquemático de los tratamientos considerados en las pruebas de sostenibilidad a largo plazo del CIMMYT, El Batán, Texcoco, Estado de México.

Práctica de labranza	Manejo de residuos	Código de tratamiento
Labranza cero	Mantener todos los residuos.	ZT, Mantener
Labranza cero	Mantener todos los residuos de maíz y 25 cm de rastrojo de trigo.	ZT, MantenerM1/2W
Labranza cero	Mantener el rastrojo de maíz hasta por debajo de la oreja y 25 cm de rastrojo de trigo.	ZT, Mantener1/2
Labranza cero	Remover todo el residuo.	ZT, Remover
Labranza convencional	Mantener todos los residuos.	CT, Mantener
Labranza convencional	Remover todo el residuo.	CT, Remover

EFFECTO DE LA LABRANZA Y LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

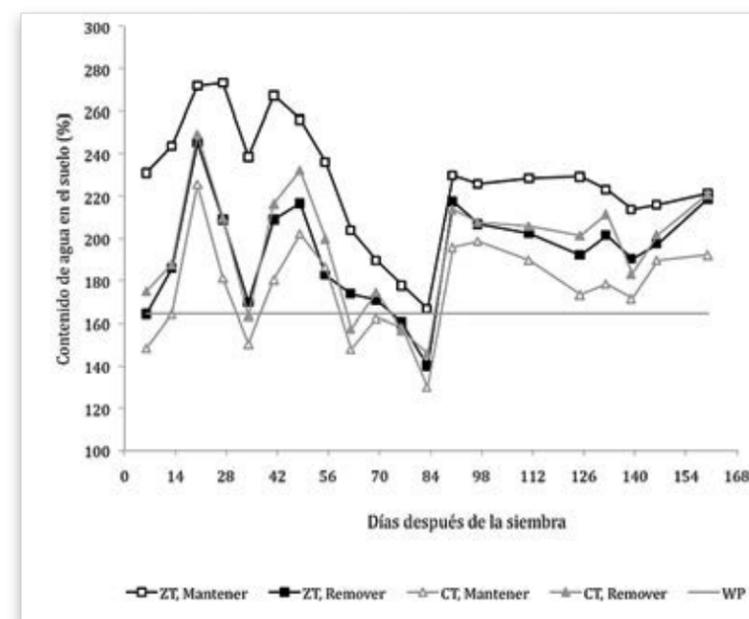
La labranza cero sin retención de residuos tuvo un contenido de agua significativamente menor a cero labranza y la labranza convencional con retención de residuos. La labranza cero con retención de residuos genera el mayor contenido de agua del suelo, y el efecto fue más pronunciado durante los periodos de sequías erráticas extendidas. El perfil del suelo de esta práctica de manejo recargó y/o retuvo más agua durante el periodo de invierno que en cualquiera de las otras prácticas. También se encontró que la labranza cero con retención de residuos aumentó la infiltración directa, sobre todo en comparación aquella sin retención de residuos. Esto permite que el suelo en la labranza cero con retención de residuos maximice la recarga del perfil de suelo durante eventos de lluvia. De manera adicional, la cobertura de residuos disminuye la evaporación y proporciona un amortiguador para los periodos cortos de sequía durante la temporada de crecimiento del cultivo.

La tendencia en el contenido de agua del suelo en todas las profundidades fue:

La labranza cero con retención de residuos > labranza con residuos incorporados > labranza con residuos eliminados > labranza cero con residuos eliminados.

No existe ninguna diferencia real en el contenido de agua en el suelo y el rendimiento entre la labranza cero con retención de residuos totales y parciales, lo que demuestra que la remoción de una parte del residuo puede ser una solución sostenible cuando hay una competencia de residuos para otros usos, como forraje o combustible.

Figura 1. El efecto de la práctica de labranza y el manejo de residuos de cosecha en el contenido de agua del suelo a 0-60 cm de maíz en la temporada de crecimiento de 2009 en las pruebas de sostenibilidad a largo plazo del CIMMYT, El Batán, México.



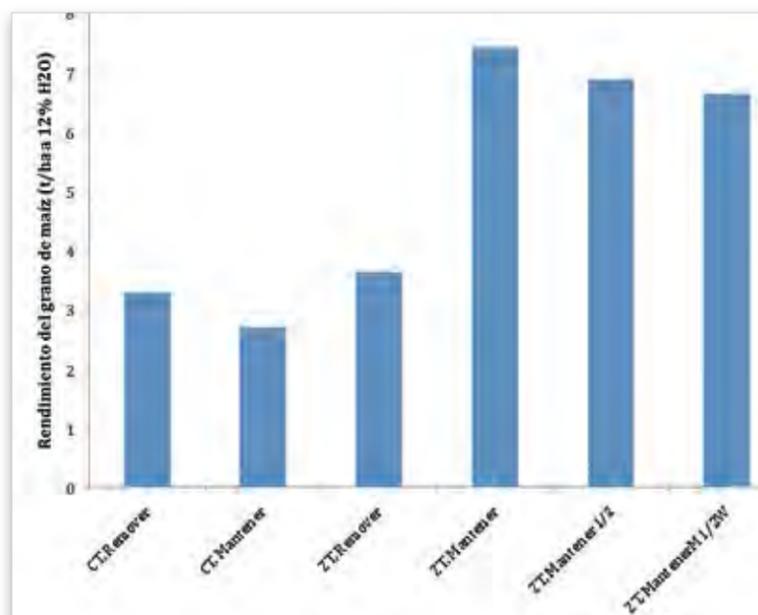
Sistema de labranza: CT = Labranza convencional; ZT = Labranza cero. Gestión de residuos: Mantener = mantener todos los residuos en el campo; Remover = eliminar todos los residuos del campo. WP = punto de marchitez permanente, la cantidad mínima de agua del suelo que una planta necesita para no marchitarse.

LOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ Y LA EFICIENCIA EN EL APROVECHAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

Las precipitaciones en los Valles Altos de México son erráticas y la escasez de agua puede ocurrir en cualquier momento durante la temporada de cultivo. Se identificó el agua del suelo como el problema más importante del sistema agrícola en la zona. En 2009 hubo un periodo de sequía prolongada en julio-agosto, donde se midieron solamente 54 milímetros de lluvia y la evaporación potencial fue de 256 milímetros, por lo que el suelo se volvió muy seco. Para la labranza cero con retención de la totalidad o parte del residuo, el mayor contenido de agua del suelo en las primeras 12 semanas de la temporada permitió el crecimiento vegetativo normal y la sequía terminó justo antes de la floración (véase la figura 1).

Esto dio lugar a grandes diferencias en el rendimiento (figura 2). La ventaja en el rendimiento de las prácticas basadas en la AC (cero labranza con retención de residuos) parecía ser mayor en condiciones difíciles (años con bajo rendimiento medio) que en los años con altos rendimientos. Sin embargo, este fue el caso en 2009, un año especialmente seco. Cuando tomamos en cuenta más temporadas de cultivo (1997-2009), se obtiene en AC un rendimiento promedio mayor de aproximadamente 1.5 t/ha sobre las prácticas que implican la labranza y la labranza cero con la eliminación completa de residuos. Además, las prácticas de AC reducen los costos en comparación con las prácticas que implican la labranza convencional que tienen como resultado diferencias en los retornos sobre los costos variables que fueron aún más marcados que las diferencias en el rendimiento.

Figura 2. El efecto de la práctica de labranza y el manejo de residuos de cosecha en los rendimientos de maíz (Mg/ha a 12% H₂O) para el año 2009, en la prueba de sostenibilidad a largo plazo, CIMMYT, El Batán, Texcoco, Estado de México.



CONCLUSIÓN

La Agricultura de Conservación puede mejorar la infiltración en comparación con la labranza convencional y la labranza cero con la eliminación de residuos. La práctica tiene numerosas ventajas:

- La cobertura de residuos en la AC evita la formación de la corteza causada por el impacto de las gotas de lluvia directa.
- La cobertura de residuos disminuye el escurrimiento, dándole al agua más tiempo para infiltrarse.
- La cobertura de residuos disminuye la evaporación, en comparación con el suelo desnudo mediante:
 - la reducción de la temperatura del suelo,
 - el freno de la difusión del vapor y
 - la absorción del vapor de agua en el tejido de residuos.

Al aumentar la infiltración y reducir el escurrimiento y la evaporación en comparación con la labranza convencional y con la labranza cero con la eliminación de residuos, la AC (cero labranza con retención de residuos) puede mejorar el contenido de agua del suelo y ayudar a amortiguar las ocurrencias de sequía durante la temporada de cultivo. Este mayor contenido de agua en el suelo fue capaz de amortiguar los episodios secos durante la temporada de crecimiento de 2009, resultando en un rendimiento que fue de aproximadamente dos veces más alto en AC que para los sistemas de labranza convencionales o para la labranza cero sin retención de residuos. Sin embargo, este fue el caso en 2009, un año especialmente seco. Cuando tomamos más temporadas de cultivo en cuenta (1997-2009), se obtiene en AC un rendimiento promedio mayor de aproximadamente 1.5 t/ha sobre las prácticas que implican la labranza y la labranza cero con la eliminación completa de residuos.

Es poco probable que las tecnologías complejas, de múltiples componentes, tales como la AC, se puedan escalar con éxito a través de modelos lineales tradicionales de investigación y extensión: en vez de esto requieren el desarrollo de nodos de logística de innovación para apoyar el desarrollo de sistemas adaptados localmente. Los hubs o nodos de innovación de MasAgro son un ejemplo de estos sistemas regionales de innovación y de aprendizaje, descentralizados, dentro de los diferentes sistemas agrícolas y de las zonas agroecológicas de México, en donde la Sagarpa, el CIMMYT y una extensa red de colaboradores trabajan día a día para conservar los suelos del país aumentando la productividad y sustentabilidad de los sistemas de cultivo de granos básicos. ▶

Texto con base en información publicada en:

- Deckers, J., Govaerts, B., Haven, H., Jaspers, N., Nelissen, V., Raes, D., Sayre, K. D. y Verhulst, N. (2011). Soil water content, maize yield and its stability as affected by tillage and crop residue management in rainfed semi-arid highlands. *Plant and Soil* 344, 73-85, doi 10.1007/s11104-011-0728-8.
- Castellanos-Navarrete, A., Dendooven, L., Dixon, J., Govaerts, B., Sayre, K. D. y Verhulst, N. (2009). Conservation agriculture and soil carbon sequestration; between myth and farmer reality. *Critical Reviews in Plant Science* 28(3), 97-122.
- Govaerts, B. y Hobbs, P.R. (2010). How conservation agriculture can contribute to buffering climate change. In *Climate Change and Crop Production*. Reynolds M. (Ed.) CABI Climate Change Series, Vol 1. Cabi, Cambridge USA, pp. 177-199.

Foto: C. Thierfelder, CIMMYT.



Año Internacional de los Suelos: Momento para dar voz a nuestro silencioso aliado

Entrevista a Ronald Vargas,
Oficial de Manejo de Suelos y Tierras, FAO-Roma;
Líder de la Alianza Mundial por el Suelo



Revista Enlace (AC).- ¿Por qué conmemorar un Año Internacional de los Suelos?

Ronald Vargas (RV).- El Año Internacional de los Suelos constituye una plataforma para dar voz a nuestro aliado silencioso —el suelo— y así sensibilizar a la población en general en cuanto a la importancia de este recurso para la vida humana. Poca gente sabe que el recurso suelo provee una serie de servicios ambientales que hacen posible la vida en este planeta, entre ellos:

- a) Es base para la producción de alimentos (aproximadamente 95% de nuestro alimento es producido en nuestros suelos), forrajes, energía y productos medicinales.
- b) Realiza actividades de secuestro de carbono (actualmente es la reserva terrestre más grande de carbón orgánico).
- c) Sostiene la biodiversidad del planeta y alberga una cuarta parte de la misma.
- d) Almacena y filtra agua, lo que mejora la resiliencia ante inundaciones y sequías.
- e) Regula los ciclos de nutrientes.
- f) Es fuente para el desarrollo de productos medicinales.

Al mismo tiempo, la degradación de este recurso es un proceso creciente y pone en riesgo la provisión de funciones vitales para un desarrollo equilibrado, más aún con las tendencias de crecimiento poblacional, crecimiento económico y las consecuencias del cambio climático. De ahí

que el Ais 2015 juega un rol fundamental para influir en el público en general y, sobre todo, en los tomadores de decisiones acerca de la necesidad de valorar este recurso y fomentar su uso sostenible, de manera particular este 2015, cuando los países debaten los nuevos objetivos del desarrollo sostenible.

AC.- ¿Cuál es el panorama general de los suelos en el mundo?

RV.- De acuerdo con estudios de la FAO, alrededor de 33% de los suelos del mundo se encuentran degradados. Existen diversos tipos de degradación de los suelos y esto varía de una región a otra y de país a país. Las dinámicas de uso de la tierra definen los impactos en el recurso suelo, lo que da como resultado una gran variedad en cuanto a tipos de degradación y la variación especial y temporal.

Los principales tipos de degradación son: erosión de suelos, desbalance de nutrientes, pérdida del carbón orgánico y de la biodiversidad del suelo, impermeabilización (debido a urbanización, principalmente), salinización, acidificación, contaminación y compactación del suelo.

En los últimos cuatro años se ha hablado más del suelo, sobre todo debido a temas inherentes como la seguridad alimentaria, la adaptación al cambio climático (secuestro de carbono) y el desarrollo sostenible en general. Existe mayor conciencia acerca de la necesidad del uso sostenible de este recurso y varios países realizan esfuerzos significativos. Sin embargo, aún falta mucho más compromiso e inversión.

Manejo integral de CUENCAS como método de conservación de suelos

AC.- ¿Cuál es la región del mundo que presenta mayores problemas con el suelo?

RV.- Resulta difícil indicar qué región tiene mayores problemas respecto al estado del recurso suelo. Cada región enfrenta dinámicas diferentes en cuanto al uso y manejo de éste, determinadas por un conglomerado de elementos como el uso de la tierra, el contexto económico, la diversidad natural del suelo y su contexto en el paisaje, la gobernanza de éste y otros recursos naturales, y otros. Por ejemplo, y en términos generales: el reto en Europa está relacionado con el crecimiento urbano y el consumo de suelo (urbanización y sellado de suelos), así como con la promoción del uso sostenible de este recurso en relación con los insumos para fortalecer su fertilidad. En África, el reto principal lo constituye la fertilidad de los suelos, ya que por su origen son muy intemperizados (minado de nutrientes), que requieren de estrategias de largo plazo para construir catálogos de nutrientes y fortalecer el contenido de materia orgánica. En Asia Central y el Cercano Oriente, el problema de la salinidad/sodificación y la baja humedad del suelo constituyen los retos principales junto a la erosión eólica. En Asia, la erosión hídrica y eólica, así como la contaminación, se presentan como los temas principales por abordar. América Latina enfrenta el problema de la erosión de suelos, así como la disminución del contenido de carbón orgánico en ellos. América del Norte tiene como retos principales la erosión en sus dos formas y el desequilibrio de nutrientes. Finalmente, Oceanía debe resolver la acidificación y la erosión de los suelos.

AC.- ¿Cuáles son las principales causas del daño a los suelos?

RV.- Las causas para la degradación del suelo pueden dividirse en directas e indirectas. Las directas son: prácticas de manejo insostenibles (uso excesivo de insumos, sin considerar la condición actual del suelo;

labranza en pendiente y sin medidas de conservación; remoción de cobertura y materia orgánica, etcétera); manejo inadecuado de desechos de otras actividades, como la minería, industria, etcétera; políticas y acciones que no respetan la funcionalidad del suelo; reducción en la inversión de programas de manejo y conservación del suelo; desastres naturales; cambio climático; crecimiento urbano, entre otros. Entre los indirectos están: cambio en los hábitos de vida de la población; crecimiento poblacional; crecimiento económico; cambios de uso de la tierra; tenencia de la tierra, etcétera.

AC.- En el sector agrícola, ¿cuáles son los retos principales que tenemos con respecto a los suelos?

RV.- El objetivo principal de cualquier emprendimiento agrícola, sea de pequeña o gran escala, consiste en lograr altos rendimientos de cultivos mediante el reto continuo de mejorar la productividad. Sin embargo, el reto principal consiste en estabilizar dicha productividad. En muchos casos, se ve al recurso suelo como un sistema *input-output* y no como un recurso vivo. El manejo sostenible del suelo puede garantizar una alta productividad a lo largo del tiempo, ya que no se trata de aumentar el rendimiento este año y sufrir una caída el próximo, lo importante es lograr incrementar la productividad y que se mantenga constante en el tiempo. Evitar su degradación debería ser un reto paralelo.

AC.- ¿Cuál es el papel de los gobiernos, los agricultores, los centros de investigación y la iniciativa privada para la conservación de suelos? ¿Es necesario impulsar instrumentos de política pública y legislaciones o éstos ya existen?

RV.- La gobernanza del recurso suelo es la pre-condición para lograr su manejo sostenible. El suelo es un recurso de interés común, por lo que todos tienen la responsabilidad de velar por su uso sostenible. Muchos países no cuentan con un marco jurídico-normativo que promueva su conservación y que se traduzca en políticas y acciones desde el nivel central. Los usuarios del suelo cumplen un rol fundamental en salvaguardar este recurso, pero requieren apoyo técnico, financiero y de incentivos para hacer que su uso sea a largo plazo. El AIS 2015 ha puesto el tema sobre la mesa y hay varios países que en la actualidad desarrollan estos elementos de gobernanza que son vitales. A nivel global, se tiene la Carta Mundial de los Suelos, aprobada recientemente y que da las directrices a todos los actores para promover el uso sostenible de este recurso.

AC.- ¿Qué papel juegan las mujeres en el uso y conservación de los suelos?

RV.- Uno fundamental, puesto que ellas, especialmente en los países en desarrollo, son las principales responsables para el manejo del suelo agrícola. Entonces, no se les puede excluir de las políticas de manejo y conservación de suelos, al contrario, se requiere empoderarlas mediante conocimientos, incentivos y compromiso para que ellas salvaguarden este recurso estratégico.

AC.- ¿Cómo se vincula la agricultura familiar con el buen uso y conservación de suelos?

RV.- La seguridad alimentaria en muchas de las regiones depende en gran parte de la agricultura familiar. A pesar del deseo de estos actores de conservar el suelo, muchos de ellos no cuentan con los recursos ni el ambiente legal propicio para manejarlo en forma sostenible. Este sector debería ser fortalecido a todos los niveles y deberían ser ellos con su conocimiento, y mediante un proceso de desarrollo de capacidades, los directos defensores de este recurso, ya que se constituye en su cimiento de vida.¹

INTRODUCCIÓN

Asegurar la calidad de vida y el desarrollo sostenible de nuestras sociedades exige en la actualidad una gestión racional y equilibrada de los recursos naturales, particularmente del agua, suelo y vegetación. Sin embargo, su creciente deterioro evidenciado por el cambio climático, los desastres naturales, la degradación de suelos, la contaminación, la sobreexplotación y la destrucción de ecosistemas ha puesto de manifiesto la gravedad de la situación en muchos países. Atender este desafío es complejo, ya que el camino por seguir debe permitir atender de manera simultánea al menos las siguientes condiciones: luchar contra la erosión del suelo, la deforestación, los desastres por inundación o sequía, satisfacer las necesidades de calidad y cantidad de agua, asegurar la suficiencia agroalimentaria con un buen manejo de las tierras agrícolas y/o una irrigación apropiada, desarrollar de forma armoniosa la industria, la producción energética, la recreación, y prevenir y combatir la contaminación del agua desde todos los orígenes (RIOCI, 2009).

En este contexto, la conservación de suelos no debe abordarse con acciones aisladas y dispersas en el territorio, sino con un conjunto de actividades inmersas en un enfoque

de manejo integral y sistémico del suelo, el agua y la cobertura vegetal, con el fin de mantener y/o manejar su capacidad productiva en función de sus aptitudes, limitantes y potencialidades. Si bien es cierto que la conservación del suelo depende del buen ordenamiento de cada una de las parcelas de un determinado terreno, el objetivo total solo podrá alcanzarse si se aplica eficazmente a todas las tierras de un área común de aprovechamiento.

La cuenca hidrográfica ha sido planteada como una herramienta idónea para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, disminuir la vulnerabilidad ante los desastres naturales y generar una verdadera oportunidad de gobernabilidad (Faustino, 2005; FAO, 2007). Sin embargo, a pesar de sus ventajas como unidad de planificación, las cuencas presentan graves deterioros, debido al poco conocimiento de los conceptos y principios del enfoque de manejo integral de cuencas (López, *et al.*, 2008).

EL CONCEPTO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

Se conoce como cuenca hidrográfica al área comprendida dentro de la línea divisoria de aguas ubicada en los puntos más altos o de mayor cota topográfica del área que encierra a un río, conocidos como cerros o parteaguas. De acuerdo con Basterrechea *et al.*, (1996) y World Vision (2004), existen tres características fundamentales que definen en forma particular a las cuencas hidrográficas:

1. Sus líneas divisorias de aguas o "parteaguas" son límites naturales, por medio de las cuales el territorio ya se encuentra dividido en cuencas.
2. Es una unidad de territorio drenada por un sistema de afluentes que contribuyen a alimentar un curso de agua principal, el cual a su vez conduce las aguas hasta su nivel de base, donde la cuenca entrega sus aguas a otra cuenca, un lago o el mar.
3. Presentan una dinámica definida por las interacciones sistémicas entre los recursos agua, suelo y vegetación, y el impacto que sobre estas interacciones tienen las decisiones en materia de uso de los recursos naturales tomadas por distintos agentes económicos. Esta última característica ha sido la menos entendida y comprendida y, en consecuencia, la principal causa del deterioro de las cuencas.



Figura 1. La cuenca hidrográfica desde un enfoque sistémico

Aunque todos los criterios para delimitar el territorio buscan el desarrollo sustentable del hombre dentro de un ámbito definido, las cuencas presentan ventajas porque respetan el funcionar de la naturaleza, en especial el ciclo hidrológico y la ley de la gravedad. La lógica indica que debemos ir de la mano de la naturaleza y no en contra de ella.

Las cuencas hidrográficas son sistemas (figura 1) debido a que cumplen con las siguientes condiciones (Senge, 1999; World Vision, 2004): a) tienen *entradas* que son los insumos o flujos que ingresan para ser procesados en el sistema; b) existen *componentes* en su interior tales como el suelo, agua y bosques, entre otros; c) se producen *interacciones* e *interrelaciones* entre sus componentes, que le dan una estructura y función a la cuenca; y d) tienen *salidas*.

Bajo un enfoque sistémico se estudia y actúa sobre la cuenca, teniendo en cuenta todas sus partes y haciendo modificaciones para optimizar el sistema como un todo, considerando que cada acontecimiento influye sobre el resto y solo se puede comprender el sistema al contemplar el todo y no cada elemento en lo individual.

EL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS (mic)

El postulado que sirve de fondo para el mic es la necesidad de garantizar para las futuras generaciones el mismo acceso a los bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas en el presente (Sepúlveda, 2002). El mic se basa en el entendimiento de la dinámica de la cuenca y de cada uno de sus componentes, así como en el conocimiento, voluntad, capacidad de gestión y participación

de los actores que intervienen en la cuenca (Dourojeanni, 2006). Consiste en diferentes acciones que se realizan para hacer un uso racional y sostenible de los recursos que se encuentran en una cuenca, tomando en consideración su potencial-vocación y las actividades e intereses de las comunidades y sectores que en ella habitan e interactúan.

LA IMPORTANCIA DEL mic EN LA CONSERVACIÓN DE LOS SUELOS

Uno de los grandes problemas que afrontan la mayoría de los agricultores de nuestro país es la baja fertilidad de los suelos, debido en gran medida a las malas prácticas de manejo, principalmente cuando se cultiva en terrenos inclinados, que es donde se produce el mayor lavado o pérdida de suelo y de nutrientes. Comúnmente no se presta atención a la interconexión que existe entre las diversas formas de uso del suelo den-

tro de las cuencas, la cual es dinamizada por el movimiento del agua desde las partes altas hacia las partes bajas (figura 2).

A nivel comunitario, el mic ayuda a la población a planificar el uso del suelo al identificar y proteger sus fuentes de agua, sitios con mayores tasas de erosión de suelo o con desastres por derrumbes e inundaciones. Una regla de oro en el mic es dejar las partes altas como zonas de protección o realizar un cuidado intensivo de ellas, en el caso que se abran a la agricultura, ya que es aquí donde inician los escurrimientos hacia las partes bajas. No es posible esperar impactos significativos en la conservación de los suelos en las partes medias y bajas con tierras de pastoreo y bosques degradados en las partes altas. De hecho, las consecuencias de una mala gestión de la tierra en las partes altas se manifiestan negativamente en las partes bajas cuando ocurren eventos de precipitaciones extremas.

En este contexto, los productores deben organizarse para diseñar y realizar acciones de conservación de suelo y agua, empezando en las partes altas de los cerros, hasta llegar a las vegas de los ríos, de acuerdo con la mecánica de la erosión hídrica. De esta manera, resultan beneficiados tanto los productores en lo individual, al mantener la capacidad productiva de los suelos, como en lo colectivo, al mitigar y/o disminuir los riesgos de inundaciones y azolvamientos aguas abajo.

Hoy el enfoque sistémico se necesita más que nunca para abordar los problemas de degradación de los recursos naturales, especialmente los suelos, que no tienen una causa simple y local. Sin este enfoque seguirán existiendo dependencias de gobierno y organizaciones civiles desquiciadas, a pesar de la

lucidez individual y los productos innovadores, porque no podrán integrar sus diversas funciones y talentos en la atención de una totalidad (Senge, 1999).[†]

Para mayores informes:
lopez.walter@inifap.gob.mx

Referencias

Basterrechea, M., Dourojeanni-A., García-L.E., Novara-J., Rodríguez-R. (1996). Lineamientos para la preparación de proyectos de manejo de cuencas hidrográficas para eventual financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, DC 20 p.

Dourojeanni, A. (2006). Conceptos y Definiciones sobre Gestión Integrada de Cuencas. Conama, Santiago de Chile.

FAO (2007). La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Roma, Italia. 143 p.

Faustino, M. J. (2005). Del manejo a la gestión de cuencas hidrográficas. Taller nacional de co-gestión de cuencas hidrográficas. catie. Honduras. 18 p.

Faustino M., J., López B., W., López M., J., Villar S., B. (2008). El manejo de cuencas hidrográficas en el estado de Chiapas: diagnóstico y propuesta de un modelo alternativo de gestión. En Seminario internacional sobre co-gestión de cuencas hidrográficas: experiencias y desafíos. Compiladores Laura Venegas y Jorge Faustino. Turrialba, Costa Rica. pp. 21-26.

Mahone, T. (1999). Gestión de cuencas hidrográficas para la reconstrucción post-Mitch: cuestión de escala. Documento de trabajo presentado en Estocolmo, Suecia, el 25-28 de mayo de 1999. Banco Interamericano del Desarrollo. 10 p.

rioc (2009). La organización de la Red Internacional de Organismos de Cuencas (rioc). Bases de organización y funcionamiento. París, Francia. En: <http://www.inbo-news.org/riobest.htm>.

Senge, P. M. (1999). La quinta disciplina. El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje. Granica. España. 490 p.

Sepúlveda, S. (2002). Desarrollo sostenible microrregional. Métodos para planificación local. iica-una. San José, Costa Rica. 313 p.

World Vision. (2004). Manual de manejo de cuencas. El Salvador. 154 p.

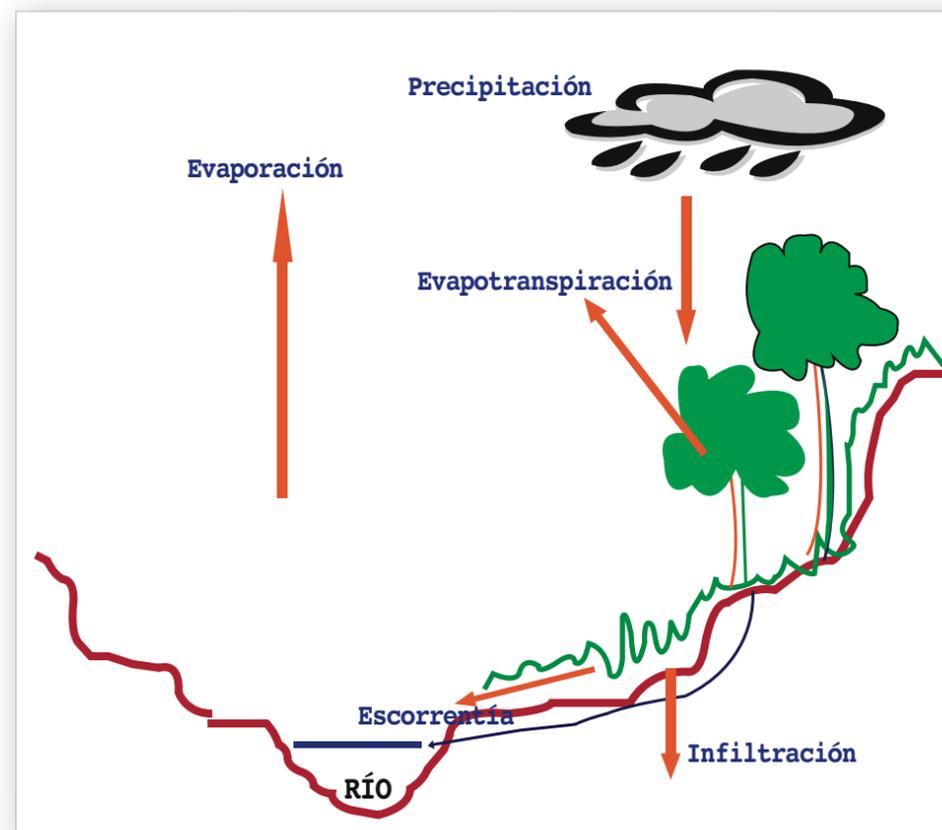


Figura 2. Dinámica del ciclo hidrológico dentro de las cuencas.



DIVULGATIVO



Texto: Karla List y Aarón Gaona. Sefoa
Fotografías: Sefoa

Tlaxcala optimiza con acciones el uso de sus suelos

Unidades Móviles de Capacitación Tecnomóvil.

“Más de 90.7% del estado de Tlaxcala presenta erosión en diferentes tipos, formas y grados”.

Alvarado, M.
Diagnóstico de la erosión hídrica en Tlaxcala. IPN.

La erosión es uno de los principales problemas de la entidad; según datos del INEGI, se considera la totalidad de la superficie como afectada por procesos erosivos con diversos grados (desde leves, hasta altos). De las 401 600 hectáreas que conforman la superficie del estado, 120 mil presentan un grado de alteración.

¿QUÉ HACEMOS PARA REVERTIR EL DAÑO EN LOS SUELOS?

El gobierno de Mariano González Zarur diseñó una estrategia con diversos componentes tecnológicos para hacerle frente a la situación de suelos degradados. Destacan dos importantes componentes tecno-

lógicos que se han impulsado para revertir el daño: análisis de suelo y agua (a través de la estrategia Tecnomóvil), y la práctica de la Agricultura de Conservación (AC) de la mano del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

El proceso de adopción de nuevas tecnologías entre los productores se ha dado de diferentes formas; de manera importante resalta el intercambio de experiencias como elemento clave. Luego de tres años de implementación de la estrategia Tecnomóvil de suelos, el productor sabe que realizar un análisis de suelos le permite determinar con qué elementos cuenta en sus parcelas y, sobre

todo, qué puede hacer para mejorarlas. Sabe, además, que un análisis de suelos constituye el punto de referencia para la toma de decisiones.

Un análisis de suelos constituye una herramienta fundamental para evaluar la fertilidad. Sin embargo, para que el suelo enviado al laboratorio sea útil, resulta imprescindible realizar un adecuado muestreo. Es por ello que los técnicos acompañan a los productores en los momentos clave para lograr los resultados esperados, este acompañamiento le ha permitido al productor vislumbrar la recuperación de la capacidad productiva de su suelo agrícola.

En el tema de la AC, el productor ha comprobado una mejoría tanto de sus tierras como de su bolsillo; ha constatado el ahorro en trabajo, gastos y combustible. La AC se ubica como una alternativa para trabajar la tierra, para cambiar la forma tradicional de hacer las cosas. El acompañamiento técnico que han llevado les ha permitido aumentar el rendimiento de sus cultivos.

Tlaxcala se propuso desarrollar una estrategia para hacer un estado más competitivo de la mano de las alianzas estratégicas que ha implementado, así como el impulso de las cadenas productivas con asistencia técnica y capacitación. Ambas estrategias le han permitido al productor la apropiación de conocimientos, lo que a la larga se ha traducido en mejores tomas de decisiones en sus parcelas, establos y huertos. La premisa de trabajo de esta administración ha sido enseñar a pescar, en lugar de dar el pescado.

El 2014 significó para Tlaxcala un año histórico en rendimientos, ya que la implementación de los diferentes componentes tecnológicos, además de ayudar a revertir el daño en los suelos, permitió dotar del re-

querimiento de grano básico a las 500 familias que practicaron la AC para un rendimiento meta; sin embargo, en algunos módulos se rebasó lo esperado.

El viejo método de la agricultura tradicional de cultivos que ha dado lugar a la disminución de la humedad y la fertilidad ha sido sustituido por otro que aumenta la productividad en los suelos y deja más ingresos, en el campo tlaxcalteca se ha empoderado a los agricultores familiares en la búsqueda de la seguridad alimentaria.

El dato

795 análisis realizados con recomendación de fertilizantes para 11 cultivos.

MAPA DE FERTILIDAD DE SUELOS

Esa alianza de trabajo entre Tlaxcala y el CIMMYT, hizo posible la elaboración de un mapa de fertilidad con la información recolectada a partir de la operación del Tecnomóvil en 2012.

La información proporcionada ha sido desagregada, analizada y puesta a disposición del público en una plataforma MasAgro. Punto geográfico, pH, conductividad, contenido de materia orgánica, fósforo y potasio son algunos de los datos que están a disposición.

Algunos datos importantes sobre la situación de los suelos en el estado son los siguientes: suelos alcalinos en la zona de Cuapixtla, arenosos y con capas delgadas en Altzayanca, muy duros por su contenido en arcilla en Hueyotlipán, Xaltocan y Muñoz de Domingo Arenas. Sin lugar a dudas, esta información recopilada podrá ser tomada en cuenta para las futuras tomas de decisiones en el campo tlaxcalteca (Mapa 1).

USO RACIONAL DE LOS FERTILIZANTES, CULTIVOS MÁS EFICIENTES

Destaca el Programa de Apoyo a la Producción Agrícola (subsidio en fertilizantes tradicionales, semilla y lombricomposta), cuyo objetivo es bajar los costos de producción agrícola en el estado mediante la adquisición de insumos básicos para el campo, como fertilizante y semillas (maíz, trigo, avena, triticale, amaranto). El programa tiene alcance para todos los productores del estado.

La intención de impulsar los fertilizantes orgánicos radica en el interés de alimentar al campo tlaxcalteca, regresar el alimento al suelo que tanto nos ha alimentado.

Es importante señalar que la disposición del productor por adquirir este tipo de fertilizante también ha ido en aumento, es así que mientras que en 2012 se



Mapa 1. Mapa de fertilidad de Tlaxcala. MasAgro. Conservation Earth. <http://23.253.100.239:8081/egiron/MasAgroTTF/v2/Estado/TLX/>

otorgaron 2 218 toneladas de lombricomposta, en este 2015 se tiene proyectado subsidiar alrededor de 15 mil toneladas.

Al respecto, José Ramón Sánchez manifestó que “es necesario cambiar la forma en cómo se compra el fertilizante en la agricultura y conocer mediante un análisis de suelo la forma en la que el nuestro está compuesto, ya que esto nos permitirá diseñar un traje a la medida que proporcione los elementos que requiere la parcela para ser rentable, productiva, y que además se maximice la utilidad del cultivo. Gracias a la herramienta del análisis de suelos he comprobado de manera directa los beneficios de saber con qué cuenta la tierra y qué le hace falta; sin lugar a dudas he crecido tanto de forma personal como productiva”.

Los productores del campo tlaxcalteca que han participado de manera activa en la asistencia técnica promovida por el Gobierno del estado se han apropiado bien del concepto de aprender; ahora que han desarrollado conocimientos están mejor preparados para enfrentar los desafíos a los que se enfrentan en la lucha por producir alimentos. Si es en el suelo en donde comienza la alimentación, el compromiso por parte de todos los que habitamos el planeta debería ser encaminando a generar acciones para mantenerlos saludables y vivos.”

Texto y fotografías:
Dr. Fernando Galván Castillo, Director
de Innovación Tecnológica Agrícola SDAIR.



Hub Bajo

La tecnificación de las unidades de producción agrícola, indispensable para disminuir la degradación de los suelos en Guanajuato

Guanajuato es líder en producción de frutas y hortalizas en México.

Los suelos más importantes por la extensión que ocupan son los vertisoles y phaeozem, que en conjunto abarcan 69.6% de la superficie estatal.

En Guanajuato existen 15 tipos diferentes de suelos. Los más importantes, por la extensión que ocupan, son los vertisoles y phaeozem, que, en conjunto, abarcan 69.6% de la superficie estatal. Por su origen, los suelos de la región de El Bajío son de dos tipos: los derivados de aluviones y los desarrollados a partir de roca o del material que la sostenía. Vertisol y phaeozem son los suelos más fértiles y productivos en la agricultura o ganadería cuando son profundos y planos.

La tecnificación de la agricultura es esencial para incrementar el rendimiento de los diferentes cultivos, pero también para disminuir la degradación de los suelos. Los terrenos agrícolas son dependientes de la aplicación de fertilizantes, herbicidas e insecticidas. En este sentido, de acuerdo con los resultados del Censo Agropecuario 2007, de la superficie agrícola total en Guanajuato se aplicaron fertilizantes químicos en 559 mil 363 hectáreas, herbicidas químicos en 460 mil 933, semilla mejorada en 380 mil 511 e insecticidas químicos en 336 mil 869.

Sabemos la importancia de los suelos que tenemos en Guanajuato para el desarrollo de las actividades agrícolas y ganaderas y, para ello, es importante cuidar y preservar este recurso. Desde la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario hacemos recomendaciones a los productores sobre qué hacer y qué no para cuidarlos y evitar erosionarlos más. Por ejemplo, damos pláticas para insistir en que después de las cosechas no se realice la quema de esquilmos y cursos de capacitación para el buen uso en el manejo de agroquímicos.

La *soayr* impulsa la tecnificación de las unidades de producción para detener la degradación del suelo.



USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN

En la parte norte de Guanajuato predominan los pastizales naturales, bosque de pino, bosque de encino, matorral crasicaule, matorral subtropical baja y chaparral. Entre las principales especies vegetales encontramos: encino, nopal, palma, uña de gato, palo dulce, helecho, maguey, pitahaya, pirul o árbol del Perú, xoconoxtle, tronadora, estafiate, zapote blanco, biznaga, fresno, garambullo, huizache, tepehuaje y casahuate.

La agricultura de temporal ocupa una superficie mucho mayor que la de riego, pero está restringida por el número de especies que produce y en su rendimiento. La tecnificación es baja. El centro es la región más importante del estado y fue considerada durante mucho tiempo como el

granero de la República. En ella se encuentra la mayoría de los mejores terrenos del territorio estatal. Esta región es un distrito de riego, tomando en cuenta el sistema de la presa Solís y de la presa Ignacio Allende. La región de El Bajío tiene un buen régimen pluviométrico, que se calcula en 700 milímetros en promedio anual.

Los terrenos son planos y bien irrigados, lo que permite el cultivo de una gran variedad de productos agrícolas. En la parte sur del estado existe la vegetación de bosque de encino y el matorral subtropical. Esta zona, aunque tiene menor consideración que el Bajío guanajuatense, es económicamente relevante. Donde las condiciones del suelo no son muy severas se observa una buena producción temporalera que la hace un lugar más apto que el centro y norte del estado para el desarrollo de este tipo de agricultura. Las condiciones anteriores de los suelos de esta zona son favorables para el desarrollo de la ganadería en el estado, como el ganado bovino, porcino, caprino, ovino y las aves. Al respecto, el ganado porcino, bovino y las aves son los más importantes en la entidad, así como también la producción lechera.

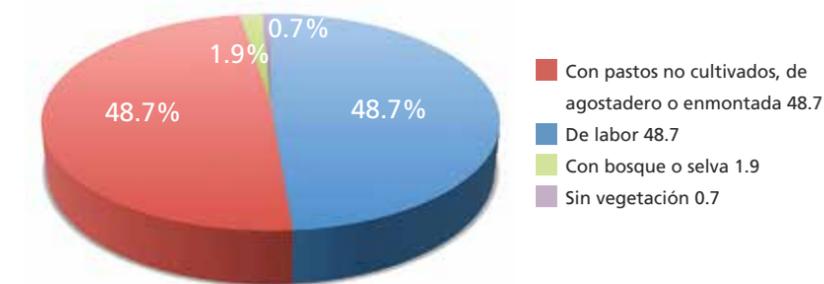
USO DEL SUELO

Las cifras del VIII Censo Agropecuario realizado en 2007 registran una superficie total de las unidades de producción de la entidad equivalente a 1.9% del total nacional, ubicándola en el lugar 19, por arriba de los estados de Campeche, Baja California Sur, Tabasco, Nayarit, México, Hidalgo, Quintana Roo, Querétaro, Colima, Aguascalientes, Tlaxcala y Morelos.

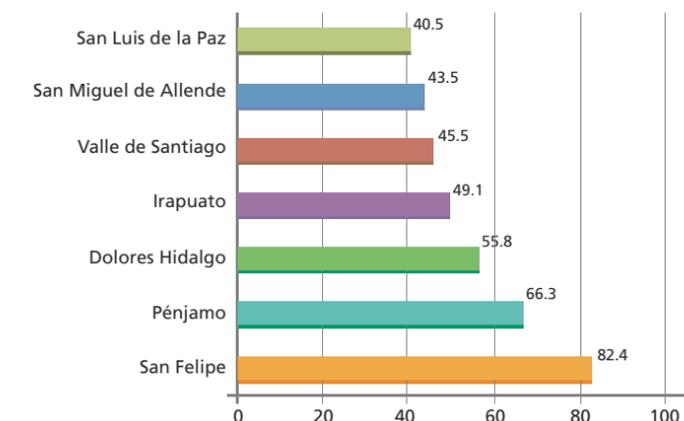
De la distribución de la superficie según el uso que se le da al suelo, 48.7% corresponde a la superficie de labor, otro porcentaje igual a los pastos no cultivados, de agostadero o enmontada; 1.9% se tiene ocupada con bosque o selva, y el restante

0.7% no tiene vegetación. Los municipios con mayores extensiones de superficie de labor son: San Felipe, Pénjamo, Dolores Hidalgo, Irapuato, Valle de Santiago, San Miguel de Allende y San Luis de la Paz, que en conjunto suman 382 mil 824 hectáreas, es decir, 36.6% de la superficie dedicada a labores agrícolas del estado de Guanajuato.

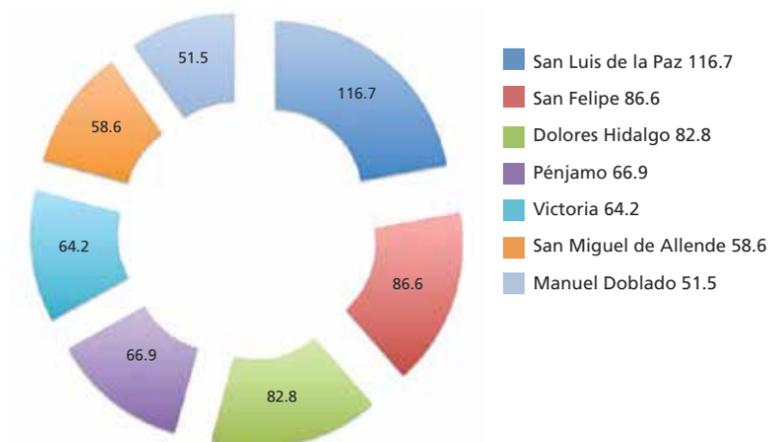
Gráfica 1. Distribución porcentual de la superficie total



Gráfica 2. Superficie de labor según principales municipios (miles de hab.)



Gráfica 3. Municipios con mayor superficie de pastos naturales, de agostadero o enmontada (miles de hab.)



Por otro lado, los municipios de San Luis de la Paz, San Felipe, Dolores Hidalgo, Pénjamo, Victoria, San Miguel de Allende y Manuel Doblado sobresalen por su superficie de pastos naturales, de agostadero o enmontada, ya que sumaron en total 527 328 hectáreas, lo que significó 50.4% de la existente en la entidad.

La superficie sin vegetación se localiza en áreas que, por su naturaleza o uso, son estériles o improductivas debido a que están ocupadas por aguas corrientes o estancadas, pantanos, pedregales y arenales; están ensalitradas o contaminadas, lo que impide su aprovechamiento en la agricultura.

Este tipo de superficies se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

→ De las 14 mil 856 hectáreas, la mayor parte están con arenales, pedregales o erosionadas, las que en

conjunto suman 12 mil 177 hectáreas, lo que representa 82% del total estatal.

→ El restante 18% corresponde a terrenos ensalitrados, cubiertos con agua, contaminados o con otros problemas.

→ Los municipios de Dolores Hidalgo, Ocampo, San Luis de la Paz y San Miguel de Allende destacan por tener en conjunto 6 548 hectáreas de superficie sin vegetación, lo que representa 44.1% del total estatal con esta característica.

Municipios con más de mil hectáreas de superficie sin vegetación:

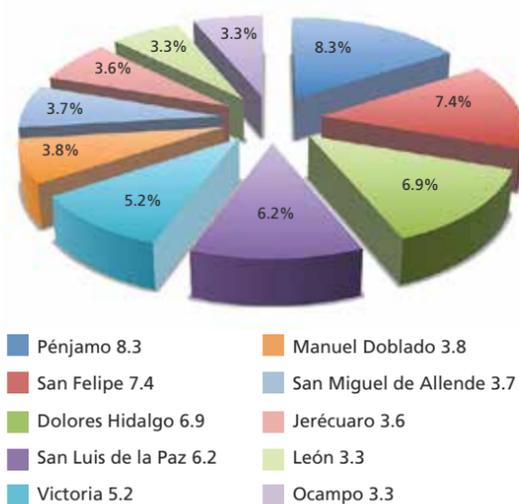
- Dolores Hidalgo 2 178
- Ocampo 1 584
- San Luis de la Paz 1 536
- San Miguel de Allende 1 250

Foto 1. En Guanajuato, 48% de la superficie total de tierra es de vocación agrícola. Foto 2. Existen 15 tipos diferentes de suelos en territorio guanajuatense.



Posicionamiento de la Red Mexicana por la Agricultura Familiar y Campesina en el Año Internacional de los Suelos 2015

Gráfica 4. Participación porcentual en superficie propia, según principales municipios.



Gráfica 5. Distribución porcentual de la superficie sin vegetación.



Foto: The Hunger Project Mexico

La Red Mexicana por la Agricultura Familiar y Campesina (RMAFYC), reunida en la Ciudad de México en ocasión de su novena sesión de trabajo, reafirma su compromiso de contribuir con el objetivo del Año Internacional de los Suelos (AIS 2015) para lograr que los agricultores, en conjunto con las instituciones públicas, el sector privado, los centros de investigación, la academia, las organizaciones de la sociedad civil y la población mexicana en general sean conscientes del papel de los suelos como un recurso estratégico para la seguridad alimentaria, la nutrición, la garantía y la realización del derecho a la alimentación, la reducción de la pobreza, el hambre y la mala nutrición, la adaptación y mitigación al cambio climático, la promoción del desarrollo sustentable y la preservación de los recursos naturales; ante ello, cobra relevancia el hecho de que la promoción de la agricultura familiar y la conservación de los suelos en México son parte de un mismo fenómeno.

Los suelos son fundamentales para la producción de alimentos; proveen sustento a los ecosistemas; representan una fuente de materias primas; filtran y almacenan agua; constituyen un amortiguador ante las inundaciones y otros efectos

del cambio climático; resguardan el patrimonio geológico, arqueológico y cultural; y dan soporte a las actividades humanas en general. La disponibilidad, el acceso, la utilización y la estabilidad de la seguridad alimentaria y nutricional dependen en gran medida de las condiciones de los suelos.

Suelos sanos y bien gestionados (desde el punto de vista agronómico, social y político) hacen posible la producción sostenible y suficiente de alimentos; constituyen la base donde se desarrolla la pequeña agricultura que produce alrededor de 40%

de los alimentos que se consumen en México; contribuyen a tener alimentos inocuos y un medio ambiente adecuado que permite la estabilidad de sistemas alimentarios saludables y culturalmente apropiados.

Además, el estado de los suelos repercute directamente en las actividades sociales y culturales que se desarrollan en torno a la agricultura familiar, así como en el derecho de los pueblos a decidir sus propios modos de vida en torno a la agricultura, la alimentación y la defensa de sus territorios y su patrimonio natural y cultural.

Del total de la superficie del país, solo 14% tiene capacidad agrícola, pues se trata de suelos muy propensos a la erosión y poco adecuados para la explotación¹. Sin embargo, los resultados del Censo Agropecuario 2007 del INEGI indican que más de 16% del territorio mexicano está dedicado a la agricultura, por lo que el recurso suelo está sobreexplotado.

Aunado a lo anterior, los efectos del cambio climático, la sobreexplotación y la contaminación de los suelos y el agua, la falta de aplicación de tecnologías y prácticas agrícolas sostenibles, la extensión de monocultivos, la expansión de la frontera agrícola y el crecimiento de los asentamientos urbanos, entre otros aspectos, agravan aún más la situación de vulnerabilidad de los suelos en el país y de la agricultura familiar que en ellos se desarrolla.

Como consecuencia, más de la mitad de los suelos mexicanos está sujeta a procesos de erosión hídrica y prácticamente todos se enfrentan a la erosión eólica². Adicionalmente, el uso indiscriminado de agroquími-



Foto: CIMMYT.

cos y maquinaria agrícola han incrementado problemáticas relacionadas con la contaminación de suelos y mantos freáticos, salinización y compactación de los suelos, además de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 64% del territorio mexicano muestra algún tipo de degradación; a su vez, 70% de esta cifra es degradación de moderada a extrema, donde la fertilidad del suelo se encuentra reducida fuertemente³. Por otro lado, entre 1990 y 2005 se perdieron 4.8 millones de hectáreas de bosque para incorporarlas al sector agropecuario⁴, situación que además de afectar a la biodiversidad de los ecosistemas nativos, provoca serios problemas de erosión y una disminución de la fertilidad de los suelos.

Existe, además, un conflicto a nivel territorial entre los agricultores y sus organizaciones, los desarrollos inmobiliarios, las autoridades locales y las dependencias federales (del sector agropecuario, ambiental, turístico y de desarrollo urbano) que genera lógicas de competencia entre la producción de alimentos, la conservación ambiental, el crecimiento urbano, la industria extractiva y los proyectos de infraestructura en materia de cambio de uso de suelo. Los suelos que forman parte de la agricultura familiar y campesina son afectados por este conflicto, lo cual se ve agravado ante la falta de derechos de propiedad bien definidos.

En este contexto, la Red ve con preocupación la falta de un marco jurídico-institucional claro y accesible para los agricultores familiares que contemple la debida coordinación interinstitucional y multiactoral desde los espacios locales y que se enfoque a la preservación, recuperación y aprovechamiento sustentable de los suelos para que éstos cumplan su propósito fundamental de alimentar saludablemente a la población. Asimismo, se constata la falta de instrumentos de política con una visión territorial integral, que puedan coadyuvar al



Foto: CIMMYT.

fortalecimiento de la agricultura familiar como sector estratégico para lograr la seguridad alimentaria y la protección y conservación de los suelos a partir de los saberes y conocimientos locales y tradicionales.

En el marco del Año Internacional de los Suelos 2015, la Red Mexicana por la Agricultura Familiar y Campesina busca posicionar propuestas de incidencia política para mejorar el estado de los suelos en México. En este sentido, la Red:

- ✓ Celebra el establecimiento del Año Internacional de los Suelos y reafirma su compromiso de participar activamente en las actividades del AIS 2015 en el país.
- ✓ Llama a la FAO, el CIMMYT, el Foro Rural Mundial, el Comité Regional de Agricultura Familiar de América Latina y el Caribe y otros Comités Nacionales de la región a seguir posicionando en la agenda pública la estrecha relación que los suelos tienen con la agricultura familiar.
- ✓ Propone realizar una actualización del diagnóstico sobre el estado de los suelos en México, resaltando la importancia de la agricultura familiar y campesina.
- ✓ Exhorta a las autoridades, legisladores y tomadores de decisiones a generar espacios participativos para la elaboración de propuestas de legislación e instrumentos de política pública con enfoque territorial para la conservación y protección de los suelos, que contemplen la generación de programas para su recuperación, conservación y aprovechamiento sustentable; la gestión participativa de suelos; facilitar el acceso a la tierra por parte de los agricultores familiares, especialmente de las mujeres, los jóvenes y las comunidades indígenas.
- ✓ Hace un llamado a la discusión participativa y aprobación de una Ley General de Suelos en México.
- ✓ Reafirma su compromiso para revalorar los saberes y conocimientos tradicionales de los agricultores familiares, resaltando el importante papel de los campesinos y la sociedad civil para la generación de propuestas de

política pública desde los espacios locales.

- ✓ Plantea la necesidad de impulsar acciones de capacitación y sensibilización de agricultores, extensionistas, tomadores de decisiones y la sociedad en general sobre la importancia de los suelos para la agricultura familiar y la seguridad alimentaria;
- ✓ Se pone a disposición de la FAO, el CIMMYT, el Foro Rural Mundial, el Comité Regional de Agricultura Familiar para América Latina y el Caribe, las instituciones mexicanas y otras entidades vinculadas al AIS 2015 en México y la región para desarrollar las acciones correspondientes. ▶



Texto: Conchi Quintana. Responsable Sección América - Foro Rural Mundial (FRM)*
Fotografías: FRM.

AIAF +10: el compromiso con la agricultura familiar continúa

Alrededor de 750 instituciones y organizaciones se han involucrado en las actividades celebradas con motivo del Año Internacional de la Agricultura Familiar (AIAF) 2014 en todo el mundo; entre otros, organizaciones de agricultores, ONG, asociaciones de consumidores, centros de investigación, gobiernos y organismos internacionales. El rol clave que desempeñan los hombres y mujeres de la agricultura familiar (AF) ha sido ampliamente reconocido.

En América Latina y el Caribe, el AIAF también ha arrojado notables resultados en materia de consensos, sensibilización e incidencia. Sirvan de ejemplo la Declaración Regional de Montevideo, aprobada durante el Diálogo Regional de Planificación y Movilización por el AIAF 2014 (25/03/2014), organizado por la Coprofam, con el apoyo del FRM, la Declaración del Foro Latinoamericano y del Caribe de los Comités Nacionales del AIAF 2014 (Brasil, 14/11/2014), y la Declaración de la Conferencia sobre las Mujeres Rurales de América Latina y el Caribe del AIAF 2014 (Brasil, 12/11/2014), así como los numerosos consensos y documentos aprobados a nivel nacional.

Los frutos cosechados en las políticas públicas relacionadas con la AF quizá sean más llamativos. Por citar solo algunos ejemplos, –en 2014 se impulsó la promulgación de la Ley de Seguridad y Soberanía Alimentarias en República Dominicana, la aprobación en Paraguay y Uruguay de sendas leyes de compras públicas para la AF, y la activación del Programa de Agricultura Familiar en Colombia, cuyo Ministerio de Agricultura ha asumido por primera vez la necesidad de articular políticas específicas para este sector, así como un comité técnico que lleve a cabo dicho programa.

En la mayoría de los avances conseguidos, los comités nacionales del AIAF 2014 se han erigido en verdade-



Conchi Quintana, Responsable Sección América - Foro Rural Mundial.

ros motores de socialización y de incidencia en favor de la agricultura familiar. Estas plataformas, la mayoría lideradas por organizaciones de la AF, han sido promovidas por el Foro Rural Mundial (FRM), con el apoyo y el reconocimiento de la FAO, FIDA y Agriterro, como genuinos y plurales espacios de diálogo y negociación sobre políticas públicas que afectan a los hombres y mujeres del campo. La actividad desarrollada por estos comités nacionales ha provocado alrededor del mundo 18 cambios legales y presupuestarios en 15 países.

Estos ejemplos no son sino la punta de iceberg del dinamismo de los comités nacionales, que han contado en muchos casos con la participación y el apoyo de los organismos internacionales, así como de sus respectivos gobiernos. Sin olvidar el dinamismo y protagonismo alcanzado por las organizaciones agrarias y las federaciones campesinas, cuya determinación en la defensa de la AF ha sido y sigue siendo el mejor activo para salvaguardar los intereses de las explotaciones familiares y para la consecución de un sistema alimentario más justo y equitativo.

EL COMPROMISO CON LA AGRICULTURA FAMILIAR CONTINÚA

Aún falta mucho por hacer en el camino hacia el reconocimiento de la labor de quienes se dedican a la agricultura familiar, campesina, indígena, así como al pastoreo y a la pesca artesanal, verdaderos motores del mundo rural, del equilibrio medioambiental, de la seguridad alimentaria y de la agricultura sostenible. Resulta necesario seguir desarrollando campañas de sensibilización y de incidencia para superar algunos paradigmas que amenazan la pervivencia de la AF, sea cual sea su origen, especialización, nivel de ganancias o tamaño.



Diversidad de cultivos en la agricultura familiar.

Cuando el AIAF 2014 estaba a punto de terminar, los días 14 y 15 de noviembre de 2014, hombres y mujeres líderes agricultores, procedentes de los cinco continentes, junto con asociaciones rurales, centros de investigación, comités nacionales y otros actores, se reunieron en Brasilia (Brasil), convocados por el FRM. Después de analizar los logros alcanzados durante el AIAF 2014, se definieron seis demandas a ser trabajadas durante los siguientes años y se alcanzaron algunos acuerdos organizativos para facilitar la continuidad del AIAF 2014.

Principalmente sobre la base del consenso de Brasilia, se ha decidido extender 10 años más la campaña en favor de la agricultura familiar, campesina e indígena, la pesca artesanal y el pastoreo. El objetivo central del AIAF +10 seguirá siendo mejorar las políticas públicas en favor de las explotaciones familiares, para lo que contará, dentro de un amplio marco de actuación, con tres componentes centrales:

- La promoción de los comités nacionales: durante 2014, dichos comités han demostrado su potencial, logrando la mejora de políticas públicas relevantes en diversos países. Renovamos, de esta forma, nuestra apuesta por el diálogo político en favor de la AF entre las organizaciones de agricultores, asociaciones rurales, gobiernos, organismos internacionales, centros de investigación y otros actores.
- Directrices globales por la agricultura familiar: con base en la tercera demanda del Manifiesto de Brasilia, se iniciará un proceso de participación amplia que lleve a generar unas directrices globales para promover la

AF, buscando el consenso y el acuerdo de la comunidad internacional. Tal y como sucede con la Declaración Universal de los Derechos Humanos o las Directrices Voluntarias sobre la Gobernanza Responsable de la Tenencia de la Tierra, la Pesca y los Bosques, alcanzar unas Directrices Globales de la Agricultura Familiar supondría crear un referente común, una propuesta compartida e universal de impulso a la AF.

- Promoción de la investigación participativa: debido al importante rol de la investigación, el AIAF +10 promoverá la participación activa de las organizaciones de productores y de la sociedad civil en este tipo de procesos.

El AIAF +10 también trabajará para que los Objetivos de Desarrollo Sostenible recojan adecuadamente el rol de la AF y promoverá sinergias con el Foro Mundial de Acceso a la Tierra y el Año Internacional de los Suelos 2015. Más precisamente, este último acontecimiento internacional se presenta como una nueva oportunidad para incidir en el valor de la AF como forma de vida y modelo de producción garante de una gestión sostenible de los suelos, así como fuente de agrobiodiversidad, por su estrecho vínculo con la tierra y su gran potencial de conservación de variedades locales. Por todo ello, el Año Internacional de los Suelos vuelve a ser una oportunidad para reclamar el derecho de los pueblos y de las personas al acceso y a la tenencia de la tierra, los bosques y la pesca.

En este contexto, el Foro Rural Mundial propone seguir trabajando con el mismo espíritu de contribuir al conocimiento, sensibilización y construcción de políticas públicas. Una determinación compartida por los comités nacionales de la AF que han decidido seguir trabajando en los próximos años.

Tal es el caso de la Red Mexicana por la Agricultura Familiar y Campesina, que, entre los objetivos marcados para este año 2015, tratará de lograr su propio reconocimiento como actor estratégico en el ámbito de la AF, por parte de tomadores de decisiones tanto del poder ejecutivo como legislativo. Asimismo, tratará de contribuir en el diseño un programa de apoyo a la agricultura familiar, campesina e indígena, e impulsar leyes de agricultura familiar y de derecho a la alimentación.

Otro ejemplo positivo proviene del Comité Nacional de Agricultura Familiar de El Salvador, cuyos miembros se han marcado como prioridad relanzar el Plan de Agricultura Familiar (PAF), para lo que se trabajará

intensamente con el MAG y el Ministerio de Economía. Entre sus acciones de futuro también se encuentra el fortalecimiento de alianzas con centros de investigación y academia con el objeto de elaborar estudios que contribuyan a superar los retos de la AF en el país.

En toda América, el AIAF +10 se erige en un marco plural y compartido de actuación para mantener y hacer operativo el compromiso por avanzar en políticas públicas que impulsen el potencial de la AF. Se trata, asimismo, de una ocasión para seguir promoviendo el fortalecimiento de las organizaciones y las federaciones agrarias. No en vano, entre otros ejemplos, si el AIAF 2014 sirvió para revitalizar las dinámicas del Programa de Diálogo Regional Rural (PDRR) en la región centroamericana, el AIAF +10 puede seguir ahondando en esa misma línea.



La agricultura familiar es clave para la conservación de los suelos.

Al igual que en el 2014, el AIAF +10 se desarrollará buscando siempre la colaboración y el máximo espíritu de entendimiento entre las organizaciones de agricultores, asociaciones rurales, centros de investigación, gobiernos e instituciones internacionales. Ésta es, precisamente, una de las principales lecciones aprendidas. Los marcos de actuación globales y compartidos que involucren a organizaciones agrarias y asociaciones de la Sociedad Civil, centros de investigación y gobiernos pueden provocar cambios positivos en políticas públicas, siempre en beneficio de los hombres y mujeres de la agricultura familiar. *

Para más información sobre el AIAF 2014 y el AIAF +10: www.familyfarmingcampaign.net



*El Foro Rural Mundial (FRM) es una red plural que promueve la agricultura familiar y el desarrollo rural sostenible, compuesta por federaciones campesinas como Coprofam y AFA, organizaciones rurales como INADES y centros de investigación. www.ruralforum.net

Texto: Dirección General de Sector Primario y Recursos Naturales Renovables. Semarnat.
Fotografías: CIMMYT.



Manejo de tierras para la sustentabilidad productiva

La degradación de tierras causada por las actividades humanas ha sido uno de los principales problemas ambientales del siglo xx para todos los países y mantiene un lugar importante de atención en la agenda internacional del siglo xxi. La importancia de este tema resulta de sus consecuencias directas sobre la seguridad alimentaria, la pobreza, la migración y la calidad del ambiente (ENMST).

Los principales procesos de degradación de tierras en México son pérdida de fertilidad y erosión de los suelos, deforestación, degradación forestal y fragmentación de ecosistemas, deterioro de la calidad de los recursos hídricos.

Para enfrentar la problemática ambiental descrita, la Dirección General de Sector Primario y Recursos Naturales Renovables (DGSPRNR) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), así como la Secretaría Técnica del Sistema Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Degradación de los Recursos Naturales hacen promoción del manejo sustentable de tierras. Éste, con enfoques integrados de paisaje, es un “sistema de prácticas de gestión de los recursos naturales terrestres para aprovechar, conservar, restaurar y mejorar su estructura, funcionalidad y productividad ecosistémica y económica” (ENMST). Una forma efectiva de promoción del manejo sustentable de tierras es el establecimiento de parcelas demostrativas. Por ello, la DGSPRNR diseñó el programa de subsidios llamado Programa de Manejo de Tierras para la Sustentabilidad

Productiva (PMTSP), que busca apoyar proyectos comunitarios que involucren manejo de tierras, conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad y el fomento de opciones productivas sustentables con visión territorial.

El objetivo del programa es establecer áreas demostrativas de manejo sustentable de tierras en las áreas con uso agropecuario que son limítrofes a la vegetación natural, en terrenos preferentemente forestales, con la finalidad de poner en práctica acciones con un enfoque integral, que permitan la conservación *in situ* y el uso sustentable de ecosistemas y especies que proporcionen servicios ecosistémicos.

Para alcanzar el objetivo se apoyan proyectos que incluyan un conjunto de acciones de los cuatro tipos de conceptos de apoyo, como son:

- A. Proyectos de manejo sustentable de tierras:** consisten en el establecimiento de prácticas de manejo de tierras, en ecosistemas o agroecosistemas, para su restauración o conservación que permitan recuperar, mantener o mejorar la estructura y funcionalidad ecológica de las tierras, así como su productividad ecológica y/o económica.
- B. Proyectos de conservación y utilización sostenible de especies nativas y sus recursos biológicos:** apoyos encaminados al establecimiento de prácticas de conservación *in situ* y de utilización sostenible de dichos recursos, que pretendan generar beneficios económicos, así como la protección, cuidado, manejo y mantenimiento de especies y poblaciones dentro de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo.
- C. Capacitación:** Apoyos para la realización de cursos y/o talleres de capacitación de aspectos de planeación, técnicos y organizativos en apoyo a la realización de proyectos de manejo sustentable de tierras y/o de conservación y utilización sostenible de especies nativas y sus recursos biológicos.
- D. Acciones de fortalecimiento comunitario:** Apoyos destinados a promover y fortalecer el conocimiento y prácticas comunitarias encaminadas al manejo sustentable de tierras y la conservación y uso sostenible de especies nativas y sus recursos biológicos, como son ferias, cursos o talleres comunitarios.

El PMTSP otorga subsidios a hombres y mujeres mayores de 18 años que viven en los municipios elegibles para establecer áreas demostrativas de manejo sustentable de tierras en las áreas con uso agropecuario que son limítrofes a la vegetación natural, en terrenos preferentemente forestales, con la finalidad de poner en práctica acciones con un enfoque integral, que permita la conservación *in situ* y el uso sustentable de ecosistemas y especies que proporcionen servicios ecosistémicos.

Durante el ejercicio fiscal 2013, como una fase piloto en dos entidades, el PMTSP apoyó 14 proyectos comunitarios en 12 municipios de Chiapas e Hidalgo, con una inversión de tres millones de pesos en 430 hectáreas y 27 talleres de capacitación relacionados con la degradación de tierras y su manejo sustentable, con un total de 348 beneficiarios directos, 84 mujeres y 264 hombres.

En 2014, el PMTSP otorgó subsidios para acciones en los estados de Chiapas e Hidalgo, mediante 11 proyectos comunitarios. Se incorporaron al manejo sustentable 408 hectáreas de tierras degradadas, como parcelas demostrativas que pueden impactar en nueve mil 238.76 hectáreas de tierras de los 11 núcleos agrarios. Con una inversión neta de dos millones 847 mil 13 pesos se beneficiaron directamente 383 personas, de las cuales 306 son hombres y 77 mujeres, pertenecientes a seis pueblos indígenas (otomí, chol, tzeltal, tzotzil, mam y tojolobal). Además de las inversiones en el manejo de

tierras, equipos y herramientas, se generaron 12 mil 91 jornales como beneficio económico directo. Los proyectos se complementaron con 34 eventos de capacitación en 24 temas.

El manejo sustentable de tierras es, en sí mismo, un marco para la adaptación al cambio climático. La adaptación, definida por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) como “la habilidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad del clima y



sus extremos) para moderar daños posibles, aprovecharse de oportunidades o enfrentarse a las consecuencias, será el mecanismo para reducir la vulnerabilidad”. Se incrementa con el sistema de prácticas de gestión del manejo sustentable de tierras, de tal manera que un proyecto con enfoque integrado de paisaje, apoyado por el PMTSP, con acciones de manejo de tierras y aprovechamiento sustentable de especies prioritarias para la conservación, es un mecanismo de armonización y de sinergia de la conservación de biodiversidad, la adaptación al cambio climático y el combate a la degradación de tierras y la desertificación.▶

Texto: Roxana Aguirre Elizondo.
Directora de Extensionismo Rural. Sagarpa.
Fotografías: Sagarpa.



SERMexicano

Construyendo el nuevo extensionismo rural mexicano en la era digital

México, por conducto de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) por medio del Componente de Extensión e Innovación Productiva del Programa Integral de Desarrollo Rural, se ha dado a la tarea de revalorar y reconocer al actor clave que articula conocimiento, tradición e innovación: el extensionista.

Actor fundamental en el desarrollo del campo que permanece muchas veces en el anonimato, el extensionista es el técnico, el promotor, el asesor, el capacitador, el facilitador y el responsable de operar con los pies en la tierra y codo a codo con los productores los proyectos productivos del país. Es el gestor de los procesos de desarrollo en comunidades, regiones y territorios rurales. En resumen, el extensionista es la **pieza clave** para el éxito productivo, donde sus conocimientos, experiencia y habilidades, le permiten de igual manera sem-

brar una semilla que posicionar un producto en el mercado local o internacional.

El nuevo extensionismo integral busca replicar en el campo modelos y proyectos exitosos que tengan como eje actividades de capacitación, asistencia técnica, consultoría y asesoría especializadas, mejora de capacidades, demostraciones y otros procesos de educación no formal, con el objetivo de atender adecuadamente

las demandas de los productores y contar con una oferta institucional que permita el desarrollo de territorios y sistemas-producto, así como el eslabonamiento de las cadenas de valor.

Asimismo, los extensionistas formados bajo el esquema integral (holístico) cuentan con una visión innovadora sobre el producto y el mercado, a la par de conocimientos de vanguardia adquiridos mediante programas permanentes de capacitación y certificación emitidos, entre otras instancias, por el Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural (INCA Rural), que les permiten el desarrollo, fortalecimiento y reconocimiento de sus competencias; la adquisición de conocimientos básicos para el perfeccionamiento de su labor con independencia de su área de especialización; así como la familiarización con procesos y herramientas innovadoras para facilitar el intercambio y la transmisión de conocimientos a los productores. Esta formación permite la articulación del extensionismo en el país.

Además, el nuevo extensionismo integral, dado su carácter transversal, favorece la construcción de sinergias e interacciones entre las diversas instancias involucradas en el desarrollo rural, como son: organismos gubernamentales, instituciones de educación superior e investigación, organizaciones de la sociedad civil e iniciativa privada, con el fin de conjuntar esfuerzos para que los avances científicos y tecnológicos realmente lleguen al campo y contribuyan a mejorar la productividad y el ingreso de los productores.

Esta nueva visión institucional del concepto de extensionismo y sus acciones, pero sobre todo de sus actores, obliga a incorporar a este esfuerzo los avances del desarrollo tecnológico en materia de comunicación e información, para sistematizar, dar seguimiento y profesionalizar los servicios de extensión rural a través del Sistema de Extensionismo Rural Mexicano (SERMexicano) que encierra la esencia, la magia de mujeres y hombres del campo que trabajan día a día construyendo el presente y el futuro alimentario de este país, y que recuerda con su nombre el orgullo de pertenecer y labrar nuestra tierra.

SERMexicano surge como el soporte del nuevo extensionismo integral impulsado por nuestro país y entre sus principales objetivos se encuentran:

1. Hacer visible, legítima y necesaria la función del extensionista rural.
2. Dignificar, comunicar y promocionar el poder transformador del extensionista.
3. Promover el quehacer cotidiano del extensionista en su afán por apoyar el esfuerzo diario de los productores rurales, empleando el desarrollo tecnológico, particularmente en el campo de la información y la comunicación.



4. Asegurar la calidad del trabajo del extensionista, al favorecer su seguimiento y conocer a profundidad el perfil de quienes lo componen.
5. Darle un rostro al esfuerzo institucional orientado al desarrollo de capacidades y la gestión de innovaciones mediante el extensionismo holístico.
6. Garantizar un espacio de intercambio de experiencias y conocimientos entre extensionistas de distintas latitudes, para trabajar de manera conjunta en la solución de problemas relacionados a la producción agropecuaria.
7. Principalmente, lograr que en el corto y mediano plazo, particularmente los jóvenes, nuestra gran fuerza transformadora, volteen la mirada al campo y trabajen en conjunto con productores, instituciones y organizaciones, construyendo el nuevo rostro del campo mexicano.

Para el cumplimiento de sus objetivos, SERMexicano cuenta con:

- Información relevante en torno a los antecedentes del extensionismo rural.
- Artículos y notas actuales sobre extensionismo en el ámbito local e internacional.
- La descripción e impacto de los modelos de extensión, entendidos como estrategias metodológicas para instrumentar acciones de desarrollo de capacidades en extensionistas o población rural

TIPS TÉCNICOS

Texto: Javier Castellanos Ramos y Dilmar Santiago Rodríguez. Fertilab, laboratorio de análisis de suelos.

El análisis del suelo diagnóstico, calidad y asertiva

TENDENCIAS EN LOS ANÁLISIS DE SUELOS

La búsqueda de soluciones extractoras universales sigue siendo un tema que inquieta a muchos laboratorios, ya que junto con la aparición de los espectrofotómetros de emisión por plasma (ICP) es posible analizar cientos de muestras en un solo día (Mallarino y Sawyer, 1999). Esto hace el análisis muy económico; sin embargo, la historia reciente nos ha dicho que se sacrifica demasiado la calidad del diagnóstico, pues se pierde precisión al intentar evaluar con un solo extractante la disponibilidad de los 12 elementos: nitratos (NO_3), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), azufre (S), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), boro (B), y en el caso de los suelos ácidos: aluminio (Al) e hidrógeno (H). Algunas referencias que fundamentan la baja eficiencia de los métodos multielementales, como Mehlich 3, se citan a continuación:

Para interpretar el análisis de fósforo es necesario saber el método de análisis de suelo antes de que se derive cualquier recomendación de fertilización. Esta consideración es imprescindible, ya que se han desarrollado muchos métodos para probar la disponibilidad de fósforo para los cultivos. Así, algunos laboratorios están interesados en el empleo de pruebas que no utilicen extracciones recomendadas tradicionalmente para P. Aquí es donde subyace la cuestión de si el método Mehlich 3 es eficiente o no. Para discutirlo, es necesario recordar primero que el resultado del análisis de un laboratorio es la culminación de todo el método de análisis de suelos, incluyendo la extracción y el método de medición analítica. Mehlich 3 es un extractante multielemental y los nutrientes son medidos en ICP. El Comité Central Regional para Pruebas de Suelos y Análisis de Plantas de Estados Unidos (NCR 13) y la Universidad Estatal de Iowa (Iowa State University, ISU) no recomiendan la determinación de fósforo con el método ICP, extraído con Mehlich 3, pues las variaciones de las concentraciones de P medidas con ICP, en comparación con el método colorimétrico estándar, miden hasta 40% más P, y hacer correcciones en este sentido no es una estrate-

gia eficaz. Además, no recomiendan el uso de Mehlich 3 para determinar Ca, Mg y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en suelos calcáreos y de micronutrientes en cualquier tipo de suelo, debido a la falta de correlación. Las interpretaciones de micronutrientes, en particular del zinc, se basan en pruebas de DTPA y para los requerimientos de cal en el método conocido como SMP, desarrollado por Shoemaker, McLean y Pratt en 1961. Para cada región geográfica, la ISU recomienda emplear solo los métodos autorizados y calibrados en esos suelos, esto significa el reconocimiento tanto de la extracción del laboratorio como del método de análisis químico (Mallarino y Sawyer, 1999). Por su parte, Pittman *et al.* (2004), al realizar pruebas con 6400 muestras de suelo en la Universidad Estatal de Oklahoma, encontraron claras diferencias entre analizar Mehlich 3 con ICP y Mehlich 3 con el método colorimétrico. A pesar de esto, muchos laboratorios utilizan el Mehlich 3-ICP para análisis de fósforo, sin considerar que esta práctica podría llevar a la mala aplicación de nutrientes y contribuir a pérdidas de cosechas o efectos ambientales negativos. Kleinman *et al.* (2015) sugieren que la obtención de factores o ecuaciones de corrección no es un asunto trivial, pues las relaciones están potencialmente influenciadas por el tipo de suelo y por factores como el pH del suelo y la materia orgánica.

En suelos de Ohio, las recomendaciones de fertilización fosfórica en los cultivos se basan en el método de Bray-Kurtz P1-colorimétrico. Comese *et al.* (2007), al trabajar en rotaciones de maíz, trigo y soya con dosis crecientes de fertilizantes fosfatados encontraron que el método Bray & Kurtz I es el que mejor se adapta a las prácticas de diagnóstico y recomendaciones regionales de uso de fertilizantes fosforados. Concluyeron que Mehlich 3 sobreestima el valor a partir de 15 ppm de P en el suelo. Bray & Kurtz I es el método que mejor detectó la variación de las dosis agregadas de fósforo.

Al realizar calibraciones de potasio con Mehlich 3 en maíz y soya para suelos de Iowa, Barbagelata *et al.* (2002) detectaron la necesidad de ajustar los niveles de K para in-

orientadas a la innovación para la mejora competitiva en las cadenas agroalimentarias, considerando los aspectos particulares de los sistemas territoriales de producción a atender.

- Información sobre los Centros de Extensión e Innovación Rural (CEIR) regionales y especializados, así como de los Grupos de Extensión e Innovación Territorial (GEIT).
- Convocatorias dirigidas a extensionistas para participar en procesos de capacitación, certificación y formación continua.
- La construcción del Directorio Nacional de Extensionistas, para poner a disposición de productores el acompañamiento integral que requieren para desarrollar con éxito sus proyectos productivos.
- Un módulo para registro y selección de los mejores extensionistas que acompañarán a nuestros productores en la gestión y logro de sus proyectos
- Galería de imágenes que comparten extensionistas distribuidos en todo el territorio nacional.
- Infografías que nos ayudan a conocer más sobre los actores y procesos esenciales para el desarrollo rural.
- Videos que los propios extensionistas de todo el país comparten con nosotros a través de las redes sociales.
- Biblioteca virtual que permite consultar artículos y publicaciones sobre extensionismo.
- Foros de discusión para el intercambio de ideas, conocimientos y experiencias.

Cabe señalar que para garantizar que la incorporación de estos avances tecnológicos estén a la altura del nuevo extensionismo integral, SERMexicano cuenta con el aval del Órgano Interno de Control (OIC), del Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural (INCA Rural), el área de Gobierno Digital de la Presidencia de la República, la Secretaría de la Función Pública, el área de Comunicación Social de Sagarpa, entre otras instancias que regulan la materia.

Por tal motivo, SERMexicano, como soporte del nuevo extensionismo de nuestro país, representa una oportunidad sin precedentes para articular el esfuerzo de productores, extensionistas, formadores, instituciones de educación superior, desarrolladores de tecnología e institutos de investigación para incrementar y mejorar la producción de alimentos,



Además, en colaboración con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) se está consolidando la georreferenciación de extensionistas, lo que permitirá no solo tener un registro puntual sobre la distribución geográfica de la oferta de servicios de extensión, sino que también, gracias a la conformación del Directorio Nacional de Extensionistas, productores de todo el territorio nacional podrán solicitar el acompañamiento multidisciplinario de nuestros extensionistas para materializar sus proyectos productivos.

Asimismo, SERMexicano y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) trabajan en la georreferenciación de productores a través de la Bitácora Electrónica MasAgro (BEM), lo que permitirá focalizar y profesionalizar a nuestros extensionistas de acuerdo con las necesidades territoriales del país.

pero sobre todo, para crear lazos de personas que aman nuestra tierra, reconocen el valor de su gente y trabajan diariamente en la construcción del nuevo rostro del campo.†

Únete a #SERMexicano.



terpretar y hacer recomendaciones de fertilización, y concluyeron que la investigación debe estar centrada en proporcionar información para el establecimiento de diferentes interpretaciones de K para diferentes suelos.

En Brasil, un estudio realizado por Carmo *et al.* (2011) en el cultivo de trigo, en el que se evaluaron diferentes extractantes para micro nutrientes (Cu, Zn, Fe y Mn), entre ellos Mehlich 3 y DTPA encontraron que Mehlich 3 era menos eficiente en la estimación de Zn y Fe disponible para las plantas, por su parte el método DTPA fue el agente de extracción más indicado. Para el caso del boro, Mehlich 3 es un extractante problemático, pues contiene fluor, que puede liberar B del vidrio de borosilicato, o el B puede ser absorbido por el vidrio y se absorbe en un momento posterior. Incluso con el uso de recipientes de plástico, el análisis de B con ICP-AES es propenso a dificultades debido a que el nebulizador de vidrio y la antorcha está en contacto con la solución antes de entrar en el plasma (Sikora y Moore, 2014).

Considerando lo anterior, los métodos de diagnóstico que usan al menos 6 extractantes: cloruro de potasio para extraer nitratos (NO₃); acetato de amonio para extraer Ca, Mg, Na y K; método del DTPA para extraer Fe, Cu, Zn, y Mn; agua caliente para extraer B, cloruro de potasio para extraer S y, en el caso de los suelos ácidos, cloruro de potasio para extraer aluminio e hidrógeno, han resultado mucho más efectivos para diagnosticar la fertilidad del suelo. Con los métodos multielementales se redujeron los costos, pero se perdió precisión. Por esta razón debe buscarse un balance entre rapidez, costo y la efectividad del análisis. Los análisis específicos, es decir, aquellos que usan 6 o 7 soluciones extractoras, son un poco más costosos por la cantidad de trabajo y reactivos que involucran, pero sin duda alguna son muy superiores y mucho más eficientes para diagnosticar la fertilidad del suelo, además de dar más información al usuario, al igual que de gran utilidad al momento de implementar la recomendación de la fertilización.

LOS ANÁLISIS DE SUELOS EN MÉXICO

Debido al bajo costo del método de Mehlich 3, se ha propiciado que laboratorios extranjeros que operan en México promuevan su uso en el país. Sin embargo, los especialistas en suelos del país no han aprobado éste por no estar correlacionado ni calibrado en México y por no tener la evidencia de que funciona correctamente para la mayoría de los suelos mexicanos. Su uso permite abaratar el costo de los análisis, pero se reduce la eficiencia en el diagnóstico con respecto a los métodos aprobados por la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000). Incluso, en los Estados Unidos son muchos más los labora-

torios que usan hasta 6 extracciones para diagnosticar la fertilidad del suelo que aquellos que usan el método de Mehlich 3 (Sikora y Moore, 2014), debido a las mismas razones que aquí exponemos. Por otro lado, la comunidad científica de edafólogos mexicanos se inclina por no recomendarlo como método de diagnóstico de la fertilidad del suelo, pues la ausencia de correlación y calibración en el ámbito regional de un método determinado le resta valor para su uso como herramienta de diagnóstico de la fertilidad del suelo. Esto es vital para mantener la credibilidad en los análisis de suelos ante los usuarios. Es imprescindible que los laboratorios mexicanos se apeguen a las metodologías de análisis que marca la Norma Oficial Mexicana.

CONCEPTOS DE CORRELACIÓN Y CALIBRACIÓN

Para que un procedimiento de análisis de suelo sea autorizado para su uso debe cumplir el siguiente desarrollo: 1) la evaluación de varias soluciones extractoras y métodos de análisis; 2) correlacionar el rendimiento del cultivo o la

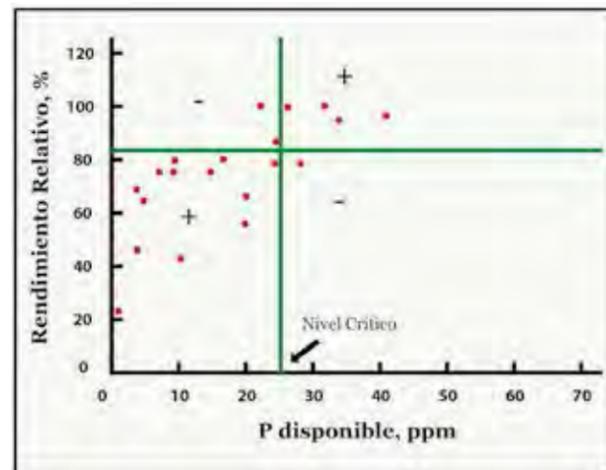


Figura 1. Ejemplo del diagrama de dispersión entre el rendimiento relativo y el contenido de P-Bray en el suelo, que muestra el nivel crítico por el procedimiento de Cate-Nelson (1971).

cantidad del nutriente extraído por el mismo, con la cantidad de nutriente extraído por cada una de las soluciones extractoras; y 3) calibración del procedimiento analítico, que consiste en estimar la concentración del elemento extraído a la cual ya no se observa una respuesta en rendimiento; es decir, estimar el nivel crítico por encima del cual es improbable la respuesta al nutriente en cuestión.

Con adecuada precisión, la correlación define el método analítico que mejor refleja el contenido del nutriente disponible en el suelo con relación al crecimiento del cultivo, y predice con mayor precisión la respuesta del cultivo a dicho nutriente. El grado de correlación puede variar con la clase de suelo.

Por otra parte, la calibración es el proceso mediante el cual se establecen los niveles considerados como críticos. El procedimiento más usado para definir los niveles críticos es el propuesto por Cate y Nelson (1971), cuyo diagrama se presenta en la figura 2. Posteriormente con otros estudios estadísticos de regresión, más detallados, se propone una serie de valores interpretativos que van desde muy bajo o deficiente, hasta muy alto o excesivo. Sin estos valores no se pueden interpretar los análisis de suelo. En la figura 3 se presentan las características de estos niveles, los cuales Fertilab respalda con su propia investigación. Un método no calibrado ni correlacionado en campo, arroja resultados poco confiables y hay reportes de que aun en los Estados Unidos existen muchas regiones donde el método de Mehlich 3 no ha sido correlacionado ni calibrado y, en el mejor de los casos, solo se han hecho correlaciones con los métodos convencionales, para estimar un factor de conversión y poder establecer los niveles de suficiencia para fines de interpretación.

MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO AUTORIZADOS EN MÉXICO

En octubre de 2000, el Diario Oficial de la Federación publicó la Norma Oficial Mexicana 021-RECNAT-2000, la cual establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis con aplicación en todo el territorio nacional. Esta norma tiene como propósito que los proveedores de servicios de análisis estén debidamente regulados, con la finalidad de proporcionar a los usuarios un servicio de calidad y de alta confiabilidad en la información analítica, evitando que cada laboratorio use el método que mejor le convenga por razones de bajo costo. A continuación se muestra un resumen de las metodologías autorizadas por la NOM 021 para su uso en México.

N-Nitrato (N-NO₃). Es el N del suelo que está disponible para su uso inmediato por el cultivo. Se extrae mediante una solución extractora de KCl, seguida de la destilación con arrastre de vapor. También se puede estimar mediante el método de la columna de reducción de cadmio.

Fosforo (P). Se determina mediante los Métodos de Olsen (suelos neutros o calcáreos) y Bray1 (Suelos ácidos o neutros). Los niveles críticos van de 10-15 ppm para el método de Olsen y 25-30 ppm para el método de Bray1.

Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Sodio (Na). Estos cationes se extraen con acetato de amonio 1 N a pH 7 y se cuantifican por absorción atómica o mediante ICP. En suelos calcáreos se recomienda extraer con acetato de amonio 1 N a pH de 8.5, para evitar sobreestimaciones de Ca y Mg.

Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn) Cobre (Cu). Son extraídos con DTPA y cuantificados por absorción atómica o mediante ICP. El nivel crítico considerado para Fe y Mn es del orden de 5 ppm, para zinc 1 ppm y para cobre va de 0.5 a 1 ppm.

Boro (B). Se extrae mediante una solución caliente y diluida de CaCl₂ y se cuantifica mediante ICP o azometina H. Su nivel crítico es del orden de 0.8 a 1 ppm y el nivel excesivo es mayor a 4 ppm.

Azufre (S). El método es semicuantitativo. El S se extrae con KCl y la determinación se realiza en forma turbidimétrica. El nivel crítico es de 5-10 ppm.

Como se mencionó al inicio, el uso de soluciones extractoras específicas es la forma más acertada y precisa para la determinación de nutrientes en el suelo. Un laboratorio apegado a la NOM y con un riguroso control de calidad permite otorgar a los usuarios diagnósticos acertados. Fertilab utiliza 6 soluciones extractoras con el fin de realizar



Figura 2. Interpretación de los análisis de los nutrimentos en el suelo. Gráficos a colores mediante los cuales Fertilab reporta los niveles de cada nutriente en el suelo.

un diagnóstico preciso de la fertilidad en los suelos neutros o alcalinos y 7 en los suelos ácidos. Esto encarece ligeramente el análisis, pero sin duda alguna, lo hace más confiable y certero.

EL CONTROL DE CALIDAD EN LOS LABORATORIOS

El control de calidad y el uso de metodologías apropiadas permiten a los laboratorios mantener la certeza en los análisis que ofrecen. El análisis de suelo que ofrece un laboratorio confiable es una guía robusta para recomendar las dosis de fertilización, pues es la base para asegurar un exitoso programa de fertilización. De esta idea deriva la importancia de un diagnóstico asertivo y de calidad, pues de él dependerá que se tomen decisiones correctas en materia de nutrición vegetal. El establecimiento y seguimiento de un riguroso control de calidad es la única forma que define "confiabilidad" en los laboratorios. La normativa tiene como propósito supervisar el desempeño de los laboratorios, donde el control de calidad interno y externo son parte muy importante del proceso. La intercomparación permite medir y estandarizar procesos con



Figura 3. Control de calidad externo. Acreditación e inter-comparaciones en los que participa el laboratorio Fertilib.

laboratorios internacionales como parte del control de calidad externo. Los programas de intercomparación en los que participa Fertilib son el Programa Norteamericano de Calidad Analítica (<http://www.napptprogram.org/pap/labs>), con la acreditación oficial durante cinco años consecutivos, el Wageningen Evaluating Program for Analytical Laboratories (wepal) y el programa isp-Colpos-Sociedad Mexicana de la ciencia del Suelo (figura 4). Además, en 2013 Fertilib fue acreditado en ISO-9001-2008.

Adicionalmente se lleva a cabo un control de calidad interno mediante el uso de patrones certificados que permiten asegurar la certidumbre en el análisis. Estos patrones de concentración conocidos para cada uno de los elementos analizados y el uso de blancos, se corren en cada lote de 10 muestras y permiten asegurar la certidumbre del análisis en las muestras que se reciben de los clientes. Los datos son analizados estadísticamente y permiten generar los rangos e intervalos de trabajo, así como los criterios de validación de la determinación. Este proceso se denomina control estadístico del proceso (cep), el cual también

se utiliza en la industria automotriz desde hace muchos años.

¿CÓMO ELEGIR LOS SERVICIOS DE UN LABORATORIO?

A continuación se citan 11 criterios que sirven de guía para una acertada elección de un laboratorio.

1. Cuántas y cuáles determinaciones realiza el laboratorio.
2. Qué tiempos de entrega ofrece al usuario.
3. Certificación en ISO-9001-2008.
4. Qué acreditaciones internacionales tiene.
5. Qué intercalibraciones tiene con diferentes laboratorios en el mundo.
6. Qué metodologías de análisis propias para México, y que marca la NOM, usa.
7. Qué investigaciones de sus métodos realiza
8. Qué patrones certificados usa.
9. Qué muestras patrón por cada 10 análisis usa
10. Si su reporte es amigable.
11. Si otorga una interpretación y una recomendación de la fertilización sin costo para el cliente.

Los altos rendimientos en los cultivos son el resultado de múltiples factores que se inician con un buen diagnóstico de la fertilidad del suelo. Es importante utilizar un adecuado sistema de muestreo, un buen procedimiento de análisis, autorizado por la Norma Oficial Mexicana, y un buen control de calidad analítica en el laboratorio. El siguiente paso es llevar a cabo una buena interpretación de los resultados de los análisis y posteriormente generar una adecuada recomendación de la fertilización, a partir de una meta determinada de rendimiento. ▶

Referencias

- Barbagelata, P. A., Mallarino, A. P. y Witry, D. J. (2002). Iowa Soil-Test Field Calibration Research Update: Potassium and the Mehlich-3 ICP Phosphorus Test. Department of Agronomy, Iowa State University, Ames, Iowa. 11 p.
- Bray, R. H. y Kurtz, L. T. (1945). Determination of Total, Organic, and Available Forms or Phosphates in Soils. Soil Sci. 59: 39-45.
- Carmo, M., Mansano, M. V. y Steiner, F. (2011). Assessment of Micronutrient Extractants from Soils of Paraná, Brazil. R. Bras. Ci. Solo, 35: 2093-2103.
- Cate, R. B., Jr. y Nelson, L. A. (1971). A Simple Statistical Procedure for Partitioning Soil Test Correlation into Tow Classes. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 658-659.
- Chapman, H. D. y Kelly, W. P. (1930). The Determination of the Replaceable Bases and Bases Exchange Capacity of Soils. Soil Sci. 30: 391-406.
- Cole, C. V., Dean, L. A., Olsen, J. K. y Watanabe, F. S. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. USDA, Circ. 939. US Gov. Print. Office. Washington, DC.
- Comese, R., González, M., López, M. V., Madero, M. y Moreno, G. (2007). Comparación de los Métodos de Bray & Kurtz 1 y Mehlich III en la Determinación de la Disponibilidad de Fósforo en Suelos con Fertilizaciones Continuas. Ci. Suelo (Argentina), 25(1): 23-29.
- Kleinman, P., Mallarino, A. P., Pierzynski, G., Sullivan, D., Wolf, A. y Zhang, H. (2015). Phosphorus Determination in Waters and Extracts of Soils and By-Products: Inductively Coupled Plasma Spectrometry versus Colorimetric Procedures. Southern Extension and Research Activity (sera) – 17. Consultado el 10 de abril de 2015. (<http://www.sera17.ext.vt.edu/>).
- Mallarino, A. P. y Sawyer, J. E. (1999). Differentiating and Understanding the Mehlich 3, and Olsen Soil Phosphorus Tests. Department of Agronomy, Iowa State University. 6 p.
- Mehlich, A. (1953). Determination of P, K, Na, Ca, Mg y NH₄. Soil Test Div. Mimeo. North Carolina Dep. Agric., Raleigh. USA.
- Morgan, M. F. (1941). Chemical Soil Diagnosis by the Universal Soil Testing System. Connecticut. Agric. Exp. Bull. 450. Univ. of Connecticut, Storrs. USA.
- Mullen, R. y Watson, M. (2007). Understanding Soil Tests for Plant-Available Phosphorus. The Ohio State University. 4 p.
- Pittman, J. J., Schroder, J. L. y Zhang, H. (2004). Differences of Phosphorus in Mehlich 3 Extractants Determined by Colorimetric and Spectroscopic Methods. Soil Science and Plant Analysis, 36: 1641-1659.
- Sikora, F. J. y Moore, K. P. (2014). Soil Test Methods From the Southeastern United States. Southern Cooperative Series Bulletin No. 419. 219 p.

Las Chinampas, agricultura tradicional con una visión sustentable



En la agricultura de los campesinos de América Latina, ante la persistencia de más de tres millones de hectáreas bajo manejo tradicional en forma de terrenos elevados, terrazas, policultivos y sistemas agroforestales, destaca el éxito que tuvieron las estrategias indígenas y constituye un tributo a la creatividad de los agricultores tradicionales. Estos microcosmos de agricultura tradicional ofrecen modelos promisorios para otras áreas porque promueven la biodiversidad, se desarrollan sin agroquímicos y sostienen rendimientos durante todo el año.

Fotos: Chinampas de la Delegación Tláhuac, Ciudad de México, 2014.

DIRECTORIO

TELÉFONO
01800 462 7247



Un ejemplo son las chinampas en la Ciudad de México, que a mediados de los cincuenta obtuvieron rendimientos de 3.5 y 6.3 toneladas por hectárea. De manera comparativa, el promedio de los rendimientos de maíz en Estados Unidos en 1955 era de 2.6 toneladas por hectárea, y no superó las 4 toneladas por hectárea hasta 1965. Sanders (1957) estimó que cada hectárea de chinampa podía producir el alimento suficiente para entre 15 y 20 personas por año en los niveles de subsistencia modernos.'

Hub Sistemas Intensivos Pacífico Norte (PAC)

Jesús Mendoza Lugo, Gerente
Correo electrónico: j.e.mendoza@cgjar.org
Ana Paullette Galaviz, Asistente
Correo electrónico: a.galaviz@cgjar.org
Km 12 calle Dr. Norman Borlaug
Valle del Yaqui, Cajeme, C.P. 85000
Ciudad Obregón, Sonora.

Hub Cereal Grano Pequeño, Maíz y Cultivos Asociados Intermedio (INGP)

Edgar Renato Olmedo, Gerente
Correo electrónico: e.olmedo@cgjar.org

Hub Maíz y Cultivos Asociados Valles Altos (VAM)

Tania Alejandra Casaya Rodríguez, Gerente
Correo electrónico: t.casaya@cgjar.org
Italibi Flores Rivas, Asistente
Correo electrónico: i.flores@cgjar.org
Estación experimental del CIMMYT
Km 45 carretera México - Veracruz, Col. El Batán,
C.P. 56237, Texcoco, Estado de México.

Hub Cereal Grano Pequeño y Cultivos Asociados Valles Altos (VAGP)

Tania Alejandra Casaya Rodríguez, Gerente
Correo electrónico: t.casaya@cgjar.org
Italibi Flores Rivas, Asistente
Correo electrónico: i.flores@cgjar.org
Estación experimental del CIMMYT
Km 45 carretera México - Veracruz, Col. El Batán,
C.P. 56237, Texcoco, Estado de México.

Hub Maíz y Cultivos Asociados Occidente (OCC)

Edgar Renato Olmedo, Gerente
Correo electrónico: e.olmedo@cgjar.org

Hub Cereal Grano Pequeño, Maíz y Cultivos Asociados Escala intermedia Bajío (BAJ)

Silvia Hernández Orduña, Gerente
Correo electrónico: s.hernandez@cgjar.org
Laura Ponce Cernas, Asistente
Correo electrónico: l.p.cernas@cgjar.org
Av. Camelinas 3233, interior 312,
C.P. 58261, Morelia, Michoacán.

Guanajuato

Guadalupe Mata García, Gerente
Correo electrónico: m.mata@cgjar.org
Brenda Pamela Bañales, Asistente
Correo electrónico: b.banales@cgjar.org

Hub Maíz y Cultivos Asociados Pacífico Centro (PCTO)

Matthew Thornton
Correo electrónico: m.thornton@cgjar.org

Hub maíz y cultivos asociados Pacífico Sur (PSUR)

Abel Jaime Leal González, Gerente
Correo electrónico: a.leal@cgjar.org
Norma Pérez Sarabia, Asistente
Correo electrónico: n.psarabia@cgjar.org
Belisario Domínguez 711, desp. 1,
Col. Reforma, C.P. 68050,
Oaxaca, Oaxaca.

Hub Maíz - Frijol y Cultivos Asociados Chiapas (CHIA)

Jorge Octavio García, Gerente
Correo electrónico: j.o.garcia@cgjar.org
Ana Laura Manga, Asistente
Correo electrónico: a.manga@cgjar.org
4ª Oriente, entre 2ª y 3ª Sur, Num. 42,
Col. Santa Cruz, C.P. 29130
Berriozabal, Chiapas.

Hub Maíz y Cultivos Asociados Península de Yucatán (YUC)

Eric Ortiz Hernández, Gerente
Correo electrónico: e.o.hernandez@cgjar.org



DIVULGACIÓN

Esta revista se construye con las aportaciones de todos aquellos que participan en la agricultura sustentable. Te invitamos a que colabores y nos escribas:
cimmyt-contactoac@cgjar.org



Esta revista es un material de divulgación del CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, que se realiza en el marco de la Estrategia de Intensificación Sustentable en América Latina. La estrategia recibe el apoyo del Gobierno Federal de México a través de la Sagarpa, el Gobierno del estado de Guanajuato a través de la SDAYR, Syngenta, Kellogg's, USAID, la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (giz) y de los programas de investigación del CGIAR Maíz (CRP Maize), Trigo (CRP Wheat) y Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS). El CIMMYT es un organismo internacional, sin fines de lucro, sin afiliación política ni religiosa que se dedica a la investigación científica y a la capacitación sobre los sistemas de producción de dos cultivos alimentarios básicos.