



EnlAce®

La revista de la Agricultura de Conservación

Año VI
No.
29

diciembre 2015 - enero 2016

▶ **Recursos genéticos: una alternativa para hacer frente al cambio climático**

▶ **MasAgro aprovecha el potencial genético de la biodiversidad**

▶ **Campañas de información al cuidado del suelo: “Chiapas No Quema” y “Suelo cubierto, más rendimiento”**

Más cerca
01800 4627247



<http://conservacion.cimmyt.org>



Twitter

@ACCIMMYT



Facebook

www.facebook.com/accimmyt



Youtube

www.youtube.com/user/CIMMYTCAP

Año VI. Número 29
diciembre 2015 - enero 2016

DIRECTORIO

Coordinación General
Bram Govaerts

Gerente de Divulgación
Georgina Mena

Dirección Editorial
Gabriela Ramírez

Comité Editorial
Carolina Camacho
Bram Govaerts
Samuel Huntington
Victor López
Georgina Mena
Gabriela Ramírez

Corrección de estilo
Iliana C. Juárez

Diseño gráfico
Yolanda Díaz

Fotografía de portada
S. Herrera / CIMMYT



Web
Alejandra Soto



ÍNDICE

EDITORIAL

2 ESPACIO DEL LECTOR

AL GRANO

3 Reconoce OCDE a Sagarpa y CIMMYT por éxito de MasAgro en Zacatecas

5 Dan a conocer a los nuevos ganadores del Premio Mundial de la Alimentación 2015

7 En Chiapas se fomenta el extensionismo agrícola sustentable

9 Culmina la certificación Buena Milpa, Guatemala

11 Jalisco refuerza su apuesta por una agricultura inteligente

MONOGRÁFICO

13 Cambio climático y calentamiento global

15 El Hub Península de Yucatán: desarrollo de capacidades para una agricultura amigable con el medio ambiente

18 MasAgro aprovecha el potencial genético de la biodiversidad

20 Metodología alternativa para medir gases con efecto invernadero y pérdidas de amoníaco

24 Campañas de información al cuidado del suelo: "Chiapas No Quema" y "Suelo cubierto, más rendimiento"

CENTRAL

28 Recursos genéticos: una alternativa para hacer frente al cambio climático.

LA CHARLA

31 Es necesaria la protección de agricultores familiares ante el cambio climático.

DIVULGATIVO

33 Una milpa diversa e inclusiva: retos, oportunidades y avances en la intensificación sustentable en el altiplano de Guatemala

36 Hacia una producción sostenible de alimentos con la promoción de la agricultura familiar en Tlaxcala

42 Transferencia de tecnología de uso de sensores infrarrojos y potencial de uso de imágenes satelitales para la fertilización de trigo en Baja California

48 La conservación de suelos y agua, una prioridad para el aprovechamiento sostenible de los humedales

52 Evaluación de disponibilidad de iones retenidos en el suelo y determinación de fertilizantes lixiviados

TIPS

56 Encalado del suelo, alternativa para mejorar la eficiencia de suelos ácidos en la producción de maíz en las sierras de Oaxaca

FOTORREPORTAJE

62 El paso del huracán Paulina

Texto y Fotografías: Redacción.
Con información de www.sagarpa.gob.mx



Estimados lectores, como ya es costumbre, en esta temporada compartimos con ustedes experiencias y logros de cierre de año, así como expectativas y retos para el periodo que inicia. Todos juntos, desde los diferentes ámbitos, construimos una gran parte de la historia de la agricultura y nos vinculamos día a día con ella.

Parte de esta historia es el cambio, y en esta ocasión queremos compartirles que el programa que lidera la emisión de la revista Enlace en el CIMMYT ha cambiado su nombre a Programa de Intensificación Sustentable. De esta manera, buscamos reflejar la agenda de investigación y desarrollo que el CIMMYT y el programa ha incorporado en los últimos años en los sistemas de producción de maíz y de trigo y que consideran una visión integral del sistema de producción y la cadena de valor.

Nuestra agenda de investigación para el desarrollo e impacto incluye temas agronómicos, sociales, económicos, medioambientales y de seguridad alimentaria que demandan los retos que enfrentamos actualmente. Por supuesto, la agricultura de conservación sigue siendo clave para nosotros y la mantendremos como base de integración de los demás elementos del sistema.

El presente número, en correspondencia con las repercusiones que estamos viviendo derivadas del cambio climático, trata este tema y presenta diferentes experiencias y perspectivas de ello.

Por ejemplo, la contribución del análisis de socioeconomía dentro de los módulos demostrativos de MasAgro. Además se presenta la propuesta de los recursos genéticos como una alternativa para hacer frente a las afectaciones climáticas y compartimos con ustedes la suma de participación durante la campaña para la "No Quema" que impulsamos en el estado de Chiapas.

Así, y con la celebración de los primeros cuatro años del Programa MasAgro, llegamos al final del año 2015 con gran satisfacción por las actividades llevadas a cabo y el trabajo realizado al mismo tiempo que estamos conscientes de la importancia de los planes en el 2016.

Aprovechamos la ocasión para agradecer a los y las lectoras por su preferencia, a quienes laboran en los diferentes programas del CIMMYT por su esfuerzo, y a colaboradores, técnicos, especialistas y colegas por su apoyo constante.

Finalmente queremos desearles unas felices fiestas, un muy próspero año nuevo y que en sus hogares haya paz y armonía hoy y siempre.

Bram Govaerts,
Líder de la Estrategia de Intensificación
Sustentable para América Latina del CIMMYT.

Espacio *del* *Lector*

Valoramos tu colaboración y te invitamos a que nos envíes tus consultas, comentarios y sugerencias sobre los temas que te interesan o que se publican. Recuerda que tu participación puede ayudar.

¡Este es tu espacio!

Escríbenos a cimmyt-contactoac@cgiar.org o por correo postal a: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Programa Global de Agricultura de Conservación, Carretera México-Veracruz km 45, El Batán, Texcoco, Edo. de México.

Reconoce OCDE a Sagarpa y CIMMYT por éxito de MasAgro en Zacatecas

Mediante el asesoramiento de los técnicos se ha logrado obtener rendimientos de entre ocho y 10 toneladas de maíz, lo cual contribuye de manera sustentable a la productividad.



El director del Centro de Desarrollo de la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE), Mario Pezzini, destacó que la estrategia conjunta de la Sagarpa y el CIMMYT, Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro), impulsa la productividad y la sustentabilidad de manera efectiva. El programa, hasta el momento, tiene actividades en 30 estados de la República, donde participan alrededor de 200 mil productores, de los cuales el 21% son mujeres.

Los resultados del programa MasAgro en Zacatecas han sido exitosos, ya que impulsan la productividad y sustentabilidad en el medio rural, aseguró Pezzini. El programa que desarrollan la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), expresó el funcionario de la OCDE, ha permitido incrementar la producción entre cuatro y cinco veces en la comunidad de La Lobera, en el municipio de Teúl de González Arteaga, Zacatecas.

Expresó que MasAgro —impulsado en colaboración con la Secretaría de Campo de Zacatecas y el Proyecto Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA)— ha beneficiado a decenas de productores de maíz que radican en esta comunidad, considerada de alta marginación. El líder del programa MasAgro en el CIMMYT, Bram Govaerts, subrayó que mediante el asesoramiento de los técnicos se ha logrado obtener rendimientos de entre ocho y 10 toneladas de maíz, lo cual contribuye de manera sustentable a la productividad de la región.

Este incremento fue posible gracias a la adopción de prácticas sustentables de Agricultura de Conservación y de variedades de maíz que el CIMMYT ha seleccionado por su resistencia



El programa MasAgro ha permitido incrementar la producción entre cuatro y cinco veces en la comunidad de La Lobera.

a bajas temperaturas y potencial de rendimiento, abundó. Los técnicos de MasAgro, agregó Govaerts, también aplicaron tratamientos naturales para reducir la acidez del suelo e incrementar el contenido de nutrientes que el maíz necesita para rendir más.

El investigador puntualizó que MasAgro participa con el esfuerzo de un equipo conformado por 301 técnicos certificados por el CIMMYT en agricultura sustentable, quienes promovieron la adopción de prácticas y

tecnologías que permiten intensificar la producción de maíz y trigo de manera importante.

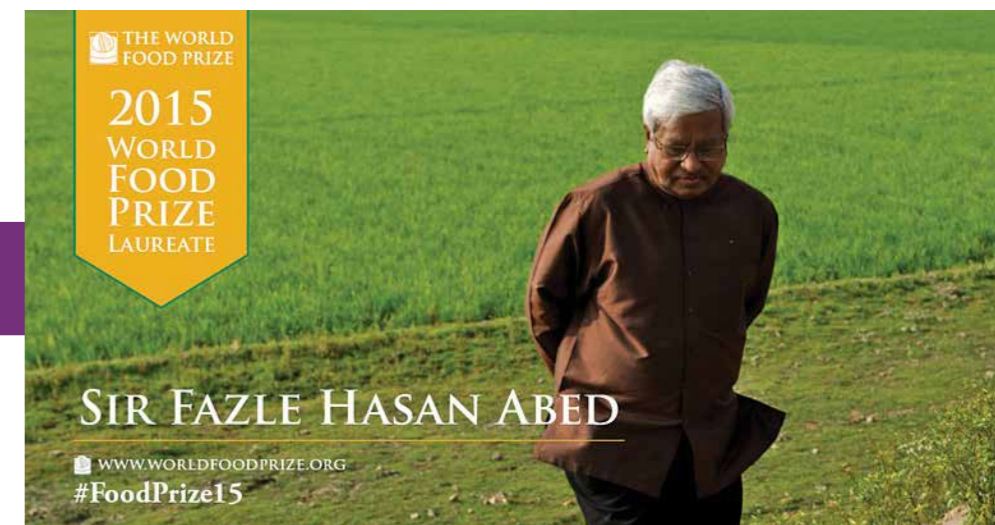
En esta localidad el cambio empezó con la agricultora Dolores Robles González, quien a sus 73 años decidió participar en MasAgro y cambiar su forma de producir maíz en una parcela de dos hectáreas. Su rendimiento pasó de dos a ocho toneladas por hectárea, por lo que los otros 35 productores de la comunidad se sumaron al programa. Además de cosechar más grano, los agricultores zacatecanos ahorraron entre dos y cinco mil pesos por hectárea con la adopción de prácticas agronómicas y tecnologías innovadoras.

Cabe señalar que, de acuerdo con el CIMMYT, los productores de temporal que participan en MasAgro han logrado aumentar su producción de maíz en promedio de 2.4 a cuatro toneladas por hectárea en diferentes regiones de México.

Texto: Con información del equipo de Divulgación del Programa de Intensificación Sustentable

Dan a conocer a los nuevos ganadores del Premio Mundial de la Alimentación 2015

“Es difícil expresar con palabras lo honrado y profundamente conmovido que estoy por este reconocimiento.”



Sir Fazle Hasan Abed, fundador y presidente de la Organización BRAC. Foto: www.worldfoodprize.org

El 16 de octubre, sir Fazle Hasan Abed, fundador y presidente de la Organización BRAC (Bangladesh Rehabilitation Assistance Committee), fue galardonado con el Premio Mundial de la Alimentación 2015 por haber dedicado su trabajo de vida a reducir la pobreza. El premio le fue conferido debido a su destacada contribución para la mejora de la producción y distribución de alimentos en el mundo para los más necesitados.

Sir Fazle, durante la ceremonia celebrada en el capitolio del estado, agradeció a todos y expresó el gran honor que sintió de recibir este premio, pero aclaró que no se le debe reconocer solo a él, sino a todos los que trabajan con la organización BRAC desde hace 43 años, ya que su esfuerzo logró presentar nuevas vías para evitar la pobreza de millones de personas en Bangladesh y otros países de África y Asia.

“Es difícil expresar con palabras lo honrado y profundamente conmovido que estoy por este reconocimiento”, dijo Sir Fazle al recibir el premio. “Los verdaderos héroes de nuestra historia son los mismos pobres y, en especial, las mujeres que luchan contra la pobreza y superan enormes retos cada día de sus vidas.”

A través de nuestro trabajo en todo el mundo hemos aprendido que los países y las culturas varían, pero las realidades, luchas, aspiraciones y sueños de las personas pobres y marginadas son similares.”

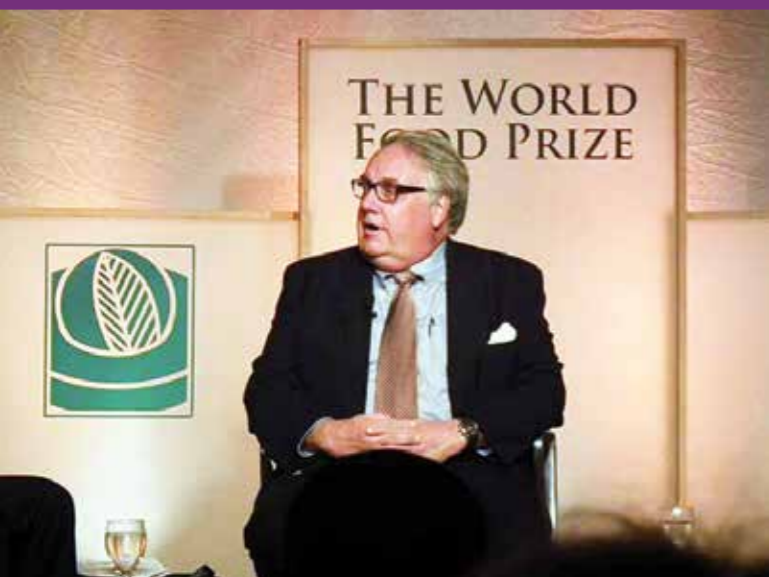
Como organización, BRAC ha contribuido al desarrollo de Bangladesh y a la reducción de 50% de los niveles de pobreza. Su esfuerzo y trabajo ha sido de tal

grado que el organismo ha ayudado a casi 150 millones de personas en todo el mundo y ha luchado por la erradicación del hambre y la seguridad alimentaria.

Por su parte, Eric B. Pohlman fue seleccionado ganador del Premio Norman Borlaug 2015, del que fuera ganador el doctor Bram Govaerts en 2014. El hoy director de la fundación One Acre Fund fue reconocido por el trabajo que ha logrado a través de ésta, con su modelo de extensión en Ruanda, donde ha contribuido con la integración de más de mil extensionistas que han apoyado a más de 130 mil familias campesinas.

Este evento contó además con diversas actividades, tales como paneles de discusión para ahondar en las soluciones a las problemáticas de cambio climático y seguridad alimentaria, donde se presentó entre las alternativas a la Agricultura de Conservación y a la agricultura de precisión, así como a las tecnologías climáticamente inteligentes.*

Ceremonia de entrega del Premio Mundial de la Alimentación.



Texto: Con información del equipo de Divulgación del Programa de Intensificación Sustentable
Fotografías: CIMMYT

HUB
MAÍZ-FRIJOL
Y CULTIVOS ASOCIADOS
CHIAPAS

AL GRANO



Hub Pacífico Sur

TÉCNICO CERTIFICADO EN
AGRICULTURA SUSTENTABLE



En Chiapas se fomenta el extensionismo agrícola sustentable

Extensionistas de Chiapas ahora ostentan el Certificado en Agricultura Sustentable, resultado de un programa intensivo de sesiones teórico-prácticas y trabajo con productores, asesores técnicos e investigadores nacionales e internacionales.

Este grupo representa la tercera generación de técnicos, agentes de cambio de la estrategia MasAgro en la región.

Como ya se percibe, en la actualidad, la agricultura enfrenta muchos y variados retos en su día a día. La degradación de los suelos, el cambio climático, la escasez de agua, el aumento en el precio de los insumos, la baja rentabilidad y la disminución en la productividad han provocado, entre otras situaciones, el abandono al campo. Ante este panorama, MasAgro busca generar capacidades en los extensionistas para difundir con los productores prácticas que incrementen sus ingresos, contribuyan a mejorar los niveles de seguridad alimentaria y cuiden el medio ambiente.

Por ello, el pasado 23 de octubre, siete nuevos extensionistas se sumaron a los 294 técnicos certificados que trabajan a lo largo del país, al recibir el documento formal que los acredita como tales. La ceremonia se llevó a cabo en Tuxtla Gutiérrez y fue presidida por la maestra Olga Osorio Hernández, jefa del departamento de Agricultura Protegida de Sagarpa, en representación de Héctor Lugo Chávez, director general de Productividad y Desarrollo Tecnológico; el M. en C. Juan Celydonio Hernández, subsecretario de Comercialización de la Secretaría del Campo del estado de Chiapas; el M. en C. Jorge Víctor Rojo Soberanes, director de Coordinación y Vinculación del INIFAP Chiapas; el ingeniero Guillermo de Jesús Moguel Gómez, secretario de Consejo de la Fundación Produce Chiapas, en representación del licenciado José Camacho



Rincón, presidente del mismo organismo; el ingeniero Víctor de Jesús Zepeda Gómez, gerente estatal de FIRCO; el ingeniero Efraín Hernández Martínez, residente estatal de FIRA; y el doctor Bram Govaerts, líder de la Estrategia de Intensificación Sustentable para América Latina del CIMMYT.

“Los técnicos certificados de MasAgro son muy apreciados. Tienen una muy buena preparación, nos da gusto que cada vez exista más capacitación para técnicos”, expresó el representante de FIRA. Por su parte, José Celydonio Hernández enfatizó la pertinencia de los extensionistas, “ya que en Chiapas se produce, sobre todo, maíz de temporal, por lo que el trabajo de los técnicos es fundamental”. “Junto con el CIMMYT estamos trazando una ruta de fortalecimiento del campo con los técnicos y las acciones de MasAgro”, comentó la representante de la Sagarpa.

Los nuevos graduados recibieron el reconocimiento que los certifica como técnicos en agricultura sustentable de manos de los representantes del presidium. Una vez terminada la entrega de certificados, se reconoció también a los productores innovadores que han trabajado mano a mano con estos extensionistas, implementando prácticas sustentables en sus parcelas, que han reducido costos de producción y han cuidado el medio ambiente.

Esta generación de técnicos certificados del Hub Chiapas se preparó durante un año mediante sesiones teórico-prácticas y trabajo con productores, asesores técnicos e investigadores nacionales e internacionales, con asignaturas de interés actual como tecnologías poscosecha, Agricultura de Conservación, sistemas de información geográfica y manejo integral de plagas y enfermedades.

A partir de ahora, en Chiapas y en la región se encargarán de impulsar las innovaciones agrícolas, como el sistema en el que se aplican las tecnologías de MasAgro, que según la UNACH, ha aumentado en México 10 veces la efectividad de la asistencia técnica.†

Texto: Con información de Buena Milpa
Fotografías: CIMMYT

AL GRANO



Guatemala



Culmina la certificación Buena Milpa, Guatemala

El doctor Roberto Rendón, investigador del CIESTAAM de la Universidad de Chapingo, realizó el taller de Redes de Innovación, que brindó herramientas para seguir fortaleciendo el vínculo entre diversos actores.

El 21 de octubre se llevó a cabo la clausura del curso intensivo de Certificación Buena Milpa, con la participación de 30 personas, entre extensionistas, docentes, coordinadores de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y de la iniciativa privada, que trabajan con el tema de agricultura en diversas comunidades rurales del occidente de Guatemala.

Esta certificación tuvo una duración de un año, tiempo en el que los participantes asistieron a sesiones periódicas de formación teórico-práctica para obtener un mejor aprendizaje y estar aptos para llevar al campo los conocimientos obtenidos en temas como: diagnóstico de parcela, manejo de redes de innovación agrícola, fitomejoramiento participativo de maíces nativos, manejo de conservación de suelos y agua, inclusión social, entre otros.

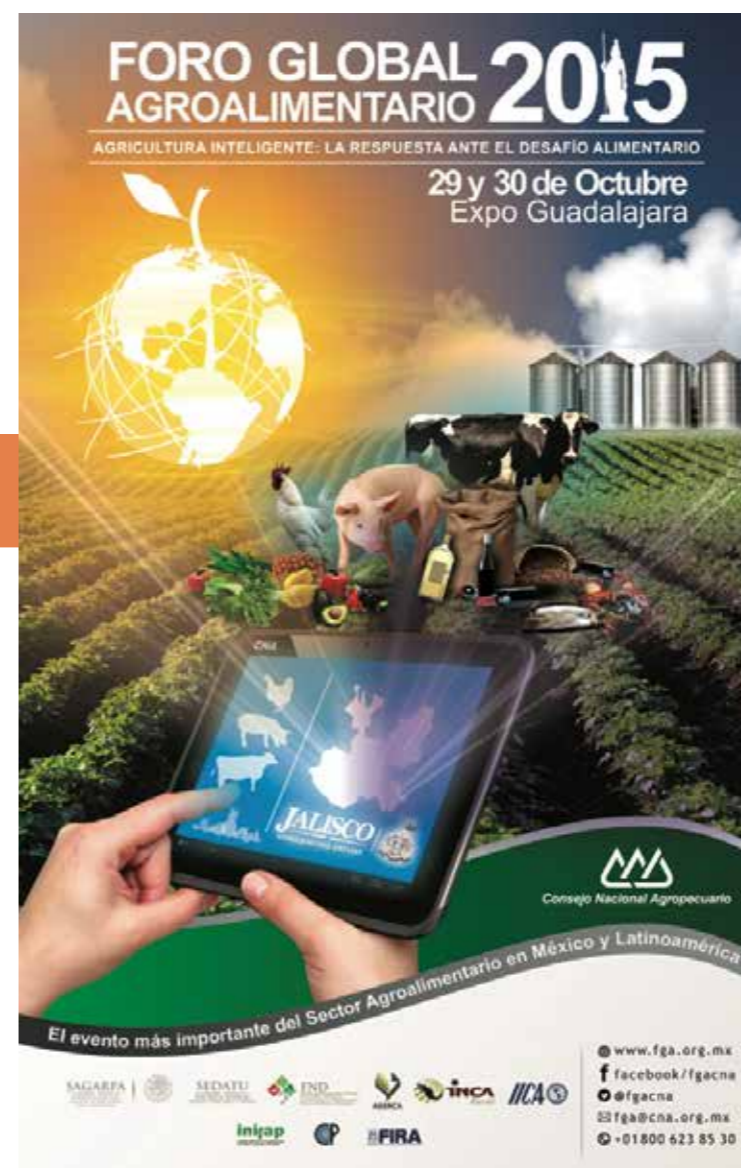
Para la culminación de esta certificación se llevó a cabo el taller de Redes de Innovación, impartido por el doctor Roberto Rendón, investigador del CIESTAAM de la Universidad de Chapingo, en el cual se dieron herramientas para seguir fortaleciendo el vínculo entre diversos actores y lograr los objetivos del Proyecto Buena Milpa.

Asimismo, se impartió el taller de Inclusión Social, el cual permitió generar conciencia acerca de la importancia de este tema para lograr mejores resul-

tados en las actividades que desempeñan los recién certificados con sus grupos meta, que en su mayoría son mujeres y hombres indígenas con un nivel bajo de educación, quienes merecen atención de acuerdo con su entorno social y cultural.



Texto: Redacción
Con información de www.jalisco.gob.mx



Los sensores de nitrógeno que se emplean en el campo del estado son un ejemplo vanguardista:
CIMMYT.

La puesta en operación de los sensores de nitrógeno en el campo jalisciense es una medida vanguardista para reducir factores de riesgo en lo económico y establecer cultivos agrícolas con un enfoque sustentable, señaló el responsable del Programa de Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional

Jalisco refuerza su apuesta por una agricultura inteligente

(MasAgro), Bram Govaerts. Su comentario fue a propósito de los sensores que se pusieron en operación en las localidades rurales de Nextipac, Tlajomulco de Zúñiga, San Sebastián del Oeste, Magdalena, Mascota y San Martín Hidalgo, en el reciente temporal del ciclo agrícola primavera-verano 2015.

Explicó que el empleo de los sensores es una herramienta de innovación tecnológica que permite la detección oportuna y precisa de la concentración de nitrógeno en las plantas de maíz y otros cultivos, con lo que se da la nutrición adecuada, no se desperdician fertilizantes ni se originan problemas indeseables en los terrenos por la acumulación en exceso de minerales nitrogenados, que se convierten en fuente de degradación de suelos.

MasAgro, en sus cuatro años de vigencia en el campo jalisciense, ya está dejando resultados concretos en la difusión de técnicas que reducen costos y que dejan mejores rendimientos, lo que redundará en un enfoque sustentable de la agricultura.

Bram Govaerts fue uno de los ponentes en el Foro Global Agroalimentario, organizado por el

Consejo Nacional Agropecuario y la Secretaría de Desarrollo Rural de Jalisco los días 29 y 30 de octubre en las instalaciones de Expo Guadalajara. El ganador del prestigiado Premio Norman Bourlag 2014 refirió que los efectos impredecibles del cambio climático plantean retos más exigentes, “ya que en la agricultura siempre vamos a tener cosas inesperadas. Es un ejercicio de riesgo. Lo que tenemos que hacer es crear suficientes grados de libertad para poder trabajar justamente con estos riesgos que tenemos identificados”.

En este contexto, abundó que MasAgro ha trabajado para incidir en los riesgos que se tienen en la actividad agrícola, por lo que se recurre a reforzar diversas variables, como las semillas de calidad, los fertilizantes adecuados y otras herramientas técnicas de gran importancia, como el empleo de los mencionados sensores.

Como datos concretos del avance de MasAgro a escala nacional, es que se ha elevado de 2.4 a 4 toneladas por hectárea el rendimiento promedio de la producción de maíz en tierras de temporal. Además de la integración de más de 40 empresas semilleras mexicanas en la proveeduría de simientes de calidad para no depender de insumos extranjeros, junto con el involucramiento de 300 técnicos especializados en su aplicación, entre otros avances debidamente medibles.¹



Cambio climático y calentamiento global

la atmósfera, la que es, a su vez, un fuerte gas invernadero. El suministro de energía, el transporte, la industria, la silvicultura (deforestación) y la agricultura también contribuyen de manera importante.

ALGUNOS DATOS

La temperatura promedio de la superficie terrestre ha aumentado 0.5 °C a partir de los comienzos del siglo xx y se han predicho incrementos de entre 1.4 y 5.8 °C entre los años 1990 y 2100. De hecho, en algunas regiones oceánicas se han registrado incrementos de hasta 2 °C. Se calcula que debido al cambio climático habrá entre 150 y 259 millones de seres humanos en calidad de refugiados.

Para 2100 se espera que el mar alcance los 66 cm arriba de su nivel actual. En la costa de Luisiana quedan cada año bajo el mar entre 100 y 130 km² de humedales.

La expansión térmica del agua por un aumento de 1 °C puede elevar el nivel del mar 60 cm, sin tomar en cuenta el derretimiento de los polos. De 1996 a 2010, la temperatura de la superficie marina subió 1 °C y se intensificó la estratificación con un menor ascenso de nutrientes. Disminuyó la cantidad de clorofila y la productividad primaria neta. Las diatomeas, dinoflagelados y coccolitoforidos dieron paso a taxones más pequeños, con lo cual colapsó la pesca de sardinas.

Los cambios climáticos registrados en la vegetación se observan mejor en donde existe un ecotono, la zona de transición entre dos tipos de vegetación; por ejemplo, ante el calentamiento, el bosque puede avanzar hacia los terrenos donde antes había tundra. Las larvas de insectos —sobre todo acuáticas— son buenos indicadores, pues son muy sensibles a la temperatura. Sin embargo, se requiere el estudio de diversos organismos, así como de microfósiles y microfósiles (composición isotópica) —polen, diatomeas—, para documentar mejor el evento.

Los pingüinos ya enfrentan problemas para anidar en suelos fangosos al derretirse el hielo. Los osos polares no pueden cazar focas por la misma razón. Dentro de unas décadas habrán desaparecido los glaciares alpinos (el del Kilimanjaro desaparecerá en 2020). Lo anterior provoca que disminuya la radiación que regresa al espacio por la reflexión del hielo. El casquete de hielo que cubre

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es definido como una transformación en el clima, atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante lapsos comparables.

Dicho cambio se atribuye principalmente al incremento en la concentración de CO₂ ambiental que en la era preindustrial era de 280 ppm y se ha elevado a 377 ppm. Otros gases con efecto invernadero son el metano, que proviene del ganado, de los fondos marinos, de la extracción petrolera y de los cultivos inundados; los óxidos de nitrógeno, provenientes de autos, incendios y composteo; y el vapor de agua.

El aumento en la temperatura, a consecuencia del CO₂, incrementa la cantidad de vapor de agua en

¹ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque. Departamento de Posgrado e Investigación; km 8, carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, México. CP 38110.

Groenlandia puede derretirse por completo, inundando extensas regiones costeras de la Florida, Yucatán, islas caribeñas y del Pacífico Sur. La disminución en la salinidad del agua cambiará la circulación de ésta en los océanos, lo cual afectará el clima.

Las plantas se mueven hacia el norte; es decir, plantas que antes crecían más al sur ya están cerca del polo norte, al irse calentando éste.

EVIDENCIAS

Los estudios indican que en el territorio mexicano se han dado cambios significativos en las tendencias de precipitación, especialmente durante el verano. La lluvia ha incrementado 1.8% en las regiones áridas y semiáridas; el número de días lluviosos ha aumentado al norte del territorio y la disminución de lluvia es más evidente en el centro y las costas del Golfo de México. En la cuenca del lago de Cuitzeo se ha registrado un aumento de la temperatura en al menos uno de sus puntos u orientaciones. En décadas se han registrado incrementos de +0.1 °C a +0.7 °C. En África subsahariana las precipitaciones se han reducido 20 a 40% y en Sudáfrica se han acentuado los regímenes húmedos y los secos.

Con respecto a los cultivos, se predice que podrían aumentar algunas cosechas, como la caña de azúcar y la soya, pero habrá disminución en otras como el arroz, la cebada y la vid. Para trigo y maíz, la respuesta depende del modelo que se use para hacer la predicción.

Esto también se refleja en la ampliación del área geográfica de algunas enfermedades, como el dengue, el cólera o la malaria, que se presenta en zonas donde antes no se tenía noticia de ellas. En cambio, se predice la baja en el número de especies polinizadoras.

Habrán huracanes más intensos. En 2005 los huracanes Katrina, Rita y Wilma alcanzaron la máxima intensidad con consecuencias desastrosas. El paso del huracán Mitch por Centroamérica mostró que los agricultores con cultivos diversificados, con uso de plantas de cobertura, cultivos intercalados y agroforestería tuvieron menos daños que sus vecinos con monocultivos. Algunas salidas para los productores podrían ser cambiar las fechas de siembra, mejoras en la gestión de suelos, conservación de la biodiversidad de los agroecosistemas o mejorar la gestión de los recursos hídricos.

La cosecha de agua de lluvia mediante represas localizadas progresivamente en las laderas detiene el material arrastrado por el agua. Una lluvia de 10 mm en un área de captación de 1 ha puede rendir alrededor de 100,000 litros de agua, si se evitan pérdidas.

Otras medidas por considerar serían plantar y conservar árboles, ya que reducen la temperatura, la velocidad del viento, la evaporación, e interceptan el granizo y la lluvia. Del mismo modo, incrementar la resiliencia de los agroecosistemas. Se pide retirar las subvenciones gubernamentales a los combustibles fósiles, mejorar la eficiencia energética, hacer uso de energía renovable, apoyar la agricultura sostenible y reducir el uso de vehículos. Estabilizar el CO₂ a los niveles actuales implica reducir las emisiones actuales en 66-83%. Se dice que hay una brecha enorme entre la evidencia científica y la respuesta política.



Ejemplos de situaciones fuera de lo normal causadas por el cambio climático en el estado.

Referencias

- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas, en: <https://goo.gl/180Qg>, consultado el 4 de noviembre de 2015.
- Díaz, C. G. (2012). El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*, XXXVII (2): 227-240.
- Méndez, G. J., Nívar, Ch. J. J., González, O. V. (2008). Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. *Boletín de Investigación Geográfica* 65: 38-55.
- Ocampo, O. (2011). El cambio climático y su impacto en la agricultura. *Revista de Ingeniería* 33: 115-123.
- Raya, P. J. C., Ramírez P. J. G., Aguirre M. C. L., Covarrubias P. J. (2015). Consecuencias del cambio climático en la agricultura. *Ciencia* 66 (1): 20-25.

Redacción: Adriana Orozco Meyer, Luz Paola López Amezcua.

Fotografías: Luz Paola López Amezcua



El Hub Península de Yucatán: desarrollo de capacidades para

una agricultura amigable con el medio ambiente

La península de Yucatán es una región conformada por los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo. Está ubicada al sur de México y se caracteriza por ser una zona con grandes extensiones de selva, clima tropical, animales endémicos en peligro de extinción y abundancia de mantos freáticos superficiales. En cuanto a producción agropecuaria, los productos más representativos son el maíz, la soya, la calabaza, la sandía, la miel y la carne de cerdo. La agricultura es de temporal en su mayoría y se enfrenta en la actualidad a un panorama de suelos pobres y erosionados, materiales de maíz no adecuados para la zona, temporales muy erráticos y plagas por monocultivo.

Históricamente dicha zona fue sede de una de las grandes civilizaciones de Mesoamérica, la maya, que tenía como principal sustento el cultivo de maíz a través del sistema de milpa, en el cual combinaban calabaza y frijol, bajo la conocida práctica ancestral de la de roza, tumba y quema. Cuenta la leyenda que el dios de la lluvia, Chaac, se enojó con los mayas y desterró las lluvias de la región, motivo por el cual fue imposible producir alimento y la situación orilló en parte al colapso de la civilización. Son varias las teorías que han tratado de dar una explicación a este declive, aunque las últimas han señalado a las sequías

prolongadas como las causantes de la extinción de la civilización maya.

A través de los años los sistemas agrícolas de esta región tuvieron algunos cambios que influyeron en las costumbres de las sociedades y en el uso de la tierra. El crecimiento de las zonas agrícolas aumentó con el incremento demográfico, y se siguió implementando el sistema de milpa con la roza, tumba y quema, en un esquema conocido como "agricultura cíclica": cuando las malezas empiezan a competir con el cultivo y la disponibilidad de nutrientes escasea, el productor deja ese terreno "descansar" y toma otro pedazo de selva,

MONOGRÁFICO



Hub Yucatán

e inicia el proceso de nueva cuenta de roza, tumba y quema. Después de 6 a 14 años de hacer este tipo de agricultura, se regresa al terreno de inicio.

Por lo anterior, la depredación de las zonas naturales es otra de las realidades que enfrenta la península. Un claro ejemplo son los incendios en las selvas de la región, que según datos de la Conafor (2005), 48% son causados por actividades agropecuarias. Debido a que las selvas capturan grandes cantidades de carbono en forma de materia orgánica, y al quemar ésta, se libera el carbono a la atmósfera, se presenta el llamado efecto invernadero (INEGI 2002), lo que hace a



las quemas agrícolas uno de los factores preocupantes de incremento en las temperaturas de la atmósfera. Es un hecho que resulta complicado producir en Yucatán sin alterar el medio ambiente, y los productores están sobreviviendo ante el cambio climático, provocado o no por ellos.

Al respecto, existen tecnologías innovadoras que, si bien no evitan alterar el medio ambiente, son amigables con éste, como es el caso de la Agricultura de Conservación. De ahí el interés de MasAgro por incursionar en esta región y promover el uso de buenas prácticas agrícolas sustentables. Por tal motivo, en 2013 MasAgro inicia con una serie de visitas a la Península de Yucatán para establecer la primera vinculación con colaboradores, que se concretó en 2014 con The Nature Conservancy (TNC), FIRA y Fondo para la Paz Campeche. TNC vincula a MasAgro con organizaciones no gubernamentales enfocadas a lo agroforestal. Posteriormente se realizó un recorrido a campo con Ecosur, a la región sur de Campeche, en la reserva de la Biosfera de Calakmul, con el fin de conocer a los productores y la relación que hay entre ellos y la conservación de la selva maya.

Fue así como se iniciaron las actividades con productores mayas, para después involucrar también a menonitas, yucatecos y campechanos. El reto se incrementó porque además de los aspectos ecológicos y productivos, se sumaron aspectos sociales, culturales y religiosos de los productores. Parte importante ha sido siempre involucrar y tomar en cuenta a los productores, compartirles las experiencias, pues al final son ellos quienes tienen la última palabra en la toma de decisiones.

Las tecnologías sustentables que han logrado implementar en el hub son:

- Agricultura de Conservación (AC)
- Tecnologías poscosecha
- Fertilización

- Análisis de suelo
- Trampas de feromonas
- Híbridos mejorados
- Siembra a doble hilera
- Calibración de sembradoras

Además del extensionismo, la capacitación a productores y técnicos ha sido otro de los pilares, pues se busca llevar la tecnología sustentable para ser adoptada y adaptada de acuerdo con las necesidades de producción de cada zona. Las capacitaciones para productores se realizaron por demanda del Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT-FIRA) para el cono sur de Yucatán en el tema de agricultura orgánica, enfocada a la siembra de maíz bajo el sistema milpa, y por demanda de Pronatura para la región oriental de Campeche, en el tema de principios básicos de AC.

Debemos resaltar que el año pasado se impartió el diplomado "Desarrollo de capacidades locales", en colaboración con el Centro de Desarrollo Tecnológico Tantakin de FIRA. El diplomado en agricultura sustentable se planeó con el objetivo de generar capacidades locales en tecnologías in-

novadoras que permitan establecer sistemas sustentables de producción agrícola, tanto a nivel de autoconsumo como a nivel de parcelas comerciales. Como parte de las actividades del diplomado en agricultura sustentable, los técnicos realizaron 18 eventos en sus parcelas, con una participación de 570 productores y 120 estudiantes.

MasAgro colaboró con Fondo para la Paz con el fin de capacitar a 420 productores en tecnologías de poscosecha en 11 comunidades de Calakmul, al sur de Campeche, en donde con un proyecto financiado por el Inca Rural, se otorgaron 426 silos, uno por familia, de esas 11 comunidades. El paso que se está dando es el establecimiento de 10 módulos para demostrar a más productores que la tecnología funciona, e iniciar así el proceso de extensión a más áreas. Los colaboradores estarán apoyando con el seguimiento técnico de las parcelas y la toma de datos para la Bitácora Electrónica MasAgro (BEM).

Actualmente, la red de colaboradores del Hub Yucatán está integrada

por representantes de ONG, despachos, financieras, centros de investigación, educación y más de 20 productores con los cuales ya se está trabajando de forma directa, que se han sumado al proyecto de agricultura sustentable, entre los cuales podemos mencionar:

- The Nature Conservancy
- INIFAP Campeche
- UACH
- CDT-FIRA
- ITChiná
- ProNatura
- Fondo para la Paz
- Universidad Autónoma de Yucatán
- Mundo Rural
- Agroenlace
- Reserva biocultural Kaxil Kiuic
- Bioextensionistas
- Grupo de productores menonitas de Santa Rosa Hopelchén

Es así como la estrategia de trabajo en el Hub Yucatán ha versado en el desarrollo de capacidades para generar adopción de tecnologías innovadoras agrícolas y contribuir al cuidado de la relación armónica que debe existir entre la producción y la conservación del medio ambiente.





Texto: Sarah Jane Hearne. CIMMYT.

Fotografías: CIMMYT.



MasAgro aprovecha el potencial genético de la biodiversidad

Los bancos de germoplasma (BG) en México y el mundo son los repositorios de la materia prima que ha sido utilizada por los mejoradores de plantas (fitomejoradores) y por los mismos agricultores, en el desarrollo de las diferentes variedades e híbridos de maíz que se cultivan actualmente.

En su caso, los fitomejoradores han hecho un gran trabajo utilizando la variabilidad genética disponible para el mejoramiento de sus cultivos. Sin embargo, hay solo unas cuantas combinaciones de esta variabilidad que pueden ser utilizadas, por lo que el acervo genético actual está disminuyendo de manera tan rápida, que es arriesgado para el bienestar futuro del ser humano y de la propia naturaleza.

Ahora bien, si queremos contribuir a la alimentación a futuro de una población en continuo crecimiento y enfrentar el reto de una producción amenazada por el cambio climático utilizando la variabilidad genética propia del maíz, tenemos que hacer uso de los recursos que se conservan en los BG. Es innegable que éstos son un tesoro repleto de variabilidad genética, pero al igual que las representaciones de tesoros en las películas, tienen complejidades que les li-

mitan a los fitomejoradores el uso de este germoplasma en forma directa.

De manera práctica respecto a los BG, los podemos imaginar como un supermercado donde quisiéramos que el cliente estuviera y seleccionara los productos que necesita. En la actualidad, si seguimos este ejemplo, los BG tienen en su estantería muchos frascos y latas, pero en ellas no se tiene el tipo de información que necesita el fitomejorador para que pueda seleccionar el germoplasma que más se ajusta a sus necesidades, están muy limitados en este aspecto. En este sentido, MasAgro Biodiversidad resuelve el problema al incorporar

información relevante en las etiquetas de esos “frascos y latas”, lo que permite la selectividad y el uso de la diversidad genética encontrada en los BG de manera efectiva y eficiente.

Mediante el uso de valiosas herramientas, como el denominado *fingerprinting* genético de última tecnología, la evaluación en campo/laboratorio de las características físicas de los componentes del BG y otros datos asociados, ya es posible identificar el germoplasma de mayor valor. El entendimiento de las bases genéticas de dicho germoplasma puede facilitar la incorporación de esta preciada variabilidad genética a las actividades del llamado proceso de premejoramiento, con lo que se les puede proporcionar a los fitomejoradores un germoplasma más refinado y con una mayor diversidad como valor agregado.

ENFERMEDAD MANCHA DE ASFALTO

La mancha de asfalto es una combinación de tres hongos que atacan a la planta de maíz y que hoy tienen un fuerte impacto en la producción de grano en más de once estados de México, entre ellos Guerrero, Oaxaca, Jalisco, Hidalgo y el Estado de México. Desafortunadamente esta enfermedad ya se presenta en fase de diseminación a escala continental, con brotes reportados en Guatemala y en Estados Unidos, con posibilidad de extenderse aún más en México y el mundo por los cambios en los patrones climáticos mundiales.

En el CIMMYT, desde el área de Biodiversidad, hemos evaluado material del BG para resistencia a la mancha de asfalto en campos de Chiapas y se tiene identificado material muy resistente a ésta. También, mediante el *fingerprinting* se han identificado muchos de los genes implicados en la resistencia a esta enfermedad y desafortunadamente se ha confirmado que la mayoría de tales genes no se en-

cuentran en el germoplasma élite del cultivo, por lo que ahora los BG son la única fuente de resistencia. Los niveles de resistencia que se encontraron representan una protección potencial con un valor de 2,200 millones de pesos para los agricultores mexicanos, tomando como base el daño evitado, además de dar seguridad al agricultor en la consecución de sus cosechas, con más y mejor calidad de grano.

Además, para poder obtener y amplificar esta resistencia se está desarrollando con los mejores materiales del BG el denominado germoplasma puente, que reúne todas las buenas características de los materiales del BG, pero que a su vez deja fuera las características negativas de estos materiales.

El trabajo realizado hasta la fecha con el germoplasma de los BG es el esfuerzo público más importante en el mundo, y este esfuerzo ha sido posible gracias a una red de alianzas internacionales que se han hecho con los principales grupos mundiales de investigación, tanto del sector público como del privado.

A través de las extensas relaciones y vínculos de MasAgro Biodiversidad (MAB) con el sector de la investigación agrícola mundial, hemos tenido la oportunidad de disponer y aprovechar la tecnología más avanzada y la capacidad de análisis de información disponibles a la fecha, y utilizarlas en las actividades propias del proyecto MAB. En este punto es necesario mencionar que ha sido muy importante para MAB haberles proporcionado el debido entrenamiento en esta área de conocimiento a los científicos de México, lo cual se sigue haciendo en forma permanente para asegurarnos de que les estamos transfiriendo un nivel de competencia adecuada y necesaria para el aprovechamiento de todos nuestros productos e información, a las instituciones mexicanas educativas y de investigación pertinentes.

Es evidente que sin la capacidad científica multidisciplinaria y las instalaciones del CIMMYT, tales como el BG, los laboratorios, las instalaciones de invernaderos y de contención, no se hubiera logrado la cantidad y calidad de resultados, datos y productos que MAB puede proporcionar actualmente a la comunidad científica mexicana e internacional.¹





Texto y Fotografías: Kathrin Grahmann
y Ana R. García. CIMMYT.

Metodología alternativa para medir gases con efecto invernadero y pérdidas de amoníaco

En campo se colocaron cinco anillos por tratamiento (tres en camas y dos en fondos); ejemplo de anillo en cama.

Los fertilizantes nitrogenados en forma de urea requieren un manejo cuidadoso al momento de ser aplicados, debido a que son muy susceptibles a ser perdidos en suelos a través de la volatilización y la desnitrificación.

La volatilización es hidrólisis causada por enzimas ureasas hasta producir amoníaco. En suelos donde la textura es arcillosa, este proceso es lento, ya que la arcilla nos sirve como adherente, el cual absorbe los iones

de amonio. Sin embargo, cuando los suelos son arenosos, al momento de llevarse a cabo la hidrólisis, los gases son desprendidos al ambiente en forma de amoníaco.

Los factores importantes que influyen en la volatilización son: la manera de aplicación del fertilizante (al voleo o inyectado), la temperatura, el pH y la textura de los suelos.

En sistemas de Agricultura de Conservación se puede reducir la volatilización cuando el fertilizante es inyectado, ya que si es aplicado al voleo queda expuesto sobre el rastrojo, el cual no posee la capacidad de absorberlo, así que se encuentra directamente afectado por la alta temperatura y la humedad, las cuales aceleran la actividad de las enzimas ureasas y, como resultado, aumenta la formación de amoníaco. Para incrementar la eficiencia del uso de fertilizante se

podría utilizar fertilizantes previamente tratados con inhibidores de enzimas ureasas, con el fin de que al momento de dar un riego o presentarse una lluvia, el proceso de descomposición de la urea sea más lento.

La desnitrificación es el proceso donde óxidos de nitrógeno (nitratos y nitritos) son reducidos por la enzima reductasa a óxido nitroso, óxido nítrico y nitrógeno molecular. Cuando se encuentran altos niveles de nitratos en el suelo, irrigación y condiciones anaerobias, los riesgos de desnitrificación son aún más altos.

Para evaluar la eficiencia del uso de fertilizante en un sistema de producción hay que evaluar los componentes de rendimiento, así como las pérdidas de gases. Para determinar la contaminación del medio ambiente se toma en cuenta el óxido nitroso, que contribuye al calentamiento global, y el amoníaco, que es un componente de la lluvia ácida.

Las dos metodologías más comunes en la ciencia agrícola para medir los gases con efecto invernadero son el sistema de cámaras cerradas (muestra tomada con jeringa y guardada en vial) analizados por cromatografía y la medición directa en campo por foto acústica infrarroja.

En la plataforma de investigación localizada en la estación del CIMMYT-Obregón se estuvieron midiendo los flujos de gases de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y amoníaco provenientes del suelo con el aparato INNOVA (Photo-acoustic multigas monitor). Las mediciones se realizaron para el ciclo de trigo 2013-2014 y 2014-2015. Para el ciclo de maíz solo se hicieron en el ciclo verano de 2014. Este aparato tiene una fuente de luz infrarroja donde la luz es absorbida por un filtro óptico selectivamente, dependiendo del gas. La luz que pasa por el filtro óptico causa cambios en el gas tanto en su temperatura como en su presión. Para cada tipo de gas, éste posee un filtro óptico diferente. Los cambios de la presión de gas se traducen después en señales acústicas, las cuales son medidas por micrófonos y son directamente proporcionales a la concentración del gas que se analiza. En campo se utilizó una batería de automóvil como fuente de electricidad.

Las mediciones se hicieron sobre tres tratamientos: labranza convencional con incorporación de rastrojo, camas permanentes con quema de rastrojo y camas

permanentes con retención de rastrojo (figura 1).

En campo se colocaron cinco anillos por tratamiento (tres en camas y dos en fondos); primero se les midió la altura para conocer el volumen del anillo; el aparato se calentó media hora antes. Las mediciones se hicieron dos veces al día, en las horas más frías, de 6 a 8 de la mañana, y en las horas más calurosas por la tarde, de 1 a 3, para obtener un promedio del día. Se medía dos a tres días por semana cuando la entrada al campo era posible, para extrapolar los flujos de todo el ciclo. Había días importantes durante el ciclo en los cuales se esperaba obtener cambios significativos en los flujos de gases: después de las fertilizaciones, de los riegos, de la siembra y de la cosecha. Debido a que en la plataforma se cuenta con suelo tipo Vertisol, fue imposible medir inmediatamente después de los riegos, para evitar la compactación y destrucción de las camas. Cabe mencionar que es necesario cortar las plantas del cultivo y malezas dentro y alrededor de los anillos para evitar que se mida la respiración de éstas.

Para comenzar con las mediciones, al anillo se le colocaba una tapa conectada al aparato mediante mangueras



Figura 1. Izquierda: se observa un anillo colocado sobre camas convencionales con incorporación de rastrojo; centro: el anillo es colocado sobre camas permanentes con rastrojo quemado; derecha: sobre camas permanentes con retención de rastrojo.

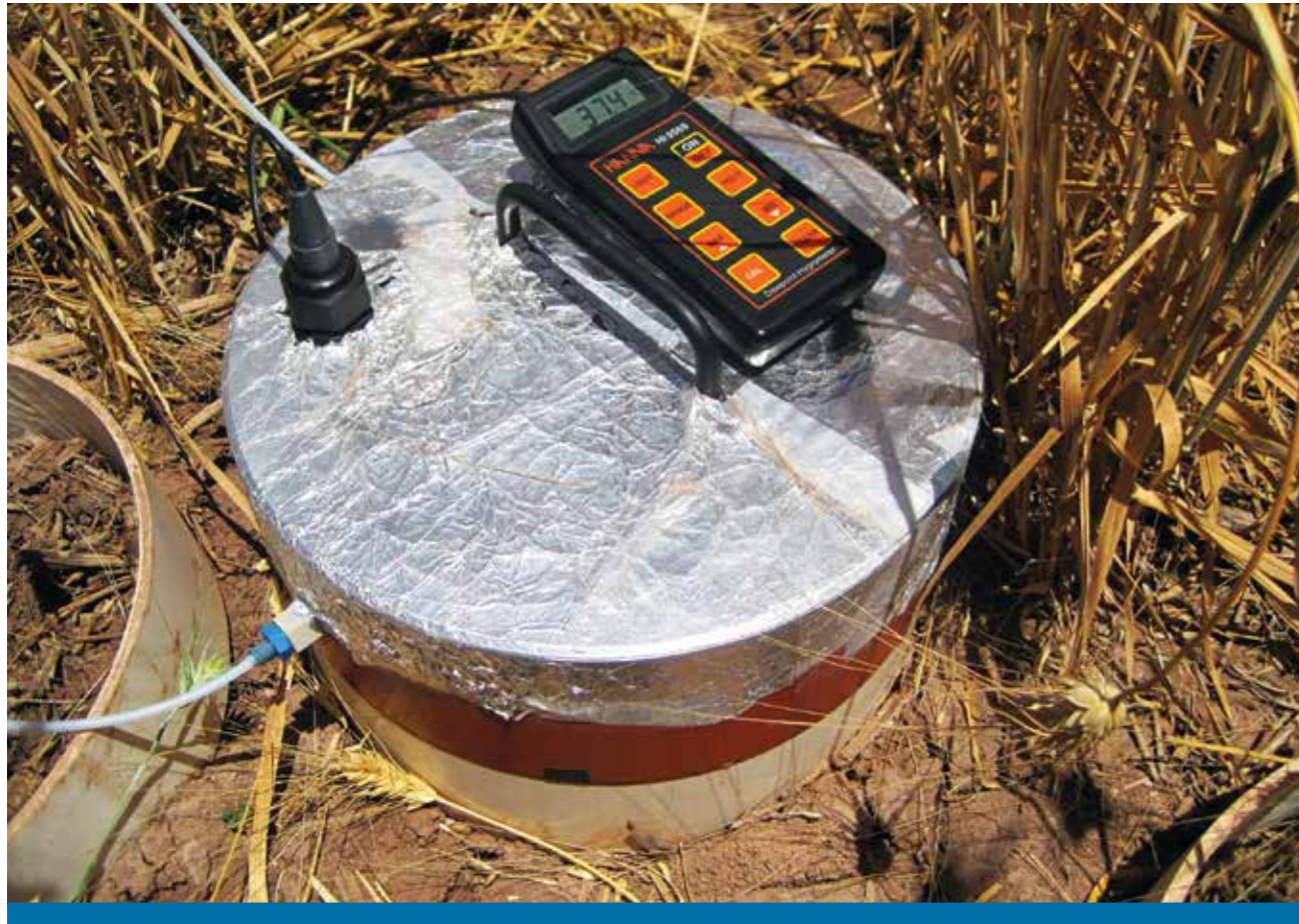


Figura 2. Anillo cubierto con la tapa envuelto en papel aluminio y conectado con el higrómetro.

(para poder succionar los gases que se desprendían del suelo); se obtenía el flujo entre cada medición. Cada vez que la muestra era succionada tomaba un minuto analizarla. Sobre cada anillo se hicieron las mediciones cuatro veces sin quitar la tapa. Después de cada cuatro mediciones se hacía limpieza de la tapa con aire del ambiente durante un minuto, para continuar con el muestreo del anillo siguiente. A la misma tapa se le conectó un higrómetro (figura 2), el cual medía la temperatura y la humedad del ambiente. Durante los cuatro minutos de mediciones se acumulaban los gases que al final daban la curva y su gradiente representaba la emisión por minuto. El aparato no se apagó durante todas las mediciones de los tres tratamientos, por lo cual se le llama muestreo

continuo. Se utilizaron otros dos aparatos, los cuales medían la temperatura y la humedad volumétrica del suelo al mismo tiempo que se hacía el muestreo de gases para encontrar correlaciones entre concentración de gases y factores ambientales. Para evitar el sobrecalentamiento del aparato, se le colocó un forro de hielo seco y la tapa se forró con papel aluminio.

Los datos de los flujos de gases emitidos del suelo se almacenaron de forma digital en el aparato INNOVA, el cual incluye un software para configurar, descargar y graficar los datos. Luego se extrajeron los datos de los archivos y se guardaron en archivos Excel (.xlsx), junto con las mediciones de humedad y temperatura correspondientes a cada anillo, para calcular los flujos de gases del minuto 1 al 3.

En la figura 3 se observa una curva representativa de las mediciones que se hacían en campo. Como se puede ver, de las 6 a las 6:30 a.m. no hay fluctuación en la curva, ya que es el tiempo de calentamiento. Después de las 6:30 a.m. aparecen 15 picos que representan los 15 anillos, donde aumenta el dióxido de carbono y el vapor de agua. No se puede observar las fluctuaciones de amoníaco y óxido nítrico porque las mediciones tienen escalas diferentes. El rango de las mediciones de dióxido de carbono fue entre 500 y 650 partes por millón (ppm). Para el óxido nítrico era de 0.16 a 0.27 ppm, para metano era de 9.5 a 16 ppm y para el vapor de agua era de 1.62 a 1.92%. Para las mediciones del amoníaco en este día, las concentraciones eran insignificantes (figura 3).

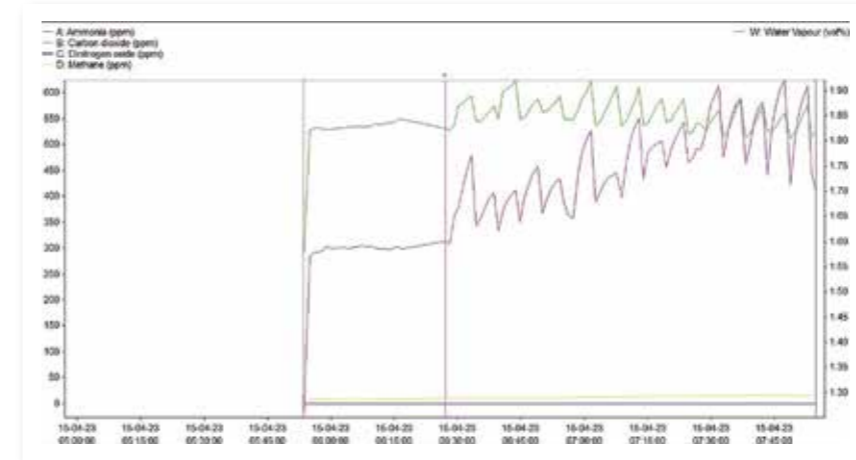


Figura 3. Curva promedio de una medición realizada en la mañana del 23 de abril de 2015. Todos los resultados son presentados en partes por millón (ppm).

Una posible fuente de error cuando se está realizando el muestreo en campo es la humedad en el ambiente, tanto los anillos como la tapa tienen gotas de rocío en las mañanas, lo que puede provocar que el amoníaco se adhiera al agua, dándonos como resultado niveles bajos del mismo. Para evitar la subestimación del amoníaco se secan los anillos y la tapa antes de cada medición. Además, el aparato es muy sensible al movimiento, lo cual implica manejo cuidadoso, ya que el movimiento influye sobre los micrófonos, que traducen la señal óptica a la señal acústica, dando como resultado valores erróneos.

Es importante que las mediciones se hagan a temperatura constante del ambiente, ya que si ésta aumenta o disminuye rápidamente durante la medición, los valores obtenidos no serán representativos. Por lo tanto, el número de las mediciones debe ser limitado.

Figura 4. Colocación de anillos, aparatos y tabla en campo.



Referencias

Grahmann, K., Verhulst, N., Buerkert, A., Ortiz-Monasterio, I. y Govaerts, B. (2013). Nitrogen use efficiency and optimization of nitrogen fertilization in conservation agriculture. *CAB Reviews*, 8, 1-19.

Predotova, M., Gebauer, J., Diogo, R. V., Schlecht, E. y Buerkert, A. (2010). Emissions of ammonia, nitrous oxide and carbon dioxide from urban gardens in Niamey, Niger. *Field Crops Research*, 115(1), 1-8.

Rosenstock, T. S., Diaz-Pines, E., Zuazo, P., Jordan, G., Predotova, M., Mutuo, P., ... y Butterbach-Bahl, K. (2013). Accuracy and precision of photoacoustic spectroscopy not guaranteed. *Global Change Biology*, 19(12), 3565-3567.

Tirol-Padre, A., Rai, M., Gathala, M., Sharma, S., Kumar, V., Sharma, P. C., ... y Ladha, J. (2014). Assessing the performance of the photoacoustic infrared gas monitor for measuring CO₂, N₂O, and CH₄ fluxes in two major cereal rotations. *Global Change Biology*, 20(1), 287-299.

Como se mencionó, no se pudo entrar al día siguiente del riego, pero con ayuda de tablas de madera fue posible tener el acceso al campo al cuarto o quinto día (figura 4).

El costo del aparato es de aproximadamente 60,000 dólares, lo cual limita su uso común en parcelas demostrativas.

El aparato INNOVA, basado en el sistema de control de gas infrarrojo fotoacústica es una herramienta práctica, precisa y una alternativa adecuada a la metodología tradicional de cromatografía de gases. Para obtener resultados correctos se requiere de conocimiento y entrenamiento para utilizar el equipo.

Con la ayuda de esta metodología en campo será posible evaluar el efecto del manejo de rastrojo y la contaminación de gases con efecto invernadero al medio ambiente por causa de la fertilización.



Texto: Abraham Menaldo, Ángel Aguilar
García y Luz Paola López Amezcua. CIMMYT
Fotografías: CIMMYT

Campañas de
información al
cuidado del suelo:

“Chiapas No Quema”
y “Suelo cubierto,
más rendimiento”

El 2015 ha sido decretado por la FAO el Año Internacional de los Suelos; es decir, el año en que asociaciones civiles, gobierno y centros de investigación enfocados en la agricultura centran sus acciones para combatir la desertificación y mejorar la salud de los suelos. En México, una de las acciones que encabezó MasAgro fue la organización de dos campañas de información para promover el uso del rastrojo en las parcelas de los estados de Chiapas y Oaxaca. Una campaña de información es un ejercicio en el cual se vinculan diferentes medios de comunicación y áreas para alinearlos a posicionar un mismo mensaje por un tiempo determinado, tomando en cuenta las necesidades y características de la región de trabajo.

La primera campaña que se organizó durante los meses de marzo a mayo fue “Chiapas No Quema”, que tuvo la finalidad de sensibilizar a los productores y los técnicos agrícolas en el estado de Chiapas sobre los efectos devastadores que acarrea la quema del rastrojo y los riesgos de los incendios que puedan ocurrir debido a esta práctica. Adicionalmente, se promovió como práctica alterna el uso del rastrojo en la parcela para obtener sus múltiples beneficios.



El tema de la quema agrícola es de suma importancia para la agricultura sustentable en México. Según datos de la Comisión Nacional Forestal de México (Conafor), 40% de los incendios forestales tiene su inicio en parcelas agrícolas, esto debido prin-

cipalmente a la práctica de la quema desproporcionada. Los incendios forestales emiten gran cantidad de contaminantes que favorecen el calentamiento global y el cambio climático que ya afecta a la producción de alimentos. Tan solo en Chiapas, durante 2014 se presentaron sequías de más de 45 días, que provocaron pérdidas totales en la producción. De ahí la importancia de erradicar esta práctica y proponer soluciones sustentables que sean amigables con el medio ambiente.

Con base en un sondeo que se llevó a cabo entre MasAgro Móvil y el área de divulgación del Programa de Agricultura de Conservación, sede México, del CIMMYT, se identificó la problemática, dudas y dificultades que enfrentan los productores en cuanto al manejo de rastrojo. Con los resultados obtenidos se crearon mensajes dirigidos a las inquietudes que los usuarios manifestaron. Por medio de estos mensajes, los productores y técnicos usuarios de MasAgro Móvil, radioescuchas o seguidores de las redes sociales, pudieron aprender acerca de los beneficios de no quemar y dejar el rastrojo en la parcela, como reducción de la incidencia de maleza, aporte de materia orgánica, incremento de la fauna benéfica, reducción de la erosión del suelo y conservación de la humedad.



Por otro lado, en los meses de mayo a junio de 2015 se realizó la campaña "Suelo cubierto, más rendimiento" en el estado de Oaxaca, lugar con una marcada diversidad de climas, ecosistemas y sistemas de producción agrícola. Muestra de ello son las ocho regiones que lo conforman: Valles Centrales, Mixteca, Cañada, Papaloapan, Istmo, Costa, Sierra Sur y Sierra Norte; aunque éstas tienen diferencias, comparten un rasgo en común: mantienen una producción agrícola, en su mayoría en laderas y lomeríos, por lo que han desarrollado una gran cantidad de suelos sin ningún tipo de cobertura o protección ante el aire y el agua.



Ante esto, los rastrojos constituyen una parte fundamental para la implementación de la Agricultura de Conservación. Al dejarlos como cobertura de la parcela, en combinación con la ausencia de labranza, aportan beneficios que impactan en la estructura del suelo y en el manejo agronómico del cultivo. Para esta ocasión los temas que se dieron a conocer fueron los beneficios de la cobertura de rastrojo, el contexto agrícola de Oaxaca y la importancia del rastrojo en estas condiciones, tips técnicos para el manejo de rastrojos, la nutrición del ganado con residuos de cosecha y testimonios de técnicos y productores sobre los beneficios de la cobertura de rastrojo.

Es importante que las comunidades se sientan identificadas y apoyadas con las campañas de difusión, pues el motor de estas iniciativas es la curiosidad por acercarse e implementar las recomendaciones que incrementarán el rendimiento del sector agrícola en estas regiones. Así que como parte de las actividades, las campañas fueron adecuadas a las características de las regiones donde entrarían en acción, incorporando una identidad para cada puesta en escena. En Chiapas se adoptó como símbolo los cerillos cruzados en contra de la quema de residuos, y en Oaxaca, la pata de maíz como invitación para obtener los beneficios de la cobertura con rastrojo.

En ambas campañas los temas fueron transmitidos a través de redes sociales, mensajes de MasAgro Móvil, entrevistas en la radiodifusora "Ecos del Viento" de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos In-

dígenas, Chiapas; artículos en un periódico local y una serie de notas publicadas en el *Boletín EnLace*. Además de los medios de comunicación, las campañas tuvieron un componente en campo importante que se impulsó gracias a la red de colaboradores de MasAgro, entre los cuales se cuentan instituciones, organizaciones, despachos y prestadores de servicios, quienes participaron activamente en las campañas de información con la generación de mensajes y difusión de la campaña.

Con estas iniciativas de información, el CIMMYT se suma a los esfuerzos que se llevan a cabo este año para evitar daños en el suelo, y en el fomento de tecnologías amigables con el medio ambiente para lograr una producción agrícola sustentable a través de información sensible y asesoría técnica permanente.



Texto y fotografías:
MasAgro Biodiversidad. CIMMYT.*



Recursos genéticos: una alternativa para hacer frente al cambio climático

Evaluación de la tolerancia al calor del panel de asociación (colección núcleo) de líneas criollas de México y de tres poblaciones diseñadas para análisis genéticos, por los doctores Pedro Figueroa López (INIFAP) y Sukhwinder Singh (CIMMYT) (derecha). Ciudad Obregón (CENEB), Sonora, 14 de abril de 2014.

En México, la demanda de harina de trigo ha aumentado en los últimos años y se espera que esta tendencia continúe. En 2013 se importaron 4.5 millones de toneladas de trigo para satisfacer la demanda total nacional de 7.7 millones de toneladas (SIAP). Sumado a esto, los efectos del cambio climático y la cada vez menor disponibilidad y elevado costo de la tierra, el agua, los recursos energéticos y los fertilizantes constituyen fuertes desafíos por superar en la búsqueda de la seguridad alimentaria. En este sentido, México está considerado uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático. Estudios recientes basados en modelos climáticos presentan escenarios donde se sugiere que el

clima será más seco y más caliente (IPCC 2001), y se considera que el cambio climático aumentaría la frecuencia y severidad de las sequías, con efectos mayores en las zonas áridas. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) señaló que la sequía observada en México en 2011-12 fue la peor ocurrida en siete décadas, cuando se reportaron pérdidas financieras millonarias en la producción agrícola. Esta prolongada sequía afectó más de 70% del territorio nacional y disminuyó los ingresos agrícolas en estados como Coahuila, Aguascalientes, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Zacatecas y Durango. Sumado a esto, el aumento de las temperaturas se ha identificado como uno de los factores que reducirá considerablemente la producción. El modelo CERES-Wheat (Lobell *et al.*, 2008) reporta que puede ser entre 7 y 12% la pérdida de rendimiento en el noroeste de México por cada grado centígrado de aumento de la temperatura media, por lo que para hacer frente a estos problemas y garantizar la seguridad alimentaria, es prioridad encontrar los recursos genéticos que permitan mejorar el rendimiento de las variedades de trigo que usan actualmente los agricultores.

Para los desafíos enumerados, existe evidencia sobre la variabilidad en la respuesta a condiciones desfavorables o estreses de las plantas, encontrándose todo un gradiente desde susceptibles hasta tolerantes. La tolerancia a la sequía

y/o altas temperaturas se define como la capacidad de las plantas para crecer y tener rendimientos económicamente aceptables bajo condiciones de escasez de agua en el suelo y/o calor. Los diversos mecanismos que las plantas presentan para tal tolerancia incluyen cambios fenológicos (los relativos a los días necesarios para alcanzar espigamiento y madurez), morfológicos, fisiológicos y moleculares, existiendo una gran variabilidad genética en la expresión de estos mecanismos de tolerancia. La caracterización de esta variabilidad genética permite la mejora de las variedades a través de la correcta combinación de mecanismos de tolerancia. Estudios previos demuestran el potencial para lograr una acción genética acumulativa, que permitiría elevar los rendimientos mediante la combinación de caracteres de tolerancia (Reynolds *et al.*, 2007).

Uno de los objetivos del Programa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro), que impulsa la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) a través del componente MasAgro-Biodiversidad, es la caracterización genotípica y fenotípica de las líneas de trigo y el estudio de la diversidad contenida en bancos de germoplasma, así como el desarrollo de metodologías que faciliten el uso de estos recursos genéticos y la generación de poblaciones premejoradas que estén a disposición de los mejoradores, actuando como puente de materiales genéticos entre el banco de germoplasma y las variedades modernas. Las herramientas y

datos generados ofrecen alternativas novedosas para una mejor, más rápida y más eficiente utilización de los recursos genéticos por parte de los mejoradores de trigo, lo que aumenta las ventajas de su uso y reduce costos en el proceso de generación de variedades, al emplear nuevas fuentes de diversidad.

El germoplasma evaluado en MasAgro incluye diversos materiales o líneas, destacándose el grupo de líneas criollas de México, que se consideran derivadas de los trigos traídos desde España a México en la época colonial. Estos materiales tienen gran potencial en la búsqueda de recursos genéticos para adaptación a climas extremos (sequía, calor), por el largo periodo de selección natural

Evaluación de la tolerancia al calor del panel de asociación (colección núcleo) de líneas criollas de México y de tres poblaciones diseñadas para análisis genéticos. Vista general del ensayo. Ciudad Obregón (CENEB), Sonora, 14 de abril de 2014.



* Para consultas: Carolina Saint Pierre, c.saintpierre@cgiar.org, 595 114 9327.

y del agricultor que han sobrellevado después de permanecer por tantos años en ambientes subóptimos para el trigo. También se han caracterizado poblaciones diseñadas específicamente para análisis genéticos, por ejemplo, para la identificación de secuencias genéticas responsables de respuestas de tolerancia a estreses.

La caracterización fenotípica se basa en la descripción de cómo uno o más caracteres medibles se manifiestan en cada accesión particular, de acuerdo con la información genética que tienen (genotipo), el ambiente donde se cultivan y la interacción entre el genotipo y el ambiente. Los ensayos de evaluación de respuesta a la sequía y altas temperaturas se sembraron en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB), de Ciudad Obregón, Sonora, en un trabajo conjunto entre el INIFAP —en ensayos coordinados por los doctores Pedro Figueroa López y Guillermo Fuentes Dávila— y el CIMMYT —en ensayos coordinados por el doctor Matthew Reynolds.

Estos ensayos permitieron la identificación de las accesiones destacadas por su respuesta a condiciones de estrés por sequía y altas temperaturas. Asimismo, permitirán el análisis detallado de la información genotípica y fenotípica generada, lo que contribuye a la identificación de regiones génicas potencialmente asociadas a la respuesta a estreses abióticos. Las líneas destacadas fenotípica y genéticamente más diversas son candidatas a incorporarse en bloques de cruzamientos y utilizarlas como líneas progenitoras donadoras de caracteres de tolerancia al estrés. Los datos generados estarán a disposición de los mejoradores de trigo, de manera que se les facilite el uso de los recursos genéticos en sus propios programas de mejoramiento.

Como resultado de las actividades en el CIMMYT-Ciudad Obregón, se desarrollaron protocolos para la caracterización en ensayos de un gran



Evaluación de la tolerancia a la sequía del panel de asociación (colección núcleo) de líneas criollas de México y de tres poblaciones diseñadas para análisis genéticos. Vista general del ensayo (1), parcelas mostrando la diversidad de accesiones (2) y trabajos de cosecha (3). Ciudad Obregón (CENEB), Sonora, 11 y 14 de abril de 2014.

número de accesiones, que consideraron: (i) el uso de diseños experimentales que contemplaron la diversidad ambiental o espacial (diseños aumentados con testigos repetidos); (ii) el empleo de datos de pasaporte (los datos del sitio donde se recolectó la semilla original) y la información previa de las accesiones, con el propósito de ordenarlas en grupos con fenología similar; y (iii) el desarrollo de métodos de fenotipado o caracterización a gran escala (mediante plataformas de sensores remotos). Este último punto es de vital importancia, ya que la identificación de las mejores accesiones, tolerantes a estreses como la sequía y las altas temperaturas, representa un desafío para los programas de mejoramiento, especialmente cuando los grupos de accesiones son muy diversos y numerosos. Los métodos de fenotipado o caracterización utilizados en estos estudios deben ser rápidos, económicos y mostrar alta correlación con la respuesta de la planta en condiciones de estrés.

Con los aportes de las nuevas tecnologías aumenta la eficiencia y los beneficios del mejoramiento de plantas, al reducir el tiempo y los costos asociados al proceso de generación de nuevas variedades, lo que contribuye a la seguridad alimentaria a escala local y global. De esta manera, los recursos genéticos entran en acción; es decir, la diversidad genética conservada en los bancos de germoplasma no se trata como si éste fuera un museo, sino que se genera información dirigida a entender estos valiosísimos recursos y hacer uso de ellos en forma rápida, económica y eficiente. ▶

Referencias

- ipcc, Third Assessment Report (cc). Climate Change, 2001: http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/.
- Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P. y Naylor, R. L. (2008). Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* 319: 607-610.
- Reynolds, M. P., Saint Pierre, C., Saad, A. S. I., Vargas, M. y Condon, A. G. (2007). Evaluating potential genetic gains in wheat associated with stress-adaptive trait expression in diverse germplasm under drought and heat stress. *Crop Science* 47: S-172-189.



El cambio climático y sus consecuencias están afectando seriamente a los agricultores familiares. Ya se ha dicho en diversas ocasiones que en manos de este sector está una importante responsabilidad para garantizar la seguridad alimentaria; sin embargo, en muchas ocasiones no cuentan con los recursos y apoyos para hacerles frente a los estragos del cambio climático.

Éste es un tema que se discutió en el último Foro Internacional de Agricultura de Conservación que se llevó a cabo en el Senado de la República.

Ahí platicamos con María Graciela de la Rosa, senadora y presidenta de la Comisión de Agricultura en Argentina, quien nos dijo cómo, desde la trinchera legislativa, han trabajado no solo para brindar protección a los agricultores familiares, sino para dar incentivos a quienes realicen prácticas sustentables que no dañen el ambiente.

Revista Enlace (AC). - ¿Senadora, qué es lo más importante de la ley aprobada recientemente en Argentina sobre la agricultura familiar?

María Graciela de la Rosa (MG). - En Argentina hemos aprobado la ley 27.118 sobre la agricultura familiar,

Es necesaria la protección de agricultores familiares ante el cambio climático

campesina e indígena. Se trata de una ley revolucionaria porque tiene todos los aspectos para la promoción de la agricultura familiar y estamos ahora en proceso de reglamentación.

Nos sentimos muy complacidos, la ley tuvo un paso muy rápido por el Congreso Nacional, aunque claro, tuvo muchos años de trabajo previo de redes, organizaciones campesinas y pueblos originarios. La ley fue votada por unanimidad y se trata de una legislación muy amplia que da mandatos a distintos organismos públicos para que incorporen la temática de la agricultura familiar en distintas políticas públicas.

AC. - ¿Cómo beneficia esta ley a los agricultores familiares en Argentina?

MG. - Los reconoce como sujetos de derechos, se otorgan beneficios, este año hay un fondo de 50 millones de dólares y la ley contempla beneficios para éste sector en producción, comercialización, tenencia de la tierra, infraestructura y educación rural, por ejemplo.

AC. - ¿Contempla esta ley a las mujeres?

MG. - Sí, claro, uno de los objetivos es contribuir a eliminar las brechas y estereotipos de género, asegurando la igualdad de acceso entre varones y mujeres a los derechos y beneficios consagrados por la presente ley, adecuando las acciones concretas e implementando políticas específicas de reconocimiento a favor de las mujeres de la agricultura familiar.

Hay que recordar que las mujeres rurales en Argentina, como en México y en cualquier parte del mundo son unas guerreras. Y en mi país, ellas tuvieron una fuerte incidencia para la aprobación de la ley.

AC.- ¿Y cómo contempla esta ley la situación que viven actualmente las y los agricultores familiares ante el cambio climático?

MG.- Bueno, la ley señala que el ministerio diseñará e instrumentará programas de incentivos a los servicios ambientales que aporte la agricultura familiar, campesina e indígena con procesos productivos que preserven la base ecosistémica de sus respectivos territorios.

Estos incentivos consistirán en subsidios directos; multiplicación del monto de microcréditos y fondos rotatorios, desgravación impositiva y créditos del Banco de la Nación y tasas subsidiadas.

Además, establece que se instrumentarán políticas con métodos sustentables, priorizando las prácticas agroecológicas con el fin de preservar, recuperar y/o mejorar las condiciones de la tierra, especialmente de la productiva. Se complementarán los mapas de suelos ya existentes a escala nacional y de las provincias, con énfasis en las necesidades de la agricultura familiar, campesina e indígena.

También se establece que se diseñarán y ejecutarán planes de prevención, mitigación y restitución frente a las emergencias y catástrofes, tales como sequías, inundaciones y otros, tomando las previsiones que garanticen la atención prioritaria del agricultor familiar en esta situación. Los



procesos de deterioro de suelos que avanzan hacia la desertificación serán atendidos como emergencias y catástrofes.

Es necesario hablar de este tema, ya que los agricultores familiares necesitan de la ayuda del Estado, pero también de insumos y capacitación para enfrentar las consecuencias de cambio climático.*



Texto y Fotografías:
Nadia Rivera y Rachael Cox.

Para asegurar que las mujeres puedan lograr una mayor participación e integración en el Proyecto Buena Milpa, el equipo ha diseñado e implementado actividades especiales para niños, para que sus madres puedan aprovechar más su participación en eventos de Buena Milpa.

Una milpa diversa e inclusiva: retos, oportunidades y avances en la intensificación sustentable en el altiplano de Guatemala

INTENSIFICACIÓN SUSTENTABLE

Con el reciente cambio de nombre del programa de Agricultura de Conservación al nuevo de Intensificación Sustentable, surgen demasiadas dudas de lo que realmente implica este cambio. Intensificar la producción se refiere a hacer más productiva la misma área de trabajo; hacerlo de manera sustentable quiere decir que se desarrolla sin impactos negativos en el ambiente. La estrategia no busca

expandir producción agrícola a terrenos donde se conservan recursos naturales, sino que lo que se busca es que con el poco terreno agrícola que se posea, se produzca la cantidad de alimentación necesaria para una población en crecimiento.

RETOS PARA LA INTENSIFICACIÓN SUSTENTABLE EN EL ALTIPLANO DE GUATEMALA

En el contexto del proyecto Buena Milpa (USAID Feed the Future Guatemala), la intensificación sustentable es un reto obligatorio que se debe lograr. Los terrenos del área de trabajo del proyecto tienen un promedio de 0.3 ha con un rango de 0.17-0.6 hectáreas por familia. Las familias de la zona están formadas por un promedio de seis personas, lo que deja al descubierto que existe una presión muy alta por el uso de tierras.

Con la estrategia de Buena Milpa se busca aumentar la diversificación alimentaria de las familias mediante la diversificación de cultivos en sus propias parcelas (foto 1), el mejoramiento de maíces nativos y el manejo de suelo mejorado. Los cambios agrícolas no suceden rápidamente y, por eso, el proyecto Buena Milpa reconoce la importancia de trabajar en crear un ambiente propicio para el cambio agrícola, tomando en cuenta las diversas culturas y agroecosistemas de la región. Los retos de lograr seguridad alimentaria y disminuir la malnutrición son grandes, especialmente en un contexto minifundista.

Foto1. Diversidad de cultivos



COMUNICACIÓN CON CONCIENCIA SOCIAL

Para lograr los objetivos del Proyecto Buena Milpa se ha implementado una estrategia de comunicación social que reconoce los retos de llegar a tener impacto en poblaciones de productores desempoderados, muchas veces analfabetas, y que en un gran parte no hablan español. Específicamente por diferentes medios apropiados y ajustados para diferentes grupos para sensibilizar a los grupos meta agricultores, extensionistas y coordinadores de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, y de la iniciativa privada que realizan esfuerzos conjuntos para aumentar la sustentabilidad en sistemas de maíz del altiplano de Guatemala.

El fin principal de contar con esta estrategia es informar y concientizar a la población y grupos meta sobre las apuestas del Proyecto Buena Milpa. Para lograrlo se utilizan diversos mecanismos, como analizar cada contexto de acción para adecuar la información mediante el empleo de un lenguaje sencillo y común, lo que permite que personas que hablan poco español pueden sentirse incluidos en las actividades. También se promueve la divulgación y la difusión de materiales escritos y audiovisuales traducidos a distintos dialectos mayas (mam, K'iche', popiti, entre otros), según el contexto cultural al que se busca llegar (foto 2).

UNA MILPA INCLUSIVA

Las acciones del Proyecto Buena Milpa se desarrollan en una zona donde la mayoría de sus habitantes pertenece a una de las etnias de la cultura maya, quienes han sido históricamente marginados y excluidos de los procesos de desarrollo. En respuesta se ha implementado una estrategia de inclusión social que permita fomentar la participación de pueblos indígenas, mujeres, niños, jóvenes y adultos mayores, a través de

identificar, priorizar y accionar desde sus procesos sociales el empoderamiento y nuevas formas de relación, con la finalidad de beneficiar a todos los involucrados en los sistemas de producción de maíz. Se establecen alianzas con otros actores con el objetivo de impulsar mecanismos que abarcan actividades para generar información de sensibilización sobre formas de exclusión social, informar y sensibilizar a actores locales sobre las dinámicas sociales que limitan la inclusión y facilitar métodos y herramientas sobre inclusión social a actores clave.



Foto2. Agricultoras reciben materiales sobre razas de maíces nativos y pasos importantes para lograr 'una buena milpa', adaptados a la población de productores que en general no leen ni hablan español.



Foto 3. Certificación Buena Milpa. Grupo de extensionistas de diversas organizaciones culminaron el ciclo de capacitación. Ahora están listos para implementar las acciones que forman la teoría de cambio (foto 4) en busca de mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición y aumentar la sustentabilidad en sistemas milpa del occidente.

AVANCES HACIA LA BUENA MILPA

Con un año de trabajo, el proyecto Buena Milpa ha avanzado en fortalecer y crear redes de innovación alrededor del tema milpa y seguridad alimentaria, ampliar una base de extensionistas dedicados a trabajar en sistemas milpas, e identificar oportunidades de tecnologías y prácticas sustentables para diferentes agroecosistemas del altiplano. Se ha avanzado en construir reservas comunitarias de semillas nativas, a la vez conectando y fortaleciendo una red de reservas comunitarias por el altiplano en una red de diversos actores. Hemos profundizado capacidades para la innovación y trabajo en equipo entre diferentes organizaciones y actores.



Texto: Karla List y Aarón Gaona. SEFOA

Hacia una producción sostenible de alimentos con la **promoción de la agricultura familiar en Tlaxcala**

“Quiero que mis hijos crezcan pensando que un agricultor es un superhéroe”
 Chef Christian Puglisi

El tema de la seguridad alimentaria tanto en nuestro país como en el resto del mundo implica desde su origen distintos retos. Conceptos como desnutrición, obesidad, malnutrición, producción de alimentos, comercialización, disponibilidad,

agricultura, cambio climático, cuidado y protección a los suelos se encuentran estrechamente relacionados.

Que existan alimentos suficientes y disponibles para la sociedad es un tema que se planteó en las agendas mundiales a raíz de diversos sucesos. Sin embargo, y como lo ha mencionado la FAO como concepto multidimensional, para alcanzarla se requieren rediseños de políticas, así como estrategias tanto productivas como sociales.

El trabajo que se desarrolla dentro de la agricultura, la ganadería, el comercio y la pesca (por mencionar algunos campos) combina actividades que han requerido la atención y el impulso de políticas de Estado para conducir al logro de objetivos previamente establecidos.

En lo que respecta a nuestro país y de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, México es uno de los 17 países de América Latina que ha cumplido al reducir el número de personas con hambre. Lo anterior lo arroja la última cifra reportada, en donde se alcanzó de forma anticipada la meta establecida (ya que logró disminuir el índice de subalimentación de 6.9% en 1990, a menos de 5% en la actualidad).

Las políticas de inclusión y bienestar social que han sido desarrolladas, como la Cruzada Nacional contra el Hambre (CNCH), les han permitido a los estados desarrollar programas y políticas afines a éstos con la intención de sumar esfuerzos en esta lucha.

EL EMPODERAMIENTO EN EL PRODUCTOR

En el caso particular de Tlaxcala, el Gobierno del estado, a través de la Secretaría de Fomento Agropecuario



(SEFOA), ha implementado una serie de programas que en su ejecución, además de complementarse unos a otros, han promovido de manera especial el “desarrollo de capacidades” en el agricultor.

Este término, “desarrollo de capacidades” (cómo lo hemos mencionado en ocasiones anteriores), encierra la premisa de que cada vez que un sujeto se enfrenta a nuevos procesos técnicos requiere desarrollar habilidades para enfrentarse eficazmente a los desafíos que suponen dichas circunstancias, que tendrá tanto en la vida como en el trabajo.

Conceptos como producción de alimentos, comercialización y empoderamiento son términos que Tlaxcala ha puesto en ejecución. Es así que por segundo año consecutivo tuvo lugar la Feria de la Agricultura Familiar, con la intención de mostrar algunos de los resultados que se han obtenido en la presente administración.

Este evento se realizó en el marco de los festejos del Día Internacional de las Mujeres Rurales, Día Mundial de la Alimentación y el Año Internacional de los Suelos 2015, decretado por la FAO.

Los logros en materia de seguridad alimentaria que se han alcanzado en el estado tienen una estrecha relación con cada una de estas fechas, una vez que la agricultura familiar se ha colocado como el medio más eficaz en la lucha contra el hambre y la pobreza.

Los productores que participaron ese día son beneficiarios de programas como el Proyecto Estratégico de Seguridad Alimentaria (PESA), Agricultura Urbana, quienes han recibido asistencia técnica por parte del único programa estatal de capacitación en el país que atiende a las unidades de producción familiar y genera aprendizajes para mejorar procesos y productos del campo.



Tlaxcala conoce el papel tan importante que tienen los productores en la consecución de metas y objetivos comunes, éstos son actores clave porque contribuyen con su trabajo diario a mejorar la seguridad alimentaria. Por ello, los programas que se han desarrollado potencian la agricultura familiar tanto para autoconsumo como para comercializar los excedentes.

De acuerdo con la FAO, más de 90% de los 570 millones de explotaciones agrícolas de todo el mundo están dirigidos por una persona o familia, y se basan principalmente en la mano de obra familiar. En términos de valor, estas explotaciones producen más de 80% del total mundial de alimentos. Desde una perspectiva global, 84% de las explotaciones familiares abarca menos de dos hectáreas y ocupa únicamente 12% de la superficie agrícola.

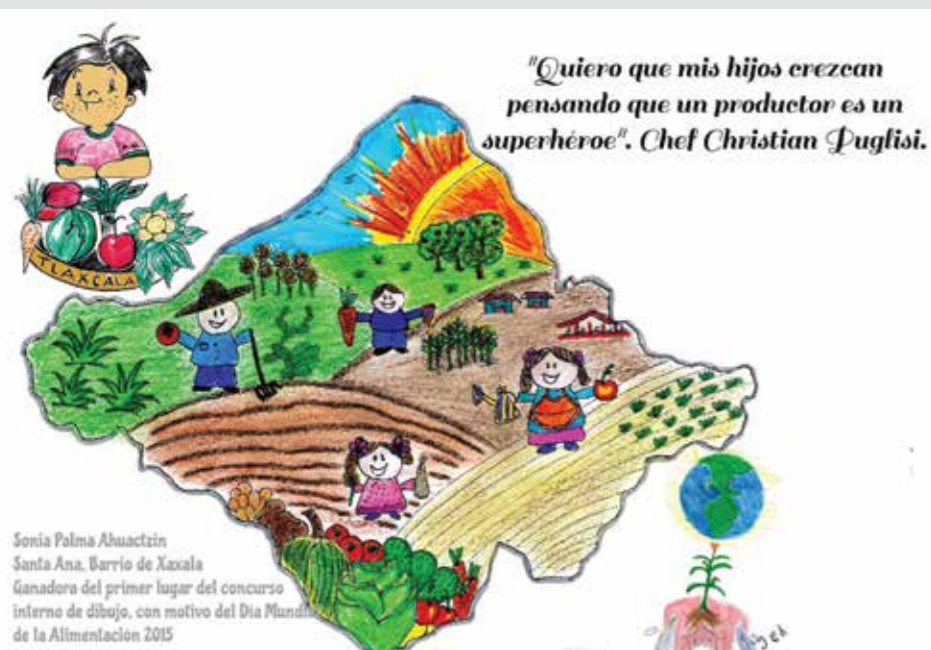
En nuestro país la agricultura familiar genera 3.5 millones de empleos familiares, contrata a cinco millones de jornaleros (una cifra mucho mayor que la

agricultura de grandes extensiones) y además les proporciona a éstos un trato más humanitario.

ABRIENDO CAMINOS, ESTRECHANDO RELACIONES

La Feria de la Agricultura Familiar se ha convertido en una estrategia que Tlaxcala ha puesto en marcha como herramienta de comercio justo que ha permitido que productor y consumidor estrechen lazos; los productos frescos (hortalizas, quesos, yogurt)





del coro de niños cantores de Ixtenco "Solesyuhnu". Al igual que en la edición 2014, se contó con la colaboración de los chefs que integran la Alianza de Cocineros, la cual se firmó justamente en la primera edición de la Feria, con la finalidad de que un grupo de chefs que mantiene la filosofía de consumir productos locales en sus cocinas, adquiera éstos de productores tlaxcaltecas.

Irad Santacruz Arciniega, líder del Convivium Slow Food Tlaxcala Malintzi, participó con la plática "Nuestra cocina, nuestro alimento". Los chefs prepararon una serie de platillos y fueron ellos los encargados de la calificación en el "Concurso de platillos con ingredientes de mi huerto", evento que, al igual que el concur-

otro tema que aqueja gravemente a nuestro país: la obesidad. Esa es la paradoja de nuestro México, por un lado se padece hambre y por otro está el sobrepeso de muchos mexicanos; los esfuerzos en este sentido se enfocan a mitigar el hambre y erradicar la obesidad.

Es así como además de compartir los logros alcanzados en los programas, estos eventos buscan acercar al productor y al consumidor sin intermediarios. Nos aliamos a la filosofía *slow food* al promover alimentos limpios, buenos y pagados a precios justos.

Para Tlaxcala ha sido una prioridad contar con programas que impulsen el trabajo del agricultor. Los productores que han recibido la asistencia por parte de los técnicos a cargo de cada programa, además de confiar, han asumido retos y trabajado para que las cosas sucedan. Gracias a las

horas de trabajo invertidas, ahora cuentan en sus mesas con una gran variedad de alimentos que han aprendido a producir.

El productor, además de mejorar sus viejas prácticas, ha incrementado no solo sus conocimientos y habilidades, sino su capacidad productiva y, por ende, su economía y bienestar social. Mencionar a la capacitación significa contar con una herramienta de empoderamiento que el Gobierno del estado, a través de los diferentes programas que tiene en funcionamiento, ha puesto en marcha. Ésta se ha brindado con acompañamiento real y oportuno.

Ahora que los productores saben elaborar distintos productos que han sido colocados en el mercado, el esfuerzo también va encaminado a brindarles espacios para que éstos puedan ser ofrecidos en distintos lugares. Es a través de distintas experiencias que se ha logrado acercar al consumidor con el productor.

Tlaxcala promueve la agricultura familiar y de traspatio, promueve también una nutrición balanceada entre los habitantes. En el estado, el desarrollo sostenible se ha potencializado a través de la producción de alimentos frescos que están al alcance de los habitantes.

A través de diversas líneas de acción, Tlaxcala complementa y promueve estrategias para impulsar la pequeña agricultura familiar por su aporte en la alimentación del mundo entero. Nuestro compromiso es fortalecerla, mejorar el acceso a los alimentos y desarrollar mercados locales. Si la respuesta a la inseguridad alimentaria que aqueja al mundo es la agricultura familiar, nuestro compromiso es impulsarla asumiendo los retos que implica.



que se ofertan proceden de procesos específicos bien cuidados, elaborados artesanalmente, y que cuentan con los más amplios estándares de calidad.

El evento que tuvo lugar frente al Palacio de Gobierno convocó a productores de 40 municipios, entre los que se encuentran: Cuaxomulco, Tetla de la Solidaridad, Yauhquemehcan, Huamantla, Ixtenco, El Carmen Tequexquilita, Panotla, Atlangatepec, Calpulalpan, Xicotzingo, Santa Cruz Tlaxcala y Contla de Juan Cuamatzi.

Además de productores y visitantes, la Segunda Feria de la Agricultura Familiar contó con una serie de participaciones especiales. El arranque estuvo a cargo

so de dibujos "La importancia de la producción de alimentos", puso a trabar activamente a los productores y expositores.

Es importante señalar que además de contribuir al tema de la seguridad alimentaria, con la elaboración de estos productos también se aporta al tema de inocuidad, al elaborar productos sanos que al consumirse combaten





Texto: Santillano Cázares, J.¹, I. Ortiz-Monasterio²,
U.C. Schulthess², M.E. Cárdenas Castañeda², F. Núñez
Ramírez¹ y J. F. Moreno Espinoza¹.
Fotografía: V. Govindan/CIMMYT

Transferencia de tecnología de uso de **sensores infrarrojos** y potencial de uso de **imágenes satelitales** para la fertilización de trigo en Baja California

El trigo es uno de los principales cereales que aportan carbohidratos a las dietas del ser humano en todo el mundo. Entre 2012 y 2013, México produjo 3.4 millones de toneladas (t) al año, siendo Baja California el segundo productor nacional, solo después de Sonora (SIAP-Sagarpa, citado por Financiera Rural, 2014), entre trigos para la producción de pastas y para la elaboración de pan. Según la Fundación Produce (2013), en 2011 en Baja California se sembraron más de 85,000 hectáreas (ha), con un valor de la producción de 1,733 millones de pesos y la generación de más de 3,800 empleos.

Por su aporte económico y a la producción de alimentos y por la generación de empleos, la producción de trigo en Baja California es importante para el bienestar de la población y para mantener la estabilidad social. No obstante que la producción de trigo es muy importante para la entidad, en los últimos años se han presentado manifestaciones de inconformidad por parte de los productores de trigo locales debido a que con el pago que reciben por sus cosechas apenas se recuperan los costos de inversión, o incluso quedan con pasivos ante las entidades de crédito.

Las causas de la baja rentabilidad de la producción de trigo en Baja California son diversas. Como todo bien que se produce en un contexto de mercado globalizado, el precio del trigo es determinado por la ley de la oferta y la demanda internacional. Como la producción y consumo de trigo en Baja California no pueden alterar la oferta o la demanda a escala mundial, poco se puede hacer para modificar los precios que se establecen en los mercados internacionales.

Otra de las causas de la baja rentabilidad son los altos costos de los insumos para la producción. Según la Residencia Estatal de FIRA-Banco de México, los

costos de producción de trigo para Baja California en el ciclo 2014-2015 se estimaron por arriba de los 21 mil pesos. De este costo total, la fertilización representó poco más de 6 mil pesos (figura 1), aproximadamente 30% del total, lo que la convierte en el insumo individual más caro del total de los costos de producción.

Una alternativa al alcance de los productores de trigo bajacalifornianos es el incremento en la eficiencia de los insumos. Estudios previos sugieren que existe margen para reducir los costos de producción al ahorrar insumos. Por ejemplo, el uso de labranza mínima, la reducción de las densidades de siembra, el uso de sistemas modernos de riego, el uso de variedades adaptadas a la región y la aplicación informada de dosis de fertilizantes. Debido a que la fertilización representa el insumo individual más costoso para la producción de trigo en Baja California, vale la pena investigar alternativas para incrementar la eficiencia de su uso.

FIRA		RESUMEN DE COSTOS (\$/hectárea) para producir TRIGO con maquinaria PROPIA														
Sistema de elaboración de costos agropecuarios		Descripción: GME. LABRANZA TRADICIONAL						Régimen de humedad: GRAVEDAD								
Módulo agrícola		Zona de aplicación: VALLES DE MEXICALI Y SAN LUIS RIO COLORADO						Etapas fenológicas: ANUAL								
		Municipio: MEXICALI, BAJA CALIFORNIA NTE						Uso de fertilizante: FERTILIZADO								
		Ciclo: OÑO-INVIERNO 2014-2015						Semilla: MEJORADA								
Capítulo	Costos			Jornales	Desglose mensual de costos financieros											
	Financiable	No financ.	Total		sep-2014	oct-2014	nov-2014	dic-2014	ene-2015	feb-2015	mar-2015	abr-2015	may-2015	jun-2015	jul-2015	ago-2015
Preparación del terreno	\$1,953	\$395	\$2,348	0.54	\$1,953	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Siembra	\$1,445	\$78	\$1,523	0.20	\$0	\$0	\$1,445	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Fertilización	\$5,959	\$50	\$6,008	0.29	\$0	\$0	\$2,158	\$0	\$1,689	\$960	\$576	\$576	\$0	\$0	\$0	\$0
Riegos	\$1,874	\$0	\$1,874	4.85	\$0	\$1,228	\$207	\$0	\$165	\$91	\$91	\$91	\$0	\$0	\$0	\$0
Ctrl. plagas, malezas y enf	\$2,165	\$0	\$2,165	0.00	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1,610	\$655	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Cosecha, selección y emp	\$1,376	\$0	\$1,376	0.00	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1,976	\$0	\$0	\$0
Diversos	\$3,985	\$0	\$3,985	2.00	\$994	\$526	\$2,102	\$0	\$0	\$0	\$0	\$274	\$0	\$0	\$0	\$0
Total:	\$16,357	\$524	\$16,881	7.80	\$2,937	\$1,854	\$5,912	\$0	\$3,484	\$1,808	\$667	\$641	\$1,976	\$0	\$0	\$0
				Miércoles:	1	1	2	2	2	3	3	4	4	0	0	0
Ministración	Fecha	Total financiable	Acreditado nivel 1		Acreditado nivel 2		Costo financiero		No financiable	Costo total		Fecha de vencimiento del crédito				
			Crédito	Aportación	Crédito	Aportación	Nivel 1	Nivel 2		Nivel 1	Nivel 2					
1	sep-2014	\$4,751	\$4,400	\$391	\$3,900	\$891	\$440	\$390	\$395	\$5,026	\$5,576	4-ago-2015				
2	nov-2014	\$9,376	\$8,500	\$876	\$7,900	\$1,776	\$708	\$633	\$128	\$10,212	\$10,137					
3	feb-2015	\$2,274	\$2,100	\$174	\$1,900	\$374	\$123	\$111	\$0	\$2,396	\$2,384					
4	abr-2015	\$2,917	\$2,600	\$317	\$2,400	\$517	\$108	\$100	\$0	\$3,025	\$3,017					
		\$19,357	\$17,600	\$1,757	\$15,800	\$3,557	\$1,379	\$1,234	\$524	\$21,200	\$21,115					
												Periodos recomendados				
												Etapas				
												Inicio				
												Fin				
												Siembra: 15-nov-2014 - 31-dic-2014				
												Cosecha: 10-may-15 - 30-jun-2015				

Figura 1. Estimación de los costos de producción de trigo para Baja California en el ciclo 2014-2015. Cortesía del ingeniero Lorenzo García Romo, de la Agencia Estatal de FIRA-Banco de México en Baja California.

¹ Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC. Carretera a Delta s/n C.P. 21705, Ejido Nuevo León, Baja California, México.

² Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), km 45, carretera México-Veracruz, El Batán, Texcoco, C.P. 56237 Estado de México. jsantillano@uabc.edu.mx

EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA GREENSEEKER™ EN MEXICALI

Desde el ciclo de siembras 2009-2010 en el valle de Mexicali, la Universidad Autónoma de Baja California, a través del Instituto de Ciencias Agrícolas en colaboración con el CIMMYT y el programa MasAgro, comenzó a realizar experimentos cuyo objetivo era la implementación de una tecnología que había demostrado ser efectiva a escala mundial, en el incremento de la eficiencia del uso de los fertilizantes nitrogenados. Se trató del uso de algoritmos específicos para regiones productoras de trigo particulares, asistidos por sensores infrarrojos (GreenSeeker™). Esta tecnología había demostrado ahorrar fertilizante sin sacrificar rendimientos en EUA (Raun y Johnson, 1999), China (Li et al. 2009), India (Singh et al. 2011) y México (Ortiz-Monasterio y Raun, 2007).

Al final del ciclo 2011 se contó con un primer modelo de predicción del rendimiento de trigo bajacaliforniano, cuando éste comienza su etapa de inicio de encañe. Esta etapa en Mexicali ocurre aproximadamente a los 65-70 días después del riego de germinación (Santillano et al. 2013). Este modelo de predicción del rendimiento constituye el corazón del algoritmo que permite generar recomendaciones óptimas de fertilizantes nitrogenados.

Con el algoritmo específico para Baja California, desde las cosechas de 2012 hasta 2014, se ha demostrado consistentemente que con el uso de esta tecnología es posible producir los máximos rendimientos de trigo utilizando entre 65-70 kilogramos (kg) de nitrógeno (N), menos de lo que utiliza el común de los productores de trigo en el valle de Mexicali. Los productores sin usar la tecnología de sensores aplican alre-

dedor de 300 kg de N (incluso más que esto); mientras que usando la tecnología de sensores se aplican aproximadamente 230 kg de N y se obtienen los mismos rendimientos que aplicando más fertilizantes (Santillano et al. 2015).

DE GREENSEEKER™ A GREENSAT

La tecnología de uso de imágenes de satélite (GreenSat) para obtener recomendaciones óptimas de fertilizante utiliza el mismo principio que el GreenSeeker™. Es decir, ambas utilizan el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) como indicador indirecto del potencial de rendimiento de trigo. Ambas tecnologías han sido y están siendo validadas por el CIMMYT, lo que les da credibilidad, dado el prestigio internacional del centro.

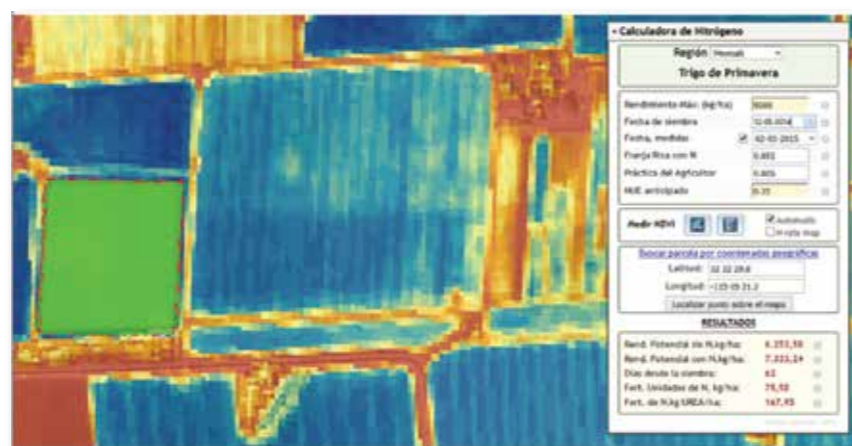


Figura 2. Aspecto de la carátula de GreenSat para obtener recomendaciones de fertilizante a trigo, utilizando imágenes de satélite.
<http://gismap.ciat.cgiar.org/egiron/MasAgroTTF/GreenSat/?en>

Para obtener las recomendaciones de fertilizante para las regiones más altamente productoras de trigo en México, entre ellas, el valle de Mexicali, se requiere seguir estos pasos (figura 2):

1. Ingresar a: <http://gismap.ciat.cgiar.org/egiron/MasAgroTTF/GreenSat/?en>. El nuevo sitio URL a partir del ciclo 2015-2016 será el siguiente: <http://www.cmgs.gob.mx/GreenSat> (según informa el doctor Schulthess, de CIMMYT).
2. Seleccionar "Mexicali", en el recuadro de la derecha.
3. Anotar los máximos rendimientos en la región (9,000 kg/ha).
4. Seleccionar las fechas de siembra y de diagnóstico. La de diagnóstico es la de inicio de encañe, justo antes del segundo riego de auxilio.
5. Identificar la ubicación geográfica del lote para el que se generará la recomendación. Se puede ir al lote de interés anotando las coordenadas en los espacios correspondientes.
6. Dar clic en la ventana denominada "Fecha, medidas" para obtener la imagen de NDVI.

7. Acercarse hasta identificar el lote de interés.
8. Asegurarse de que está seleccionada la ventana de "Automatic".
9. Posicionarse en la ventana "Franja Rica con N".
10. Seleccionar el icono de polígono en el espacio "Medir NDVI".
11. Seleccionar el perímetro del lote, dando clics en cada vértice del polígono.
12. Cuando aparecen los "Resultados", asegurarse de que el número de días transcurridos entre la fecha del riego de germinación y la de diagnóstico es correcto. Para decidir la fecha de diagnóstico debe ser la más cercana previa al segundo riego de auxilio, cuando el trigo está en inicio de la etapa de encañe.
13. Revise en "Resultados" el rendimiento pronosticado si no se agrega nitrógeno, el rendimiento pronosticado si se agrega la dosis recomendada por GreenSat, y la dosis recomendada en kg de N/ha y en kg de urea/ha.

Los objetivos de esta publicación son reportar el estado actual (hasta las cosechas de 2015) de la transferencia de tecnología de uso de algoritmos y el GreenSeeker™ en el valle de Mexicali y evaluar la coincidencia entre las producidos por la tecnología de uso de imágenes satelitales, GreenSat.

Técnico en fisiología del trigo mide NDVI. Foto. Petr Kosina. CIMMYT.



MATERIALES Y MÉTODOS

Tecnología GreenSeeker™

Se establecieron franjas ricas en cada lote comercial en campos de productores. La función y la forma de establecer estas franjas ricas se detalla en Ortiz-Monasterio y Raun (2007). Según reportan los técnicos del despacho (APASC) que dieron seguimiento de campo, las dosis aplicadas a las franjas ricas fueron en promedio de 435 kg de N/ha en dos momentos, una a la siembra (52 kg de N/ha, en promedio) y la segunda con el primer riego de auxilio (383 kg de N/ha, en promedio). El diagnóstico con el sensor y la recomendación de la fertilización se realizó justo antes del segundo riego de auxilio. La

dosis complementaria recomendada por el sensor, después de la fertilización a la siembra y en el primer riego de auxilio en planta, se aplicó en el segundo riego de auxilio (o la misma dosis, pero dividida entre el segundo y tercer riego de auxilio).

La cosecha de estos lotes de transferencia de tecnología se hizo con trilladoras combinadas convencionales y los rendimientos se determinaron mediante los registros de los pesajes de los camiones que transportan el grano desde el campo hasta los centros de acopio.

Para efectos de tener un punto de referencia en la comparación (no estadística) de rendimientos y dosis de fertilizantes entre los resultados del uso de la tecnología de sensores y la práctica convencional de los productores, se utilizaron los datos de rendimientos publicados por organismos públicos, prensa y otros medios locales. La fertilización promedio en el valle de Mexicali en los últimos años se estima en alrededor de 300 kg de N/ha (Santillano et al. 2013).

Tecnología GreenSat

Se tomaron las coordenadas de los lotes a los que se dio seguimiento con el GreenSeeker™, reportados por los técnicos del despacho APASC y se ubicaron en la plataforma de MasAgro-GreenSat: <http://gismap.ciat.cgiar.org/egiron/MasAgroTTF/GreenSat/?en>. El satélite utilizado actualmente es SPOT. Se alimentaron a la plataforma las fechas de siembra y diagnóstico con el GreenSeeker™ y se seleccionó la imagen de satélite más cercana a la fecha que se hizo el diagnóstico con el GreenSeeker™.

Con las recomendaciones de fertilizante producidas con el GreenSeeker™ y el GreenSat se elaboró un gráfico para evaluar la coincidencia entre las dos tecnologías. Una línea recta de 45 grados de ángulo y que atraviese el origen (cero) sería una coincidencia perfecta entre las dos tecnologías.

RESULTADOS

Transferencia de tecnología GreenSeeker™

El número de lotes a los que se dio seguimiento con el GreenSeeker™ al final del ciclo 2014-2015 fue de 75 lotes, en una superficie total de 1,600 ha. Después de la fertilización aplicada al momento de la siembra y en el primer riego de auxilio, la dosis promedio de fertilizantes complementaria recomendada fue de 44 kg de N/ha, mientras que la aplicada fue de 60 kg de N/ha; es decir, se aplicaron en promedio 16 kg de N/ha adicionales a lo recomendado. Con el uso de esta tecnología, la dosis total de N aplicada en promedio fue de 230 kg de N/ha, con un rendimiento de grano promedio de 6.8 t/ha.

Localmente existe el consenso, derivado de la publicación del INIFAP (2010), en el valle de Mexicali, de que se requieren 35 kg de N/ha para producir una tonelada de grano de trigo. Bajo esta lógica, se requieren 238 kg de N/ha para obtener los rendimientos reportados (6.8 t/ha), lo cual concuerda casi de forma exacta con los 230 kg de N/ha aplicados por los productores, con el uso de sensores y nuestro algoritmo.

Según la prensa local, los rendimientos de trigo en Mexicali en 2015 fueron de alrededor de 6.7 t/ha (*La Crónica*, 2015); mientras que las aplicaciones comerciales de N son de alrededor de 300 kg/ha (Santillano et al. 2013). Esto significó un ahorro de 70 kg de N/ha, con respecto de la fertilización aplicada por los productores, con su manejo convencional. La magnitud de estos ahorros, pocas unidades más, pocas unidades menos, se ha repetido por los últimos 4-5 años en experimentos de validación y trabajos de transferencia de tecnología, en el valle de Mexicali, B. C.

Comparación GreenSeeker™ vs. GreenSat

En la figura 3 se muestra la relación entre las recomendaciones producidas con GreenSeeker™ respecto a las de GreenSat, utilizando en ese tiempo el satélite SPOT.

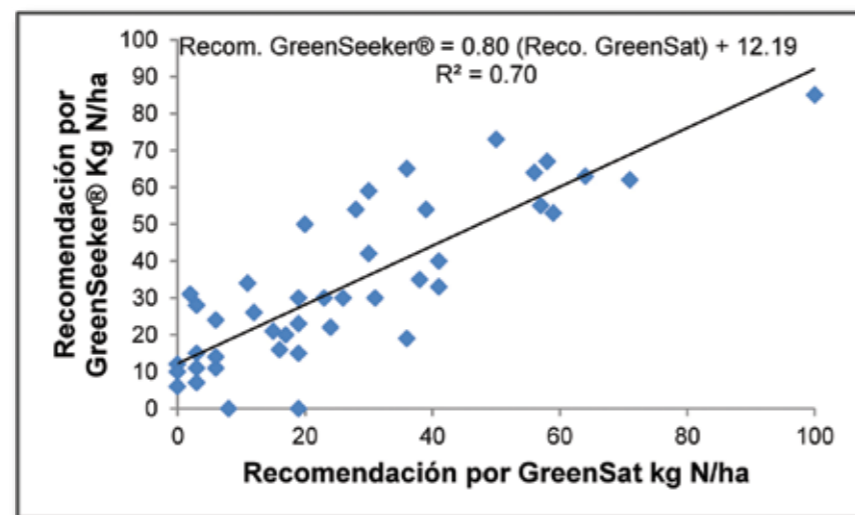


Figura 3. Relación entre las recomendaciones producidas con GreenSeeker™ vs. las de GreenSat.

En otro estudio conducido por el CIMMYT en el valle del Yaqui, utilizando el satélite RapidEye, se analizó la coincidencia entre NDVI obtenido con GreenSeeker™ y GreenSat; como resultado se obtuvo una relación similar a la de la figura 3 (figura 4).

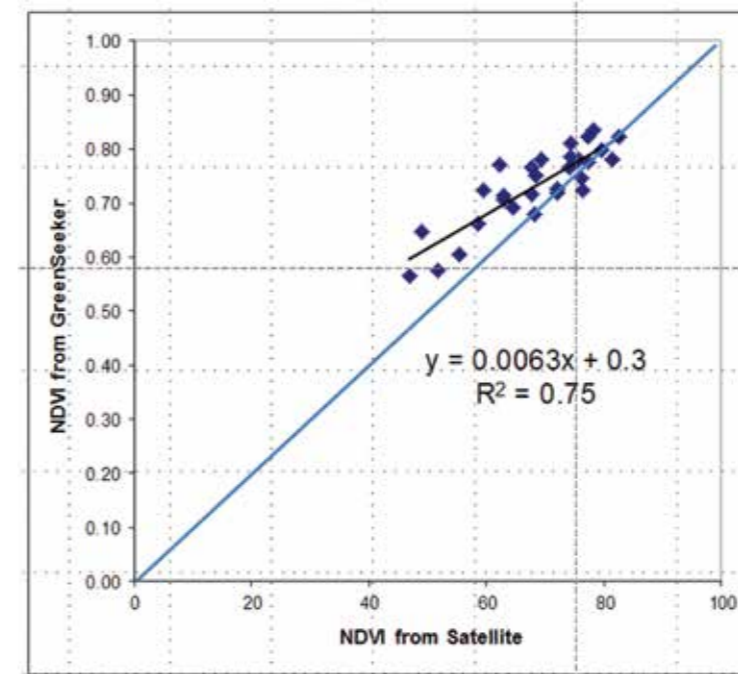


Figura 4. Relación entre NDVI medido con GreenSeeker™ vs. imágenes de satélite GreenSat. Tomado de la presentación de Ortiz-Monasterio et al. 2014. From GreenSeeker to GreenSat (<http://es.slideshare.net/CIMMYT/from-greenseeker-to-greensat>).

En ambos estudios, la coincidencia entre las dos tecnologías resultó relativamente alta ($R^2 = 0.70$ y $R^2 = 0.75$), aunque no fue proporcional. Es decir, cada incremento de una unidad de medida con GreenSat no correspondió a un incremento igual medido con el GreenSeeker™. Estos resultados, aunque promisorios por la buena relación entre las dos herramientas, podrían significar algún ajuste en las recomendaciones de fertilizante al usar GreenSat como herramienta para la recomendación de dosis óptimas.

CONCLUSIONES

Utilizando el algoritmo local para Baja California para trigos cultivados en el valle de Mexicali, se estima que el ahorro de fertilizantes, con respecto al manejo convencional por productores, fue de alrededor de 70 kg de N/ha, sin sacrificar rendimientos. Sin embargo, en fases futuras será importante darle seguimiento al aspecto de calidad del trigo con la aplicación de esta tecnología. Estos ahorros coinciden con los reportados para el valle de Mexicali en los últimos años. Los re-

sultados confirmaron que el uso de esta tecnología constituye una herramienta para incrementar la eficiencia en el uso de los fertilizantes y reducir los costos de producción.

Con base en las comparaciones hechas en el Valle del Yaqui por el CIMMYT y nosotros, aquí en Mexicali existe evidencia de que la tecnología de uso de imágenes GreenSat, con un poco más de investigación, podría adoptarse como una herramienta tecnológica para obtener recomendaciones de fertilización informadas, o por lo menos como una herramienta de respaldo para cotejar las recomendaciones que los productores y técnicos hayan elegido aplicar con base en otros elementos de decisión, como la práctica tradicional (programa fijo y predeterminado), el análisis de suelos, GreenSeeker™, el análisis foliar u otras. ▶

Referencias

- Financiera Rural (2014). Panorama del Trigo. Financiera Rural. Disponible en línea en: [http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorial/Panoramas/Panorama%20Trigo%20\(may%202014\).pdf](http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorial/Panoramas/Panorama%20Trigo%20(may%202014).pdf)
- Fundación Produce Baja California (2013). Agenda de innovación tecnológica del estado de Baja California 2012-2013.
- inifap (2010). Guía para producir trigo en los valles de Mexicali, B. C. y San Luis Río Colorado, Son. INIFAP, Campo Experimental Valle de Mexicali. Folleto para productores, pp. 12-13.
- La Crónica (2015). Producción de trigo a la baja comparada a 2014. Disponible en línea en: <http://www.lacronica.com/EdicionEnLinea/Notas/Internacional/21052015/972782-Produccion-de-trigo-supera-las-100-mil-toneladas-en-Valle-de-Mexicali.html>.
- Li, F., Miao, Y., Zhang, F., Cui, Z. Li, R., Chen, X., Zhang, H., Schroder, J., Raun, W. R. y Jia, L. (2009). In-Season Optical Sensing Improves Nitrogen-Use Efficiency for Winter Wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 73(5):1566-1574.
- Ortiz-Monasterio, I. y Raun, W. (2007). Reduced nitrogen and improved farm income for irrigated spring wheat in the Yaqui Valley, Mexico. *Journal of Agricultural Science*: 145, 1-8.
- Raun, W. R. y Johnson, G. V. (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agron J* 91: 357-363.
- Santillano Cázares, J., Núñez Ramírez, F., Saynes Santillán, V., Ortiz-Monasterio, I. y Moreno Espinoza, J. F. (2015). Uso de sensores infrarrojos para la fertilización óptima de trigo. *Revista Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de México*. Año 7, No. 161. Disponible en línea en: <http://www.pcti.mx/articulos/item/uso-de-sensores-infrarrojos-para-la-fertilizacion-optima-de-trigo>.
- Santillano-Cázares J., López-López, A., Ortiz-Monasterio, I. y Raun, W. R. 2013. Uso de sensores ópticos para la fertilización de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Terra Latinoamericana* 31: 95-103.
- Singh B., et al. 2011. Assessment of the nitrogen management strategy using an optical sensor for irrigated wheat. *Agronomy for Sustainable Development* Volume 31, Issue 3, pp. 589-603.



Texto y fotografías: M. en C. Francisco Javier Chavarría Arauz, Docente Investigador de la Facultad Regional Multidisciplinaria de Matagalpa, UNAN Managua, Nicaragua; Ing. Emmanuel Pérez Palacios e Ing. Melvin Blandón Laguna, Faren Matagalpa.

La conservación de suelos y agua, una prioridad para el aprovechamiento sostenible de los humedales

Foto 1: Problemas de compactación y de encostramiento

INTRODUCCIÓN

Nicaragua se caracteriza por tener grandes reservas de recursos hídricos; de hecho se estima que la provisión por habitante correspondería a cerca de 36,700 m³/año, lo que constituye el segundo promedio más alto de la región Centroamericana (RIAC, 2015); sin embargo, cada año se deteriora la calidad de estos recursos debido al aprovechamiento inadecuado del capital natural. Sobre todo en las actividades pecuarias, agrícolas, forestales, minería y la incorrecta gestión de los residuos sólidos urbanos y desechos agropecuarios. A pesar de la existencia de grandes masas de agua en Nicaragua, la Empresa Enacal (cita de GWP, 2011) señala déficit en el abastecimiento para consumo humano de hasta 56,000 m³ diarios (20.44 Mm³ anuales).

Los humedales desempeñan un papel muy valioso para garantizar el bienestar de la humanidad, por los incontables servicios ecosistémicos que proveen (MEA, 2005). El deterioro y desaparición de humedales y sus daños colaterales ha alcanzado niveles de alarma a escala mundial.

Este artículo es el resultado de estudios en dos importantes humedales declarados como sitios Ramsar, en la zona norte de Nicaragua. En uno de ellos se genera un importante porcentaje de la energía hidroeléctrica para el país, se asienta sobre embalse artificial, que inició operaciones en 1965, generando 50 MW. En años posteriores se han construido o se pretenden otros embalses para reutilizar el agua sobre el cauce. Tal es el caso de embalse La Virgen (Santa Bárbara), Larreynaga, El Barro y La Sirena, entre otros (ENEL, 2012). El

otro sitio Ramsar es el complejo lagunar Moyúa-Tecomapa y Playitas, el que constituye un oasis en medio de la zona seca del departamento de Matagalpa. Este último, al ser uno de los pocos recursos hídricos superficiales en la zona, tiene una importancia estratégica para el turismo rural comunitario y el albergue de aves migratorias.

Los procesos erosivos están ocasionando serios problemas de asolvamiento en los humedales, obstrucción de la navegación e incremento del costo en el aprovechamiento del agua para la generación hidroeléctrica. Todo esto debido a la proliferación de macrófitas, que se han reproducido de manera acelerada debido al arrastre de nutrientes provenientes de los sistemas agrícolas y pecuarios.

METODOLOGÍA

El estudio forma parte del plan de intervención encaminado a fortalecer las capacidades locales en la gestión de los humedales. Sus orígenes se encuentran en los esfuerzos del Centro de Investigaciones en Recursos Acuáticos (CIRA) perteneciente a la UNAN Managua.

La metodología es de Investigación-Acción-Participativa (IAP), en la cual los productores son protagonistas en las diversas etapas de la investigación, en la ejecución de las acciones, su monitoreo y evaluación.

Se partió de diagnóstico socioeconómico de las zonas de estudio, luego se realizaron talleres con los comunitarios, reuniones con autores locales —entre estos, las autoridades municipales—, delegados y directores de instituciones del estado, dirigentes de ONG, etc. En dichas reuniones se decidieron las acciones por ejecutar.

En primer lugar se hizo la caracterización de los sistemas socioprodutivos y del capital natural. Esto sirvió

para determinar la muestra con la cual se ejecutarían las investigaciones de tipo experimental, decidiendo trabajar con al menos una UAP en cada microcuenca por sitio (seis en total).

Una vez que se logró conocer el estado de los sistemas productivos y la situación de deterioro de los suelos y los recursos hídricos, se decidió establecer parcelas de conservación de suelos y agua.

Se establecieron parcelas experimentales en donde se evaluaron opciones de protección de suelos y agua. Se presentó una serie de opciones, de entre las cuales se seleccionaron junto a los productores tres de ellas:

- a) barreras muertas (con piedras);
- b) biomembrana con jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*);
- c) cobertura muerta con rastrojos de cultivos; y
- d) testigo absoluto (con manejo tradicional).

Los tratamientos (opciones de conservación) se establecieron bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), considerando la gradiente de pendiente. Tanto el uso de biomembrana como de cobertura muerta se aplicó en 80% de la parcela útil; en el caso de barrera muerta, se estableció según la pendiente del suelo, una barrera en cada parcela (cuatro repeticiones).

Las variables de estudio fueron:

- a) eficiencia en la retención de suelo;
- b) efecto en las propiedades físicas; y
- c) efecto en las propiedades químicas.

En la variable de eficiencia en la retención de suelo se utilizó como único indicador la altura de suelo retenido o erosionado, la unidad de medida fue en mm. Para medir este indicador se utilizó el método de roldanas (Pizarro, R., Cuitiño, H., Flores, P., Sangüesa, C., Martínez, E., 2014), en donde se realizaron mediciones después de cada evento lluvioso ocurrido en la estación lluviosa comprendida entre mayo de 2014 hasta noviembre del mismo año.

En la variable de efecto en las propiedades físicas se evaluaron los parámetros: porosidad, densidad aparente (Dap), capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y velocidad de infiltración. Para el caso de las propiedades químicas se centró en el pH y los elementos: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu y Zn.

Para determinar la efectividad de los tratamientos se aplicó análisis de varianza y en los casos en que se encontraron diferencias estadísticas se realizó separación de media con Tukey.

RESULTADOS

Los humedales se encuentran en un estado avanzado de degradación debido a varios factores tanto naturales como antrópicos. Entre los factores antrópicos se encuentran los arrastres de sedimentos, como consecuencia de la eliminación de cobertura vegetal y las labores de preparación de suelos, que son inapropiadas por las mismas pendientes, la profundidad y textura de los suelos.

En la variable efecto en la retención o pérdida de suelo, el tratamiento que obtuvo el mejor desempeño fue cobertura muerta con rastrojos de cultivos (T2), con el cual se retuvo hasta 154.04 t/ha, seguido del

tratamiento biomembrana con *Eichhornia crassipes* o jacinto de agua (T1), que logró evitar la pérdida de 145.83 t/ha. Con el T3 se logró retener 97.22 t/ha.

En recorridos que se realizaron por las parcelas de los productores de la comunidad se logró observar que, como resultado de las prácticas inadecuadas de laboreo y riego en las parcelas, se escurren grandes volúmenes de suelos, que van a depositarse en la laguna de Moyúa.

En los indicadores de las propiedades físicas se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.

Indicador	Antes	Después
Densidad aparente	1.23	1.22
Porosidad	53.58	53.96
CC	28.40	29.80
PMP	16.33	18.10
Velocidad de infiltración (mm/h)	14.40	17.40

La columna con el título "Antes" corresponde al T4 (testigo) y la columna con el título "Después" es la media de los tres tratamientos restantes, que se comportaron de forma similar (no hubo diferencia estadística significativa).

La estimación de la Dap de los suelos agrícolas es de mucha importancia para inferir en el nivel de degradación del suelo. Un suelo que sufre incrementos en la Dap es indicador de que se está compactando y, por lo tanto, reducirá su capacidad de retención de humedad y de infiltración de agua. El resultado obtenido muestra que los suelos se encuentran en la clasificación de favorables, según Dorronsoro (2007), citado por Balmaceda y Fargas (2013). Además de lo señalado se puede observar una leve mejoría mediante la intervención con prácticas conservacionistas durante un periodo de tres años.

La porosidad encontrada está catalogada como moderada alta, siendo que la porosidad mínima para que los cultivos puedan desarrollarse es de 35% para suelos de texturas medias y de 45% para suelos pesados. Este resultado se encuentra relacionado con la densidad aparente, la textura y la estructura de los suelos.



Foto 2. Afectación de sequía.
Foto 3. Propagación de Guadua para proteger suelos y fuentes de agua.
Foto 4. Reservorios (Cosecha de agua de lluvia).
Foto 5. Protección de fuentes de agua con Bambú.

En los indicadores CC y PMP, se obtuvieron resultados alentadores con la aplicación de las prácticas conservacionistas. Se logró incrementar 1.4% la capacidad de campo y 1.77% el punto de marchitez permanente.

La velocidad de infiltración se vio mejorada con la incorporación de cobertura muerta, el uso de biomembrana y el uso de barreras muertas. Este indicador es de vital importancia, sobre todo para ayudar a la recarga de los cuerpos de agua, especialmente mediante la escorrentía hipodérmica que da origen a las fuentes surgentes conocidas por los comunitarios como ojos de agua o manantiales.

El mejorar la cobertura de suelos es de vital importancia para favorecer las condiciones donde se desarrolle la biota del suelo, y eso a la vez contribuye a la mejoría de la fertilidad natural.

La laguna de Moyúa, debido a las escasas precipitaciones que se dieron durante la estación lluviosa en 2014 y lo que va de 2015, ha mostrado una grave disminución de su espejo de agua y, por el contrario, la polución de las macrofitas, principalmente lechuga de agua y el jacinto de agua. En la tabla 2 se presentan los resultados de los indicadores de la variable de efectos en las propiedades químicas.

Los resultados de química del suelo muestran importantes mejoras en algunos de los principales parámetros. Tan solo en el caso de Fe, Mn, Cu y Zn es que se observa una leve reducción, lo que se podría explicar en parte por el leve incremento en el pH del suelo.

El uso inapropiado de los suelos trae como consecuencia mayor vulnerabilidad de las poblaciones ante el cambio climático, pero sobre todo en la reducción de la calidad de vida,

Tabla 2. Indicadores de propiedad química de suelos

Indicador	Antes	Después
pH	6.2-6.7	6.3-6.8
N	0.04-0.13	0.13-0.17
P	3.6-11.7	11.7-13.7
K	0.6-0.8	0.8-1.0
Ca	26.7-27.5	28.5-29.2
Mg	5.8-9.5	6.9-10.8
Fe	86.3-96.3	71.9-75.2
Mn	17.1-22.5	16.5-21.1
Cu	13.7-15.7	13.8-15.6
Zn	0.8-1.4	0.4-0.4

que de hecho ya está afectada por el nulo acceso a servicios básicos de agua y saneamiento, energía eléctrica, atención en salud, insuficiente soberanía y seguridad alimentaria y nutricional.

Bibliografía

Balmaceda, V. y Fargas, M. (2013). Caracterización de sistemas productivos de la microcuenca Moyúa. Tesis para optar al título de Ingenieros Agrónomos por la UNAN Managua.
ENEL (2012). Informe sobre generación hidroeléctrica a través de ENEL.
GWP (2011). Situación de los recursos hídricos en Centroamérica. Hacia una gestión integrada. Global Water Partnership, UE y BCIE.
MEA (2004). Informe síntesis de Evaluación de Ecosistemas del Milenio. United Nations Environment Programme.
Pizarro, R., Cuitiño, H., Flores, P., Sangüesa, C. y Martínez, E. (2014). Determinación de estándares de ingeniería para obras de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos, para la mantención e incremento de la productividad silvícola. Diagnóstico del agua en las Américas. Proyecto FDI - CORFO 00C7FT - 08.



Evaluación de disponibilidad de iones retenidos en el suelo y determinación de fertilizantes lixiviados

La lixiviación es un proceso de desplazamiento de sustancias solubles o dispersables que causa pérdida de los compuestos nutritivos del suelo.

En el Valle del Yaqui se utilizan altos insumos e irrigación, lo cual provoca grandes pérdidas de fertilizantes por lixiviación que llegan a afectar los canales de drenaje, los mantos acuíferos subterráneos y, finalmente, al mar de Cortés.

En colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y gracias al apoyo de MasAgro, se realizó un proyecto para medir pérdidas de iones en la plataforma de investigación ubicada en la estación experimental del CIMMYT en Ciudad Obregón, Sonora. Dentro del proyecto se capacitó para la construcción, instalación, análisis y evaluación de los resultados del método de cajas acumuladoras de iones (SIA).

Este método no es destructivo de la estructura del suelo y de esta manera se obtiene información más real sobre el funcionamiento del sistema en campo. El método de instalación hace posible la toma de mediciones representativas, ya que el perfil de suelo sobre las cajas de resina permanece intacto.

En el Instituto de Geología de la UNAM, las científicas responsables del Departamento de Edafología fueron las encargadas para el uso y la aplicación de este método en México; recibieron capacitación del despacho alemán "Terraquat", que tiene la patente de las cajas de resinas y cuenta con resultados en sistemas agrícolas mexicanos. De la misma manera, una estudiante de doctorado de la Universidad de Kassel, Alemania, aplicó la metodología en la plataforma de investigación, interactuando constantemente con la UNAM.

El objetivo del estudio fue la medición de pérdidas de iones (nitrato, amonio, fósforo, potasio, magnesio, calcio, entre otros) por lixiviación en sistemas de agricultura de conservación, en comparación con agricultura convencional bajo sistema de riego. Se midió en tres diferentes tratamientos (labranza convencional con incorporación de rastrojo, camas permanentes con quema de rastrojo y camas permanentes con retención de rastrojo) en un experimento con dos repeticiones por un periodo de dos ciclos (de los cultivos trigo y maíz).

En los siguientes párrafos se explica la manera de construir, instalar, desinstalar y analizar en el laboratorio las muestras.

CONSTRUCCIÓN DE LAS CAJAS CON RESINA

Se cortaron tubos blancos de pvc con diámetro y altura de 10 cm. Se les pegó una malla en la parte inferior y se cortó el sobrante, solo se dejó una franja de 2 cm, que después se pegó con cinta plateada alrededor del tubo. Se hicieron dos pequeños hoyos en la orilla del tubo para colocar hilos de 1 m a cada lado.

Se preparó una mezcla de resinas con arena silica, la cual se utilizó para el llenado de las cajas. Las resinas aniónicas y catiónicas utilizadas fueron de las marcas Purolite™ y Lewatit™. Antes de utilizar las resinas se lavaron y después se secaron en bandejas dentro del horno. (Hay que tener cuidado de no mezclar las resinas de cationes y aniones durante el procedimiento de lavado.) Se consiguió arena silica de diámetro muy fino, se lavó y se colocó en un costal limpio para su secado. Se hizo una mezcla con las resinas aniónicas, catiónicas y arena silica, la cual se guardó en un lugar fresco hasta el momento de llenado de las cajas.

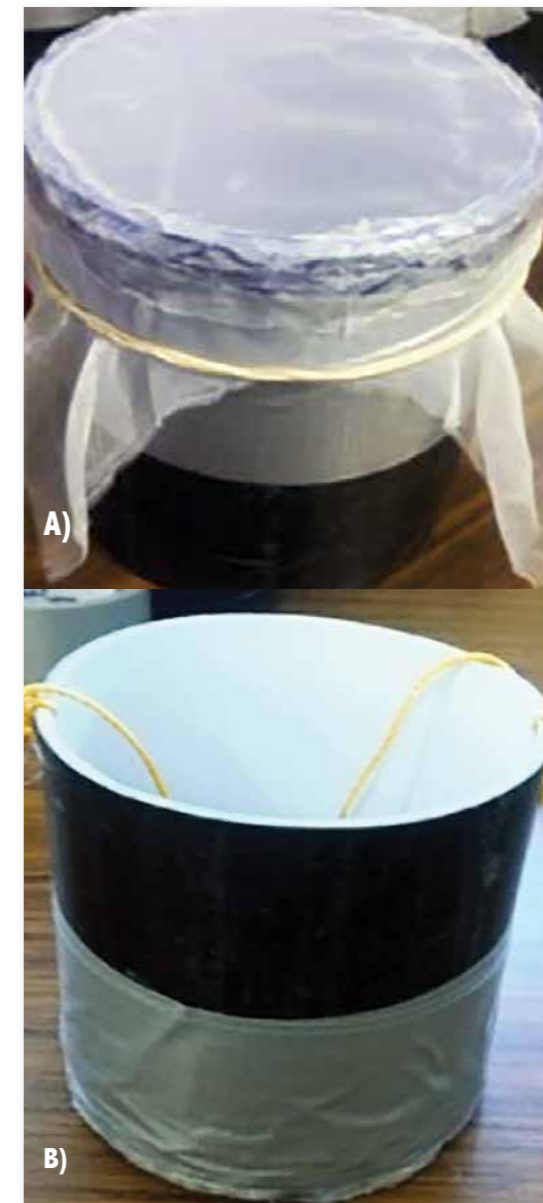


Figura 1. a) Caja de resina en construcción.
b) Caja de resina lista para su llenado.

INSTALACIÓN DE LAS CAJAS CON RESINA EN CAMPO

Los tubos se llenaron con la mezcla preparada. Después se llevaron al campo en hieleras. En el campo, previamente se hicieron hoyos de 1 x 1.20 m de profundidad. Con la ayuda de una barrena se hicieron varios túneles de acceso horizontal (figura 2); posteriormente se realizó la estructura original del suelo en la parte superior de los túneles para ayudar a que los iones fluyeran de manera natural. Las cajas se cubrieron con arena silica cuando fueron insertadas (figura 3). Cuando las cajas estaban rodeadas de arena silica en posición recta, no móvil, los túneles se cerraron con suelo y se compactó haciendo presión. Al final los hoyos fueron cerrados con la misma tierra y se marcó la ubicación exacta de cada uno.



Figura 2. Túneles horizontales hechos dentro de los hoyos listos para la instalación de las cajas de resinas.



Figura 3. Túnel relleno con caja de resina y arena silica listo para cerrarse.

DESINSTALACIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Los hoyos fueron reabiertos para extraer de los túneles horizontales las cajas de resinas con espátulas. Cada caja de resina se sacó con mucho cuidado para que no se cayera la muestra. Las cajas de resina desinstaladas se etiquetaron y se guardaron inmediatamente en hieleras con geles congelados para mantenerlas frescas. Cada caja de resina se dividió en varias capas (figura 4) y fueron guardadas en bolsas de plástico con cierre para que no perdieran humedad. Cada capa se pesó, se anotó el peso fresco y después se tomaron submuestras para el análisis de laboratorio (figura 5).



Figura 4. División de la caja de resina en varias capas.



Figura 5. Pesado de las capas y toma de submuestras.

ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS RESINAS

Las muestras fueron mandadas a la UNAM al laboratorio de Edafología. Ahí se hizo la extracción, dilución y el análisis para conocer las concentraciones de iones.

Para la extracción se pesó la submuestra, se añadió un reagente intercambiador (NaCl, KCl, H₂SO₄) y se agitó. El reagente extrajo los iones acumulados en las resinas durante su permanencia en campo. Después la muestra se filtró (figura 6) y un extracto de 50 ml se guardó en tubos de agitación. Dependiendo del objetivo del proyecto se puede repetir la extracción hasta seis veces, asegurándola

al 100% en cada capa. Las extracciones diluidas se mandaron a analizar con un autoanalizador (Skalar + System continuous flow analyzer).



Figura 6. Tubos etiquetados con embudo y filtro.



Figura 7. Toma de submuestra de 1 ml para la dilución.

Esta metodología requiere entrenamiento, experiencia y práctica, así como permiso de utilización para no violar los derechos de patentes. Se recomienda consultar a la autora para recibir más información antes de realizarla. Próximamente se publicarán los resultados de esta investigación, donde se presentarán las concentraciones de iones lixiviados en diferentes sistemas de labranza.

Encalado del suelo, alternativa para mejorar la eficiencia de suelos ácidos en la producción de maíz en las sierras de Oaxaca

INTRODUCCIÓN

La acidez es una condición desarrollada en forma natural en muchos suelos, como consecuencia de la interacción entre el lavado intenso de cationes de reacción básica a través del perfil del suelo, con el posterior predominio de cationes más difíciles de lavar (Al, Fe y Mn), que en solución pueden mantener o generar ambientes ácidos. Ésta no es la única fuente de acidez en el suelo, pero como proceso natural generador de ésta, podría ser el más extendido en las zonas tropicales del mundo.

El Al es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre (7%), pero bajo condiciones de acidez o basicidad extrema en el suelo, algunas de sus formas pueden ser tóxicas para muchas plantas en mecanismos como: inhibición de la división celular en raíces, inhibición de la absorción de otros iones y acumulación del mismo en tejidos vegetales.

Desde el punto de vista químico, las condiciones de acidez en el suelo por lo general están asociadas a la presencia de niveles muy bajos de calcio, magnesio y fósforo, niveles muy altos de saturación con aluminio intercambiable y una gran capacidad de fijación de fosfatos.

Las formas tóxicas y alta saturación con Al pueden presentarse con valores de pH cercanos a 5.0, por encima de este valor y hasta valores cercanos a la neutralidad empiezan a presentarse formas insolubles de Al, comúnmente descritas como $\text{Al}(\text{OH})_3$ no solubles en este rango de pH.

La baja disponibilidad de P es uno de los problemas más limitantes en suelos ácidos, y la deficiencia de P es posiblemente el síntoma de toxicidad típico, causado por Al en la mayoría de las plantas. La interferencia con la absorción o traslocación de otros nutrientes y el desarrollo radicular escaso son también consecuencias claras de esta situación.



Así que una manera de neutralizar la acidez del suelo es a través del encalado, una práctica agrícola que se utiliza desde tiempos remotos para mejorar la productividad de los suelos ácidos.

En las regiones Mazateca y Mixe del estado de Oaxaca, los suelos de las serranías donde se cultiva milpa tienen características químicas que los hacen ser ácidos, con pH mayor a

5.5 y Al intercambiable, bajos en cationes como Ca y Mg. Sin embargo, los maíces nativos adaptados a estas características edafo-climáticas, aún con una fertilización importante de NPK no muestran rendimientos óptimos o rendimientos que se acerquen a su potencial productivo (7 t ha^{-1}), teniendo rendimientos de maíz que oscilan entre los 750 kg a 2.5 t ha^{-1} , respectivamente.

Por lo tanto, en estas dos regiones se tienen establecidas dos plataformas de investigación con productores colaboradores. Cada plataforma está conformada por dos tecnologías: el sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) y la Agricultura de Conservación (AC), ambas en busca de la recomendación específica en condiciones de laderas para incrementar los rendimientos de grano y biomasa, conservar el suelo y el agua e incrementar el ingreso del productor, y dentro de los tratamientos en estudio se tiene la pertinencia del encalado del suelo.

¿POR QUÉ SE PUEDE UTILIZAR EL ALUMINIO (INTERCAMBIABLE Y SOLUBLE) COMO UN CRITERIO PARA ENCALAR EL SUELO?

El Al intercambiable se encuentra adsorbido en las partículas sólidas del suelo que es disponible de la fase acuosa (Al soluble), quedando para el intercambio con otros cationes. Cuando se necesita disminuir el grado de acidez se requiere de aplicaciones de cal, de modo que los iones OH^- reaccionan con el H^+ o el Al^{3+} intercambiable:



En las diferentes formas del Al con respecto al pH de una solución (figura 1), se observa que el Al^{3+} aparece en la solución a pH 5.3 y arriba de este valor se inicia la formación de $\text{Al}(\text{OH})_3$ que se precipita, eliminando el Al de la solución. Estas reacciones son importantes en el control de la acidez.

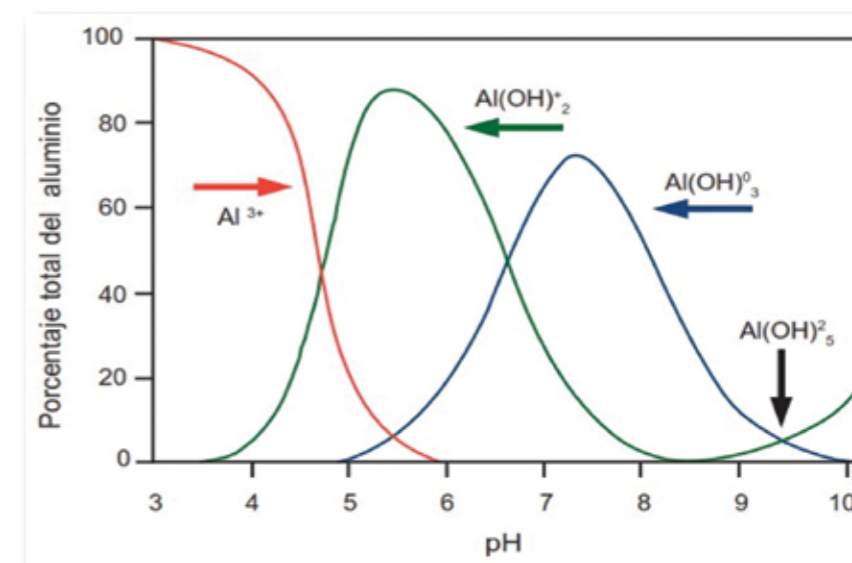


Figura 1. Distribución porcentual de las formas de Al en una solución de acuerdo al pH (Espinosa y Molina, 1999).

ENCALADO

Consiste en la aplicación al suelo de sales básicas que neutralizan la acidez. Los materiales que se utilizan como alcalinizantes son:

- CaO (Cal viva)
- CaOH (Cal apagada)
- CaCO_3 (Calcita, cal agrícola)
- $\text{CaCO}_3 \cdot \text{CaMg}$ (Dolomita)
- Ecorias industriales

Los requerimientos de cal varían de un suelo a otro, dependiendo de su naturaleza o bien del cultivo por sembrar. Para la aplicación de cal se deben tomar los siguientes factores: grado de interperismo, contenido de arcilla, contenido de materia orgánica y formas de acidez presente. Por otra parte, el encalado tiene un efecto múltiple sobre diferentes características químicas, físicas y microbiológicas del suelo.

¹ Maestría y doctorando en Edafología en el Colpos y colaborador de la Agencia Mexicana para el Desarrollo Sustentable en Laderas, SC.



Encalado. Foto: <http://fabasdelagrana.blogspot.mx/2011/04/encalado.html>.

El efecto de disminuir la acidez del suelo con la aplicación de cal es debido a las reacciones de neutralidad por los OH⁻:



Por lo general, las reacciones producidas en el suelo por la aplicación de cal son temporales, debido a que no se mezclan de manera total y se requiere de aplicaciones continuas para no permitir que el pH del suelo disminuya. Además, la aplicación de estas fuentes alcalinizantes aporta nutrientes esenciales para la planta, como es el Ca y el Mg.

EFFECTOS POSITIVOS DIRECTOS E INDIRECTOS DEL ENCALADO

Efecto sobre propiedades físicas:

- Mejor agregación de partículas y estructura.
- Mejores condiciones de aireación y movimiento de agua.

Efecto sobre las propiedades químicas:

- Aumento de iones OH⁻ y disminución de iones H⁺ en la solución del suelo.
- Disminución de la toxicidad de Al, Mn y Fe.
- Regulación de la disponibilidad de P y Mo.
- Aumento de la disponibilidad de Ca y Mg.
- Aumento del porcentaje de saturación.

Efectos biológicos:

- Mejora de las condiciones de desarrollo de microorganismos, especialmente bacterias.
- Aumento de la mineralización de la materia orgánica.
- Mejora de los procesos de amonificación, nitrificación y fijación de nitrógeno.

EFFECTOS NEGATIVOS DEL SOBREENCALADO

1. La destrucción de la estructura porosa granular, característica de los suelos lateríticos (latosoles).
2. El aumento de la velocidad de descomposición de la materia orgánica que acelera su pérdida.
3. La inmovilización o reducción de la disponibilidad de algunos elementos nutritivos como hierro, manganeso, zinc, boro y cobre y deficiencias de los mismos.
4. Si se usa solo CaCO₃, se reprime la absorción de Mg a causa del antagonismo Ca/Mg.
5. Afecta adversamente la relación Ca/K y puede inducir deficiencias de K.

ÉPOCA Y FORMA DE APLICACIÓN DE LA CAL

Para que la cal sea efectiva es necesario mezclar completamente el material en los primeros 15-20 centímetros de suelo, utilizando el arado, rastra u otro implemento (fotos 1, 2 y 3). De esta forma se logra mezclar el material con la capa del suelo donde se concentran las raíces activas de la mayoría de los cultivos.

Fotos 1 y 2. Aplicación homogénea de cal al suelo e incorporación con azadón a una profundidad de 15-20 cm, plataforma de la región Mixe del estado de Oaxaca. Foto 3. Aplicación homogénea de cal al suelo en la plataforma en la región Mazateca del estado de Oaxaca.



Las reacciones de neutralización de la cal ocurren en presencia de agua, por lo que se debe aplicar la cal en un suelo húmedo. En condiciones apropiadas, las reacciones ocurren relativamente rápido (figura 2). Por esta razón, la época más apropiada para aplicar la cal es un poco antes o al inicio de lluvias. Una vez aplicada, se debe esperar un tiempo (1-2 meses) para que reaccione antes de añadir el fertilizante.

PLATAFORMAS EXPERIMENTALES

Con las tecnologías MIAF y AC se establecieron un número de tratamientos para generar técnicas adaptativas para el mejoramiento productivo de la milpa, reducir la erosión del suelo y mejorar la fertilidad en laderas.

Como base de la fertilización se tomó la dosis estudiada en la segunda fase del Proyecto Manejo Sustentable en Laderas (2007-2009): 120-90-40 kg de N-P₂O₅-K₂O ha⁻¹; análisis de suelos y las experiencias de los agricultores de estas regiones.

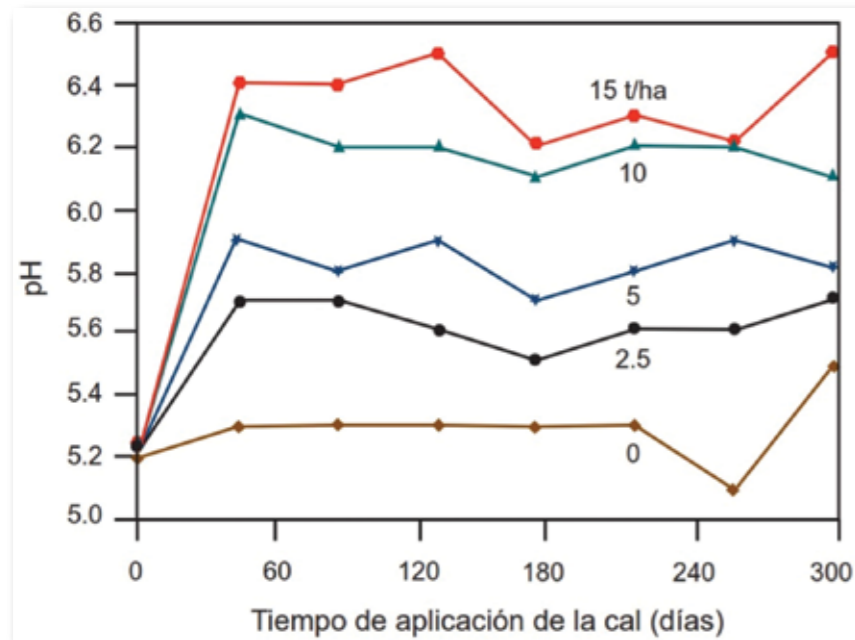


Figura 2. Velocidad de reacción de la cal a diferentes dosis de aplicación en un suelo andisol de Ecuador (Espinosa y Molina, 1999).

Los resultados del laboratorio indicaron que la fertilidad es muy baja (P, K, Ca y Mg), exceptuando el contenido alto en materia orgánica, debido a que se encontraban en descanso cuando se inició el establecimiento de las dos plataformas, con pH ácido y presencia de Al^{+3} . Tales características químicas del suelo fueron determinantes para las propuestas de los tratamientos de fertilización y enmiendas. En la densidad de población se ajustó a 50 mil plantas por hectárea, dos plantas por mata, separadas a 50 cm entre ellas y a 80 cm entre surcos; para la milpa tradicional se considera una densidad aproximada de 40 mil plantas por hectárea.

En la plataforma de San Nicolás, Teopoxco (región Mazateca), en toda la superficie se aplicó cal dolomita a una dosis de 4 t/ha. De tal manera se consideraron los factores de estudio tales como:

- **Labranza:** azadón y cero labranza
- **Rotación:** milpa 2 años + 1 año de descanso y milpa 2 años + 1 leguminosa
- **Manejo de rastrojo:** con residuos y sin residuos
- **Fertilidad:** 120-90-80 y 60-45-40 + micorrizas

Por lo tanto, se seleccionaron únicamente cinco tratamientos (tabla 1) en función de las necesidades que manifestaron los productores de la región Mazateca.

En la plataforma Puente Ardilla, Tamazulapam (región Mixe), los factores de estudio son:

- **Labranza:** azadón y cero labranza
- **Rotación:** milpa 2 años + 1 año de descanso y milpa 2 años + 1 leguminosa
- **Manejo de rastrojo:** con residuos y sin residuos
- **Fertilidad:** 120-90-80 y 120-90-80-4000 cal dolomita

También se seleccionaron solo cinco tratamientos (tabla 2), pero la enmienda con cal dolomita solo se integró en un tratamiento de estudio.

Cabe señalar que "leguminosa 1" (descanso mejorado) consistirá en sembrar rábano de raíz larga con dos propósitos: generar cobertura y roturar el suelo de manera interna a través de su raíz. Esto permitirá una mayor infiltración del agua de lluvia; posteriormente, al estar el rábano en floración plena, se realizará la dobla de planta, se picará de manera manual y en relevo se establecerá una leguminosa de otoño-invierno (se ha considerado al chícharo, por ser una especie que se cultiva en la región).

RESULTADOS ESPERADOS

Los trabajos que se están realizando en las plataformas experimentales en las regiones Mazateca y Mixe serán pertinentes en la transferencia con grupos de productores en condiciones semejantes a estos agrosistemas.

En el sistema MIAF, el rendimiento de grano sería de al menos 3 t y un máximo de 4.2 t en una superficie de 0.6 ha, que es la que se destina para

Tabla 1. Tratamientos para maíz en AC dentro del sistema MIAF en San Nicolás Teopoxco, Oax.

No. Trat.	Labranza	Rotación	Manejo rastrojo	Fertilidad
				Kg ha ⁻¹
1	Azadón	Milpa 2 años, descanso 1	Sin residuos	80-00-00
2	Azadón	Milpa 2 años, descanso 1	Sin residuos	120-90-80
3	Cero labranza	Milpa 2 años, leguminosa 1	Con residuos	60-45-40 + micorriza
4	Cero labranza	Milpa 2 años, leguminosa 1	Con residuos	120-90-80
5	Cero labranza	Milpa 2 años, leguminosa 1	Con residuos	60-45-40 + micorriza

Tabla 2. Tratamientos para maíz en AC dentro del sistema MIAF en Puente Ardilla, Tamazulapam del Espíritu Santo, Oax.

No. Trat.	Labranza	Rotación	Manejo rastrojo	Fertilidad
				Kg ha ⁻¹
1	Azadón	Milpa 2 años, descanso 1	Sin residuos	80-00-00
2	Azadón	Milpa 2 años, leguminosa 1	Sin residuos	120-90-80
3	Cero labranza	Milpa 2 años, descanso 1	Con residuos	120-90-80
4	Cero labranza	Milpa 2 años, leguminosa 1	Con residuos	120-90-80
5	Cero labranza	Milpa 2 años, leguminosa 1	Con residuos	120-90-80-4000 cal

establecer los cultivos básicos. Por lo tanto, los rendimientos equivalentes a 1 ha serían de 5 y 7 t, en un mediano plazo (año 3).

El incremento de la materia seca será proporcional al incremento del rendimiento de grano, de tal forma se dispondrá de suficiente cobertura para aumentar el contenido de materia orgánica paulatinamente en el suelo.

La integración de las tecnologías AC y MIAF es una alternativa sostenible y sustentable para las pequeñas unidades de producción en condiciones de laderas someras y pronunciadas. ▶

Bibliografía

- Cajuste, L. J. (1977). Química de suelos con un enfoque agrícola. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Espinosa, J. y Molina, E. (1999). Acidez y encalado. International Plant Nutrition Institute. USA.
- Fassbender, H. W. (1986). Química de suelos, con un énfasis de suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- Ramos, S. A., Cortés, F. J. I., Turrent, F. A., Jiménez, S. L., Torres, Z. J. P. y Martínez, M. O. (2009). Proyecto Colegio de Postgraduados-Fundación Produce Oaxaca: Investigación agrónoma y transferencia de tecnología en la fase de escalamiento del pmsi en el estado de Oaxaca. Tercera etapa.
- Ramos, S. A. (2015). Descanso mejorado. Investigador jubilado del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias (pmsi@prodigy.net.mx). Comunicación personal.



El paso del huracán Patricia

En esta ocasión seleccionamos algunas imágenes sobre los daños causados por el huracán Patricia.

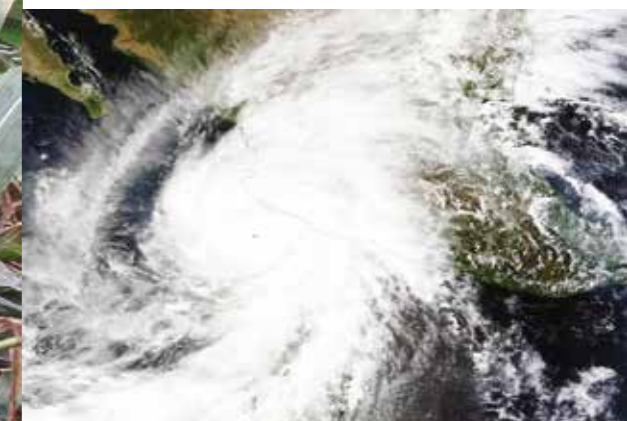
Descrito por las autoridades federales como el huracán más intenso que haya existido en el pacífico mexicano, desde que se tiene registro, Patricia causó graves daños, aunque nunca en el grado que se esperaba.



Con vientos máximos sostenidos de hasta 325 km/h, Patricia alcanzó la categoría 5 —la máxima de la escala Saffir-Simpson—, por lo que se declaró “emergencia extraordinaria” en Colima, Nayarit y Jalisco.

Estas fotografías, tomadas por personal del Hub Bajío, muestran las afectaciones en las parcelas y los campos de cultivo.

“Mi familia y yo estamos bien, pero no puedo decir lo mismo de mi pueblo y de algunas de sus comunidades, ya que la afectación por el paso del huracán fue muy grave, provocó que se inundaran varias colonias y se dañaran completamente cultivos de maíz y chile, los cuales se encontraban en la ribera del río Mascota”, narró María Antonia Canales Chávez, técnico certificado en Agricultura de Conservación. ▶





IMPACTOS MasAgro:

cuatro años cosechando
sustentabilidad en el
campo de México

Sigue de cerca esta campaña de resultados
en nuestras redes sociales para conocer las
actividades de los componentes, impactos,
testimonios, y más...

¡Súmatel! Te invitamos a compartir tus
historias y experiencias de innovación
agrícola con nosotros, no olvides usar el
hashtag #4MasAgro en tus publicaciones.

#4MasAgro

DIRECTORIO

TELÉFONO
01800 462 7247



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@cgiar.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, USAID, el Gobierno del estado de Guanajuato a través de la SDAyR, Syngenta, los programas de investigación del CGIAR Maíz (CRP Maize), Trigo (CRP Wheat), Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS), la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) y Kellogg's. 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.