



# Cosechando *i*nnovación

Un modelo de México para el mundo



**SAGARPA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN



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



Cosechando Innovación: un Modelo de México para el Mundo por IICA se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-Compartir igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)  
Creado a partir de la obra en [www.iica.int](http://www.iica.int).

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

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

Coordinación editorial: José Francisco Gómez de León

Corrección de estilo: Alejandro Pérez Sáez

Diagramación: DPIimagen

Diseño de portada: DPIimagen

Impresión: Digitalfx

Cosechando Innovación: un Modelo de México para el Mundo  
Leticia Deschamps Solórzano...[et al.]. – México : IICA, 2016.  
136 p.; 21 cm x 28 cm

ISBN: 978-92-9248-643-3

1. Seguridad alimentaria 2. Cambio climático 3. Fitomejoramiento 4. Cooperación internacional  
5. Maíz 6. Trigo 7. Innovación 8. Productos agrícolas 9. Valor nutritivo  
10. Adaptación al cambio climático 11. Extensión 12. México I.

Deschamps Solórzano, L. II. Gómez Luengo, O. III. León, M. IV. Barilla, M. V. Vázquez,  
N. VI. IICA VII. SAGARPA VIII. CIMMYT. IX. Título

AGRIS  
E14

DEWEY  
338.16

México  
2016

#### AGRADECIMIENTOS

María del Pilar Alcacio, Israel Emir Bahena Salazar, Fernando Bahena Juárez,  
Ramón Barrera Barbosa, Carolina Camacho Villa, Luis Castillo, Xiomara Chávez,  
Fernando Galván Castillo, Luis García Masse, Bram Govaerts, Miguel Hernández Martínez,  
Abel Jaime Leal, María Guadalupe Mata García, Miguel Mendoza, Alfonso Montero Jr.,  
Raúl Obando Rodríguez, Gerardo Ramírez, Jesús Alejandro Uribe

# Cosechando innovación

Un modelo de México para el mundo  
*maíz y trigo*



SAGARPA  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN





“ EL MODELO QUE SE PRESENTA BUSCA CONTRIBUIR A DESENCADENAR Y FORTALECER PROCESOS DE INNOVACIÓN EN LOS PAÍSES DE LAS AMÉRICAS ... ”

## ÍNDICE

<b>EDITORIALES</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
<b>I. RETOS PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>21</b>
Principales retos para la seguridad alimentaria	21
Situación productiva de maíz y trigo en México y el mundo	22
Efectos del cambio climático en México	24
Compromisos internacionales de México	26
<b>II. CIMMYT-SAGARPA, UNA ALIANZA ESTRATÉGICA</b>	<b>31</b>
Alianza estratégica exitosa	31
El origen del CIMMYT	32
Situación actual del CIMMYT	33
Banco de Germoplasma	35
Mejoramiento Genético de Maíz en México	36
Mejoramiento Genético de Trigo	37
Sistemas de Producción para una intensificación sustentable	39
Modernización Sustentable de La Agricultura Tradicional (masAgro)	45
Alianza del CIMMYT con institutos de investigación internacional y organismos internacionales	41
Reconocimientos de México en el mundo	52
<b>III. MASAGRO, EL MODELO DE COOPERACIÓN SAGARPA-CIMMYT</b>	<b>57</b>
Avances por línea de acción	60
MasAgro Biodiversidad	60
MasAgro Maíz	63
MasAgro Trigo	66
MasAgro Productor	68
Innovaciones Centrales a Resaltar	76
1. Atlas molecular Biodiversidad	76
2. Conexión de productores pequeños con mercados nuevos	77

3. Investigación colaborativa, Redes de innovación, Desarrollo de Capacidades y Acompañamiento técnico	79
4. Desarrollo de proveedores. Distribución y cobertura	80
5. Tecnología de la información. Gestión del conocimiento	84
Colaboraciones Interinstitucionales	86
Formación del Capital Humano	86
Generación y Divulgación del Conocimiento	91
<b>IV. UN MODELO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA EN ATENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA</b>	<b>97</b>
El Modelo de Cooperación Internacional	97
El Modelo Internacional CIMMYT MasAgro- SAGARPA, un bien público disponible	99
El Modelo en el Marco del Sistema Nacional de Innovación Agroalimentario y la Atención a los Desafíos Nacionales	100
Principales Innovaciones en MasAgro	105
MasAgro a través de los Nodos de Innovación o Hubs	107
MasAgro Guanajuato	107
MasAgro Oaxaca	112
Factores de éxito de MasAgro en los nodos de innovación	117
Factores claves para lograr la replicabilidad del Modelo en otro país	119
Principales Aportaciones del Modelo al Cambio Climático y la Seguridad Alimentaria	121
<b>ANEXOS</b>	<b>126</b>

“UN EJEMPLO HISTÓRICO Y MUY CLARO DE LO ANTERIOR ES LA GRAN Y FRUCTÍFERA ALIANZA ENTRE LA SAGARPA DE MÉXICO Y EL CIMMYT PARA EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL MAÍZ Y TRIGO ...”





**EL IICA HA TRABAJADO EN ATENDER EL MANDATO DE LOS MINISTROS DE AGRICULTURA DE LAS AMÉRICAS INTEGRANDO LA INNOVACIÓN COMO TEMA CENTRAL DE LA AGENDA DE DESARROLLO DEL SECTOR AGROALIMENTARIO ...**

## PRESENTACIÓN

La presente obra tiene como propósito principal dar a conocer el modelo de cooperación internacional CIMMYT-MasAgro-SAGARPA con el fin de apoyar su replicabilidad en los estados miembros del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA.

La replicabilidad del modelo que se presenta busca contribuir a desencadenar y fortalecer procesos de innovación en los países de las Américas que incrementen la producción, la productividad y la calidad nutricional del maíz y trigo, el aprovechamiento de especies autóctonas y de los recursos genéticos nativos con potencial alimentario, fomenten e implementen medidas de adaptación a la agricultura al cambio climático y prácticas sostenibles de producción que fortalezcan la seguridad alimentaria.

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) como organismo del Sistema Interamericano especializado en agricultura tiene como misión estimular, promover y apoyar los esfuerzos que realizan sus países miembros para lograr el desarrollo agrícola y el bienestar rural por medio de la cooperación técnica de excelencia multilateral, orientada a resultados de alto impacto, que contribuyan a lograr en cada uno de los países las transformaciones necesarias para una agricultura productiva, sustentable e incluyente, que responda a mandatos específicos de las autoridades nacionales del sector con quienes se asumen compromisos hemisféricos.

En ese sentido, el IICA ha trabajado integrando la innovación como tema central de la Agenda de Desarrollo del Sector Agroalimentario, para lo cual, además de recoger los criterios de los ministros de agricultura de las Américas, genera foros de discusión, establece consensos y realiza esfuerzos importantes para encaminar la visión de los países hacia sistemas nacionales de innovación agroalimentaria.

Las recomendaciones del IICA han sido claves en la construcción de políticas públicas nacionales, como MasAgro en México, cuyo fin es contribuir a desencadenar y fortalecer procesos intensivos y permanentes de innovación con la participación de todos los actores.

El CIMMYT participa activamente en los mecanismos del IICA especializados en investigación e innovación en el sector agroalimentario –FONTAGRO, FORAGRO, INNOVAGRO–, así como con las representaciones del IICA en los países de las Américas. A partir de MasAgro, ha intensificado su vinculación con las representaciones de México y Guatemala; además, se prevé replicar dicha estrategia en América Central con apoyo de las representaciones del IICA y del Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC).

En México, el IICA cuenta con Acuerdos Marco de Cooperación con la SAGARPA y el CIMMYT. Los acuerdos pactados con la SAGARPA están dirigidos al apoyo de programas de desarrollo rural, alimentación y competitividad, sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria –acciones prioritarias en el país–, mediante el impulso de la innovación, los procesos de transferencia de tecnología y el extensionismo. Por otra parte, ha establecido acuerdos con el CIMMYT para la realización conjunta y coordinada de proyectos de investigación científica relacionados con el mejoramiento del maíz y el trigo, el intercambio y desarrollo académico, la difusión de información sobre problemas agrícolas comunes, el intercambio de personal científico, el desarrollo, formación y actualización de recursos humanos, así como la contribución al mejoramiento de la operación de políticas públicas dirigidas al desarrollo de la población rural.

Enfrentar los grandes retos de los sectores agrícola y rural requiere del concurso de todos los actores nacionales e internacionales involucrados y en los sistemas de innovación agroalimentaria. Un ejemplo histórico y muy claro de lo anterior es la gran y fructífera alianza entre la SAGARPA de México y el CIMMYT para el mejoramiento genético del maíz y el trigo. Su compromiso con el sector, su visión global y de largo plazo, así como la estrecha interacción entre el trabajo científico y de extensión agrícola de este Centro Internacional y la principal institución nacional responsable de la política agroalimentaria y de las políticas de investigación, desarrollo, innovación, transferencia de tecnología y extensionismo en el sector agroalimentario nacional, han sido fundamentales para avanzar en la seguridad alimentaria, no solamente de México sino de muchos otros países, mediante el aporte de bienes públicos internacionales.

Uno de los principales resultados de esta alianza es la alta participación en México de los principales actores de los sistemas de innovación agroalimentaria nacional e internacional en la estrategia CIMMYT-MasAgro para el mejoramiento genético del maíz y el trigo, el incremento de la productividad, de la competitividad y de los ingresos de los productores, para la adaptación al cambio climático, el buen aprovechamiento de los recursos naturales y la seguridad alimentaria, por lo que se ha convertido en un modelo de cooperación internacional en beneficio de los países involucrados.

La presente obra tiene como propósito principal dar a conocer el modelo de cooperación internacional CIMMYT-MasAgro-SAGARPA, que contribuye y da soluciones a los grandes desafíos de la agricultura de nuestra época y ayuda a construir su desarrollo futuro.

La divulgación de la metodología y el impacto del modelo permitirá promover su aplicación en los demás países de las Américas a través de las Representaciones de IICA y de las instituciones miembros de la Red de Gestión de la Innovación en el Sector Agroalimentario, Red INNOVAGRO.

SAGARPA y CIMMYT han trabajado durante 50 años aliados para lograr este modelo que hoy se presenta como un bien público internacional y como una gran oportunidad para impulsar procesos de cooperación internacional en innovación agroalimentaria en los países de las Américas.

DIRECTOR GENERAL DEL IICA  
DR. VÍCTOR VILLALOBOS ARÁMBULA  
SEPTIEMBRE DEL 2016

“ENFRENTAR LOS GRANDES RETOS DE LOS SECTORES AGRÍCOLA Y RURAL  
REQUIERE DEL CONCURSO DE TODOS LOS ACTORES NACIONALES E  
INTERNACIONALES ...



## SAGARPA-CIMMYT: UN MODELO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA EN ATENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

El campo mexicano es opción de desarrollo económico y productivo para nuestro país. La variabilidad de climas, la tipología de productores y mejores técnicas de producción han contribuido al incremento de la productividad, el mejoramiento de la rentabilidad y la optimización de la sustentabilidad en la producción agropecuaria y pesquera, factores esenciales para la mayor participación del sector agroalimentario en el mercado nacional e internacional.

Con una frontera agrícola cada vez más limitada, las innovaciones tecnológicas, realizadas por centros e institutos de investigación, y su aplicación y replicación por parte de los productores han sido determinantes para el auge que tenemos en la producción de alimentos y que México se ubique en el lugar 12 entre los países del orbe que más los producen.

La presencia de una gran diversidad de productos agroalimentarios mexicanos en el mercado internacional es evidencia del dinamismo del sector primario. El uso de mejores técnicas de producción y el establecimiento de sistemas productivos enfocados a las actividades agroalimentarias han sido de enorme importancia para la mayor capacidad exportadora que tienen la agricultura, la ganadería y la pesca.

El maíz y trigo son dos especies agrícolas de gran importancia para México. El primero por ser nuestro país centro de origen y de diversidad genética de este grano, situación que propicia la existencia de muy diversas modalidades para cosecharlo y que sea uno de los principales cultivos en superficie sembrada y volumen de producción. La relevancia económica, social y cultural del maíz nos compromete a emprender acciones destinadas a su resguardo; a impulsar la investigación científica; y a la búsqueda de alternativas productivas que generen valor agregado.

El trigo, por su parte, es un importante grano para un grupo considerable de productores agrícolas, quienes han hecho de la cosecha de este grano una forma de vida en las comunidades rurales. Es también de enorme valía para la industria por ser un insumo básico para una gran diversidad de productos alimenticios.

La mayor productividad agropecuaria tiene como una de sus directrices básicas estar en concordancia con la naturaleza. El mantenimiento de los recursos naturales y el uso de técnicas que no degraden el medio ambiente y preserven la biodiversidad son imprescindibles. Ante sequías, huracanes, inundaciones y otras adversidades de las que no estamos exentos, se requiere del uso de técnicas sostenibles que contribuyan a optimizar los recursos naturales, principalmente el agua y la fertilidad de la tierra, y a garantizar la seguridad alimentaria.

El Gobierno de la República, consciente de que la innovación es el motor que mueve el campo Mexicano, ha puesto especial énfasis en la cooperación científica, para el intercambio de conocimientos y experiencias, así como para mejorar la coordinación y complementariedad de acciones que permitan enfrentar los riesgos que ha traído aparejado el cambio climático, el crecimiento poblacional y las nuevas tendencias de consumo.

El fortalecimiento del programa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro), esfuerzo liderado por México y concebido para su desarrollo hasta el 2020, tiene como

propósito apoyar la investigación, el desarrollo de capacidades y la transferencia de tecnologías innovadoras al campo, para que los pequeños y medianos productores de los cultivos básicos de maíz y de trigo, ubicados en zonas de temporal y subsistencia, obtengan rendimientos altos y estables y aumenten su ingreso.

MasAgro basa su éxito en la integración de esfuerzos de diversos actores nacionales e internacionales, públicos y privados, entre los que se encuentran agricultores individuales y organizados, investigadores, proveedores de insumos y participantes de las cadenas agroalimentarias de maíz y trigo. Este programa, articulado con las políticas de disponibilidad y acceso a la alimentación emprendidas por la SAGARPA y los gobiernos estatales y municipales, sin otorgar apoyos directos, complementa y enriquece las acciones para una intensificación sustentable de la producción de estos granos en nuestro país, además de contribuir al desarrollo rural.

La confluencia de SAGARPA y CIMMYT ha propiciado, que a través de un trabajo responsable de investigadores reconocidos por su capacidad y aporte al incremento de la productividad en el campo, se implementen métodos biotecnológicos de última generación y mecanismos de producción innovadores, basados en la pertinencia de aprovechar la diversidad genética de maíz y trigo que existen en el territorio nacional. La investigación científica en torno a estos dos granos ha contribuido a caracterizar molecularmente el 97% de la diversidad genética del maíz y el 60% de trigo. Este importante logro ha permitido la identificación de los factores genéticos que determinan las capacidades de adaptación y rendimiento de ambos granos, y se ha constituido en el punto de partida para la creación de nuevas semillas mejoradas y adaptadas a las condiciones climáticas y de suelo de las principales regiones productoras de estos cultivos en el país.

El uso de estas semillas, biofertilizantes, manejo integrado de plagas y sistemas de agricultura de conservación, producto de un modelo innovador de extensionismo agrícola que emplea tecnologías de la información -como la Bitácora Electrónica MasAgro, el sensor GreenSeeker, Sistemas de Información Geográfica y MasAgro Móvil- para la toma de decisiones es una contribución fundamental del programa MasAgro al desarrollo productivo sustentable y la seguridad alimentaria, que está en concordancia con las aplicaciones #SagarpaProduce y #Sagarpamercados, que bajo mi administración se han implementado y cuyo propósito es elevar la productividad del campo y tener una mejor comercialización de los productos alimentarios.

Los casos de éxito, fruto de la colaboración asertiva entre SAGARPA y el CIMMYT, que se plasman en este valioso documento, tiene como finalidad dar a conocer a la sociedad los logros del programa MasAgro, esquema exitoso que conjunta las capacidades, talentos, aptitudes y actitudes de investigadores de reconocido prestigio, con la única intención de poner en movimiento a la ciencia, la tecnología, la innovación y el extensionismo, para darle un nuevo rostro al campo mexicano, bajo un enfoque de productividad, rentabilidad y competitividad, que mediante un modelo de innovación tecnológica basado en el manejo sustentable de los recursos naturales, atienda el cambio climático y garantice la seguridad alimentaria.

JOSÉ E. CALZADA ROVIROSA  
SECRETARIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA,  
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN.

Este libro es publicado en el marco del cincuenta aniversario del CIMMYT. La fundación de este organismo en México no hubiera sido posible sin las facultades que el gobierno mexicano otorgó hace ya cincuenta años al CIMMYT con el objetivo de crear un organismo de investigación de excelencia en el país. Este acto visionario estableció al CIMMYT como la única organización internacional en todo el mundo con su sede central en México.

Hoy, la alianza con el gobierno de México y en especial con la SAGARPA es fundamental no sólo por tratarse de nuestro país anfitrión que por su naturaleza nos lleva a una colaboración. Sino que se trata de una asociación que ha demostrado resultados e impactos significativos para México.

“Nuestro más amplio reconocimiento a los científicos e investigadores agrícolas del CIMMYT por su entrega y compromiso con el mejoramiento del campo, de la aplicación de nuevos métodos de producción y distribución de nuevas semillas con cualidades superiores”, afirmó el senador Manuel Cota Jiménez.

El esfuerzo de trabajar por objetivos comunes con SAGARPA y muchos otros colaboradores ha culminado en múltiples casos de éxito que podrán ser replicados en muchas comunidades del país y ser exportados a otras comunidades en regiones del mundo que enfrentan problemas similares a los que busca resolver México en términos de productividad y sustentabilidad. Ejemplo de ello, es el programa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro).

No lo pudo haber dicho mejor el director del Centro de Desarrollo de la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE), Mario Pezzini quien recientemente afirmó que “el programa debería ampliarse a otras comunidades del país. Esta estrategia efectivamente ha contribuido a reducir la brecha de marginación y vulnerabilidad por carencia alimentaria en el municipio de Teúl de González Arteaga, Zacatecas”.

La visión del CIMMYT para el futuro es contribuir al desarrollo de un mundo con personas más saludables y prósperas, libre de la amenaza de una crisis mundial de alimentos y con sistemas agroalimentarios más resistentes. El gobierno de México continuará siendo nuestro socio en la consecución de este objetivo.

DR. MARTIN KROPFF  
DIRECTOR GENERAL, CIMMYT

El contenido de este libro describe con gran detalle el impacto que la alianza entre SAGARPA y CIMMYT ha logrado. Una alianza que ha permitido llevar al campo, al agricultor mexicano, tecnologías, innovaciones y prácticas que dan a los productores las herramientas para tener una vida digna, aumentando sus ingresos, introduciendo nuevas y múltiples tecnologías, llevando las innovaciones a sus parcelas y generando nuevas oportunidades. Gracias a la colaboración conjunta entre el gobierno mexicano y el CIMMYT, la visión de mi abuelo se cristaliza en proyectos con objetivos claros e impactos contundentes como MasAgro. La alianza SAGARPA-CIMMYT propicia las condiciones para lograr que México se convierta en un líder en innovación agrícola, como escuche declarar al Ing. Carlos Slim hace un par de años en la inauguración de las nuevas instalaciones. México tiene una responsabilidad de formar parte del granero que se requiere para alimentar a 9 billones de personas para 2050.

Actualmente, el trabajo conjunto ha rendido muchos frutos que ha dado a los agricultores del país una visión del potencial que tiene el campo mexicano. Los casos de éxito que en este libro se describen, Oaxaca y MasAgro Guanajuato, son un ejemplo de todos los posibles logros que se pueden obtener cuando dos instituciones colaboran por un mismo objetivo.

Agradezco a México y a su Gobierno por el apoyo brindado al CIMMYT, porque de esta manera realmente están haciendo llegar las innovaciones al productor, algo que mi abuelo siempre quiso lograr. Agradezco también al IICA por documentar esta experiencia para difundirla en el continente americano.

JULIE BORLAUG

## INTRODUCCIÓN

**E**l Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo en México (CIMMYT) surge por la iniciativa del gobierno de México de crear un instituto de investigación, sin fines de lucro y con proyección internacional, para resolver los problemas del hambre.

Su nacimiento se da en un contexto internacional y agroalimentario muy diferente al actual. Si bien México y los países en desarrollo sufrían un déficit alimentario, su atención se centraba en contribuir a la reducción del hambre en el mundo aumentando los rendimientos y elevando la productividad del maíz y el trigo como parte de estrategias nacionales para aumentar la autosuficiencia alimentaria. Su trabajo inicial es conocido en particular por haber iniciado la Revolución Verde que salvó millones de vidas en Asia, hecho que motivó que el doctor Norman Borlaug, del CIMMYT, recibiera el Premio Nobel de la Paz. Además, es reconocido mundialmente por contar con el banco de semillas de maíz y trigo más grande del mundo.

Actualmente, el CIMMYT trabaja para reducir la pobreza y el hambre mediante el aumento sustentable de la productividad de los sistemas de cultivo de maíz y trigo en el mundo en desarrollo; centra su atención en mejorar la calidad y la tolerancia de la semilla al estrés hídrico, plagas y enfermedades, con la participación de múltiples actores interdisciplinarios e intersectoriales, nacionales e internacionales, en proyectos que facilitan la cocreación de conocimientos, la generación y uso de nuevas tecnologías y conocimientos especializados, asumiendo una mayor responsabilidad en el impacto a gran escala.

Trabaja para promover y lograr la adopción de sistemas de producción sustentable entre los pequeños agricultores mediante una estrategia de intensificación sustentable (agricultura de conservación y agricultura de precisión) de los sistemas de producción de maíz y trigo, atendiendo el reto de cómo producir más alimentos sin sobreexplotar los recursos naturales actualmente disponibles, mejorando los ingresos y las condiciones de vida de los habitantes de las zonas rurales y minimizando las externalidades ambientales negativas de la agricultura. En América Latina, dicha estrategia se traduce en diferentes iniciativas nacionales, como es el caso de Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro) en México.

Por su parte, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) de México –cuyo trabajo como Secretaría de Estado se remonta a 1917–, es la responsable de la política de desarrollo agroalimentario, rural y pesquero en México, impulsando la productividad para garantizar la seguridad alimentaria, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la carencia alimentaria en el medio rural.

Desde 1966, la SAGARPA (con sus diferentes denominaciones) ha establecido convenios en apoyo a la investigación y el mejoramiento genético del trigo y el maíz y el extensionismo del CIMMYT. En el marco de la política agroalimentaria y de la política de innovación sectorial, SAGARPA ha aportado las condiciones y recursos necesarios para el desarrollo de los proyectos del CIMMYT, desde la Revolución Verde impulsada por Norman Borlaug, hasta la época actual bajo sistemas de producción para una intensificación sustentable y estrategias integrales como MasAgro, que abarcan mejoramiento genético, biodiversidad, intensificación sustentable y extensionismo. Así, la alianza SAGARPA-CIMMYT ha contribuido mediante mejoramiento genético al desarrollo de semillas mejoradas de trigo y maíz para la seguridad alimentaria no sólo de México sino de diversos países de América Latina y otros continentes.

MasAgro es una iniciativa de SAGARPA y CIMMYT para incrementar la producción de maíz y trigo, y contribuir a lograr la seguridad alimentaria de México. Trabaja con una visión de largo plazo en la adaptación de semillas a las condiciones causadas por el calentamiento global y la escasez de agua, mejorando su eficiencia, amortiguando los efectos de la sequía mediante agricultura de conservación y reactivando la transferencia de tecnología para una intensificación sustentable, desarrollando tecnologías acordes a cada región y tipo de productor, permitiendo la transferencia de conocimientos, acceso a la información, capacitación y aplicación de mejores prácticas agronómicas adaptadas a los factores adversos climáticos. De esta manera, MasAgro contribuye a la búsqueda de soluciones a dos de los más grandes desafíos de la humanidad: el cambio climático y la seguridad alimentaria.

Es en este sentido que el IICA se propone a través de la publicación de este libro y en el marco del 50 aniversario del CIMMYT, dar a conocer internacionalmente la estrategia y metodología de MasAgro como un modelo de innovación y extensionismo que fomenta e implementa medidas de adaptación de la agricultura al cambio climático para la producción de trigo y maíz de calidad nutricional.

En el primer capítulo presenta los retos para la seguridad alimentaria y el cambio climático en México y el mundo, así como los compromisos internacionales de México para atender ambos desafíos.

En el segundo capítulo presenta la alianza estratégica entre SAGARPA y CIMMYT, el origen del CIMMYT, su situación actual y sus principales programas y actividades, el trabajo del CIMMYT con el CGIAR, su alianza con el IICA y los reconocimientos que ha recibido México por su aportaciones al mundo en mejoramiento genético y en estrategias como Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional, MasAgro.

En el tercer capítulo presenta a MasAgro como una estrategia nacional de intervención del CIMMYT en México, con sus principales avances y resultados descritos por componente: MasAgro Biodiversidad; MasAgro Maíz; MasAgro Trigo; y MasAgro Productor. Destaca las innovaciones centrales de MasAgro: Atlas Molecular Biodiversidad; vinculación de productores pequeños con

nuevos mercados; la investigación colaborativa, redes de innovación, desarrollo de capacidades y acompañamiento técnico; desarrollo de proveedores; tecnología de información y gestión de conocimiento. Se presentan las alianzas de MasAgro con organizaciones de productores, instituciones de educación, centros o institutos de investigación nacionales, centros de investigación internacionales, universidades extranjeras, empresas nacionales, globales e internacionales, organizaciones de la sociedad civil, sector público y patrocinadores. Se explican los procesos impulsados en el desarrollo del capital humano en sus diferentes niveles de intervención, y los procesos de generación y divulgación de conocimiento.

En el cuarto capítulo se presenta a MasAgro como un modelo de cooperación internacional en México, con la participación de los principales actores de los sistemas de innovación agroalimentaria nacional e internacional y resultados e impactos que lo han convertido en un bien público internacional replicable en otros países. En este apartado se describen las características del modelo, se presentan las aportaciones como bien público internacional, se explica el modelo en el marco del sistema nacional de innovación agroalimentario, se identifican las intervenciones por componente y sus principales innovaciones, y se exponen dos casos de nodos de innovación o hubs: Guanajuato y Oaxaca. Por último, se presentan los factores clave para lograr la repetibilidad del modelo en otros países y sus principales aportaciones al cambio climático y a la seguridad alimentaria.

“EL CYMMIT TRABAJA PARA REDUCIR LA POBREZA Y EL HAMBRE MEDIANTE EL AUMENTO SUSTENTABLE DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO DE MAÍZ Y TRIGO EN EL MUNDO ...”





## RETOS PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

### PRINCIPALES RETOS PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

**E**l derecho a la alimentación está reconocido en la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948 como parte del derecho a un nivel de vida adecuado. En marzo del 2014, 164 estados ratificaron el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC) que garantiza el derecho a una alimentación adecuada.<sup>1</sup> A pesar de ello, un número muy elevado de personas carece todavía de los alimentos necesarios para disfrutar de una vida activa y saludable. Las estimaciones más recientes de la FAO indican que unos 795 millones de personas de todo el mundo, es decir, una de cada nueve personas, estaban subalimentadas en 2014-2016,<sup>2</sup> de las cuales, unos 780 millones de personas –esto es, 98% de las personas que padecen hambre– viven en las regiones en desarrollo.

Aunado a lo anterior, enfrentamos un ritmo muy acelerado de crecimiento de la población mundial, pues aumentará de los casi 7 000 millones de habitantes actuales hasta 8 000 millones antes de 2030, y probablemente hasta más de 9 000 millones antes de 2050.<sup>3</sup> A esta fuerte demanda de alimentos se suman factores como la pobreza, la baja productividad, el impacto del cambio climático y la dificultad de producir con menores recursos naturales y poca disponibilidad de agua.

Por ello, la seguridad alimentaria –es decir, lograr que todas las personas tengan, en todo momento, acceso físico y económico a suficientes alimentos, inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimentarias y sus preferencias en cuanto a los alimentos, con el fin de llevar una vida activa y sana–<sup>4</sup> es un tema que se discute ampliamente no sólo dentro de zonas tradicionalmente pobres y afectadas por la inseguridad alimentaria, sino también en economías desarrolladas.

Los cinco retos fundamentales que tiene el sistema alimentario para los próximos 40 años son:<sup>5</sup>

- El balance de la demanda futura y la sustentabilidad de la oferta.
- Asegurar una estabilidad en la oferta de alimentos y proteger a la población más vulnerable.
- Alcanzar el acceso global de alimentos y terminar con el hambre.
- Conducir la contribución del sistema alimentario para la mitigación del cambio climático.
- Mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, a la vez que se alimenta al mundo.

Ante este panorama, los organismos internacionales han recomendado a los gobiernos invertir, primero que todo, en investigación agrícola aplicada a la generación de semillas más resistentes y rendidoras y al desarrollo de nuevas tecnologías agrícolas accesibles para los productores de pequeña y mediana escala, así como dar prioridad a las actividades que permitan estimular las capacidades productivas y la especialización de los agricultores de escasos recursos mediante el entrenamiento y la revigorización del extensionismo agrícola.

México incrementará su población para alcanzar 163 millones 754 personas en 2050. El incremento de la población mexicana hará necesario aumentar en un 30% la producción nacional de alimentos para satisfacer la demanda.<sup>6</sup>

El reto de dar seguridad alimentaria a la población de México también se acrecentará gradualmente por factores externos al mercado nacional. Las proyecciones de la FAO estiman que la producción de maíz y trigo en 2050 no será suficiente para satisfacer la demanda mundial de ambos granos debido, principalmente, al efecto combinado del cambio climático, la escasez de insumos para la producción (agua, tierra arable de calidad y energía), y el surgimiento de nuevas plagas y enfermedades.<sup>7</sup> En consecuencia, se incrementará el precio de los granos básicos en el mercado internacional y cada vez será más costoso y difícil para México importar los granos que no produzca.

Esta tendencia ya puede observarse, sobre todo en el caso del maíz amarillo, debido a la reducción de exportaciones de los Estados Unidos para destinar 40% de su cosecha anual a la pro-

ducción de biocombustibles.<sup>8</sup> Por consiguiente, México ha tenido que importar los granos que requiere para consumo pecuario de otros países.

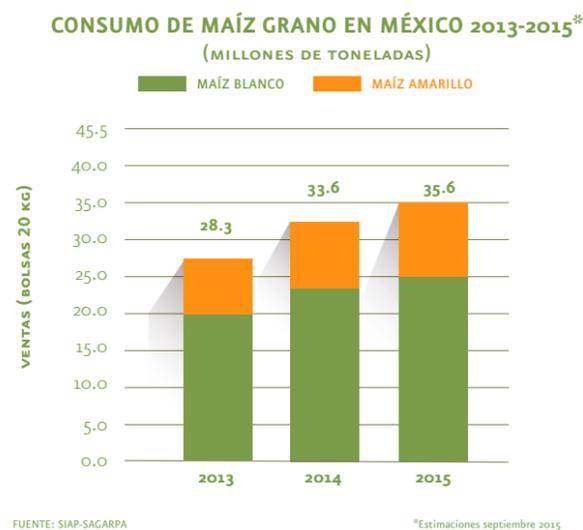
## SITUACIÓN PRODUCTIVA DE MAÍZ Y TRIGO EN MÉXICO Y EL MUNDO

### SITUACIÓN PRODUCTIVA DEL MAÍZ

México es el principal productor de maíz blanco en el mundo. Asimismo, éste es el cultivo más importante del país, ya que representa aproximadamente 35% de la superficie sembrada durante un año agrícola, tanto para cultivos cíclicos como perennes.<sup>9</sup> Por otro lado, el principal uso del maíz blanco en 2015 es el consumo humano, el cual se estima que representa el 53.1 del consumo total, seguido por el autoconsumo y, finalmente, por el consumo pecuario.<sup>10</sup> Para 2020, se estima un consumo de 24.6 mtm.<sup>11</sup>

La producción de maíz amarillo representa aproximadamente 5% de la producción total nacional de maíz en México. Asimismo, contrario al superávit de maíz blanco, el mercado de maíz amarillo es deficitario. En México se consumen aproximadamente 11 mtm anuales de maíz amarillo. El principal uso del maíz amarillo en el país es el consumo pecuario, que en 2015 representa 74.0% del total consumido. El segundo principal uso del maíz amarillo, que captura 19.5% del total consumido, es la industria almidonera para la producción de fécula.

En 2011, la producción de maíz en México cayó a su nivel más



bajo en 20 años al ubicarse en 17.6 millones de toneladas, debido a fenómenos climáticos que afectaron a las principales zonas productivas del país.<sup>12</sup> La productividad promedio en las zonas de temporal fue de poco más de 2 toneladas por hectárea, cuando en 2008 fue de 3.31.<sup>13</sup>

Para 2016, si el ritmo registrado en los primeros cinco meses del año continúa, México se encamina a alcanzar un récord en las importaciones de maíz. Entre enero y mayo de este año, el volumen de compras de maíz (blanco y amarillo) ascendió a 6 millones 465 mil toneladas, lo que representa un crecimiento del 29.9% en comparación con un periodo de la misma extensión del año pasado, cuando apenas se acercó a los 5 millones de toneladas. En contraste, el país exportó 201 mil toneladas de maíz por un valor total de 53 millones 600 mil dólares. 88.8% de las compras de maíz correspondieron al amarillo destinado para el sector pecuario, mientras que en segundo lugar se ubicaron las importaciones de maíz blanco, ambos procedentes de los Estados Unidos.<sup>14</sup>

### SITUACIÓN PRODUCTIVA DEL TRIGO

En México, el trigo se cultiva principalmente en el ciclo Otoño-Invierno debido a que es altamente dependiente de condiciones climáticas templadas y necesita una gran disponibilidad de agua para su riego.<sup>15</sup>

En México el trigo destaca como el segundo cereal en importancia en cuanto a superficie sembrada. En promedio, entre 2008 y 2013 se sembraron 733 mil hectáreas. Por otro lado, con relación al valor de la producción, en el grupo de cereales el trigo ocupó en 2013 el segundo lugar con 11 923 millones de pesos. Con ello, se sitúa en el sexto lugar general, después de productos como maíz, caña de azúcar, sorgo, pastos, aguacate y tomate rojo.<sup>16</sup>

Aproximadamente el 80% de la superficie cosechada de trigo la aportan los estados de Sonora, Guanajuato, Baja California, Zacatecas, Tlaxcala, Chihuahua y Michoacán. Sonora produce aproximadamente 50% de la producción nacional de este grano.<sup>17</sup> Además, las condiciones agroclimáticas que prevalecen en las entidades de producción propician la siembra de diferentes tipos de trigo. Por ejemplo, en Sonora sobresale la producción de trigos cristalinos y en Chihuahua la de trigos duros.<sup>18</sup>

La superficie cosechada de trigo en el país durante el año agrícola 2013 fue de 634.4 miles de hectáreas, es decir, 9.6%

más que el año agrícola previo. En los últimos doce años (2002-2013), la superficie cosechada de trigo prácticamente ha sido la misma, pues en 2002 se cosecharon 634.5 miles de hectáreas.<sup>19</sup>

Entre 2003 y 2013, el consumo aparente de trigo en México creció en 0.9% a tasa promedio anual. En 2012 se alcanzó el consumo más alto, con 7.3 millones de toneladas.<sup>20</sup>

México se mantiene como exportador neto de trigo duro y como importador neto de trigo panificable. De 2008 a 2010, 76% de las importaciones mexicanas de trigo panificable provinieron de los Estados Unidos, 24% de Canadá, y el resto de otros países. Las exportaciones de México de trigo cristalino oscilan entre 500 000 y 1,5 millones de toneladas por año agrícola.<sup>21</sup>

En 2011, México produjo solamente 3.6 millones de toneladas,<sup>22</sup> alrededor del 46% del trigo que consume, con un rendimiento promedio nacional de 3 ton/ha.

En 2011, después del maíz, el grano que más se importó fue el trigo, pues registró un alza de 23%, al pasar de un millón 578 mil toneladas a un millón 941 mil toneladas. Si bien el mayor porcentaje provino de los Estados Unidos, con un millón 11 mil toneladas, las compras al país del norte cayeron en un 8.3%, al comprar trigo de Rusia (183 mil toneladas), Ucrania (119 mil toneladas) y Canadá, sumando 342 mil toneladas.<sup>23</sup>

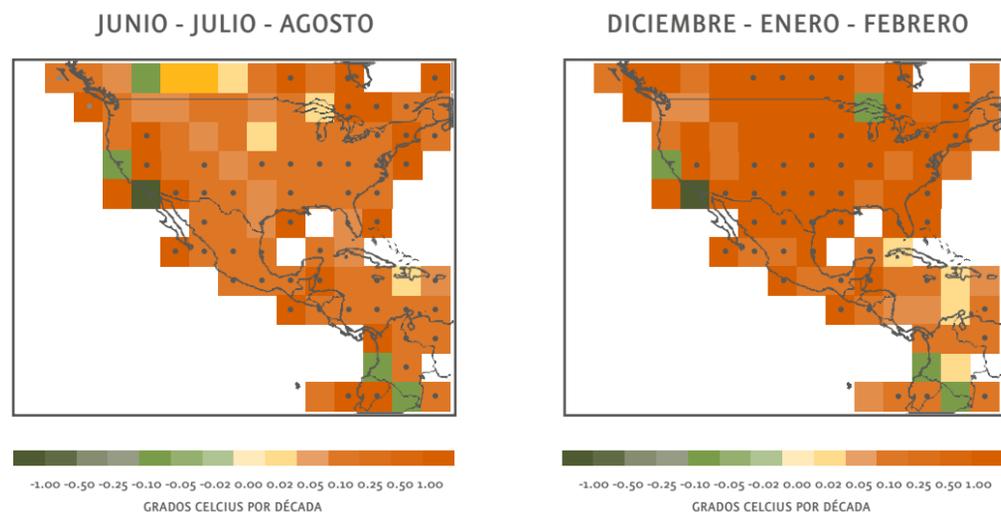
En 2012, las importaciones de trigo alcanzaron su máximo nivel al reportar un volumen de 4.6 millones de toneladas<sup>24</sup> para satisfacer la demanda de trigo para consumo humano y pecuario.

### SITUACIÓN PRODUCTIVA DE MAÍZ Y TRIGO A NIVEL MUNDIAL

El trigo es el segundo grano de mayor producción a nivel mundial después del maíz. Más del 60% de la producción mundial es utilizada para alimentación humana y su uso es cada vez más común en países en desarrollo de Asia y Latinoamérica.<sup>25</sup>

La producción mundial de trigo alcanzó 714.7 millones de toneladas en el ciclo comercial 2013/2014 debido al aumento en la producción de la Unión Europea, Rusia, Canadá, Ucrania y Australia. La producción de la Unión Europea fue superior a 143.1 millones de toneladas en 2013/2014.<sup>26</sup>

Según FAO, la producción total de trigo en 2016 se cifra en alrededor de 724 millones de toneladas, es decir, inferior en 1,4% o 10 millones de toneladas con respecto al 2015.<sup>27</sup>



Por otra parte, el consumo mundial de trigo durante el ciclo 2013/2014 fue de 694.6 millones de toneladas y se ubicó como el consumo récord de los últimos 54 años. Además, se espera que para el siguiente ciclo el consumo siga una tendencia creciente.<sup>28</sup>

En lo que respecta al maíz, durante el ciclo comercial 2014/2015 se observó el nivel de producción mundial más alto de la historia, al totalizar 1 009 millones de toneladas. Dicho volumen de producción se explica por los volúmenes de producción récord obtenidos en los principales países productores: los Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea. Las expectativas de producción para 2015/2016 estiman un descenso de 3.6% para ubicarse en 972.6 millones de toneladas. Lo anterior, ante un descenso en la superficie cosechada mundial estimada y menores volúmenes de producción en los Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea, este último afectado de manera importante por la sequía y altas temperaturas durante el último verano.<sup>29</sup>

Las expectativas de consumo mundial se estimaban a la alza, para totalizar 976.7 millones de toneladas en 2014/2015, de las cuales, 61.4% correspondían a consumo forrajero y el restante 38.6% a consumo humano, industrial y semilla. Para el siguiente ciclo, USDA estimaba un incremento de 0.6% en el consumo mundial total, impulsado por crecimientos de 0.5% en el consumo forrajero y 0.7% en el consumo humano, industrial y semilla.<sup>30</sup>

Por otra parte, se estima que la producción mundial de maíz 2016/2017 será de 1028.4 millones de toneladas, lo que podría significar una disminución de 68.67 millones de toneladas o 7.16% en la producción de maíz alrededor del mundo.<sup>31</sup>

### EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO.

Como se ha comentado, en los próximos años, el principal reto de los sistemas agroalimentarios del mundo, especialmente para los países en desarrollo, será asegurar el suministro de alimentos frente a una demanda que se intensificará debido al crecimiento de la población, mayor esperanza de vida y cambios en los patrones de consumo.

En contraste, se espera una mayor rigidez de la oferta a causa del agotamiento de la expansión de la tierra cultivable y una mayor volatilidad en los precios de los alimentos. Frente a esta situación, se requiere de un incremento en la productividad agrícola a fin de satisfacer el consumo alimentario. Sin embargo, ampliar los rendimientos agrícolas estará subordinado a los efectos negativos del cambio climático, como incremento de la temperatura, mayor frecuencia de eventos extremos y reducción de la precipitación.

El aumento de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos están afectando a la agricultura. De las pérdidas de cosechas anuales totales en la agricultura mundial, muchas se deben a causas meteorológicas y climáticas: sequías, inundaciones, lluvias intempestivas, heladas, granizo y fuertes tormentas. Entre 2003 y 2013, los desastres naturales y desastres en las regiones en desarrollo afectaron a más de 1.9 millones de personas y dieron lugar a cerca de 500 millones de dólares en daños estimados.<sup>32</sup>

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático ha señalado que los principales impactos del cambio climático a nivel global serán: escasez de alimentos y agua; aumento de la pobreza;

aumento del desplazamiento de las personas; inundaciones en zonas costeras.<sup>33</sup> Específicamente, en la agricultura se pueden destacar los siguientes impactos:<sup>34</sup>

- Ha sido y seguirá siendo significativamente afectada por los cambios en las condiciones climáticas: cantidad, calidad y costo de producción.
- Las estrategias de adaptación existentes pueden ayudar a compensar varios –pero no todos– los efectos en los siguientes 20-30 años; es muy posible que los efectos empeoren después de esto, especialmente si las emisiones de gases de efecto invernadero permanecen altas.
- Es necesaria la protección de la base de recursos naturales (agua y tierra) y el desarrollo de nuevas estrategias, herramientas y prácticas para la adaptación para mejorar la resiliencia de los sistemas agrícolas al cambio climático.

Los efectos y la sensibilidad serán diferentes dependiendo del producto. En el caso del maíz se prevén altas temperaturas nocturnas, altas temperaturas durante la polinización y estrés hídrico. Por su parte, en el trigo se prevén sensibilidad a eventos extremos y estrés hídrico. Además, el aumento en estreses bióticos afectará significativamente a la agricultura a través de: a) plagas de insectos: mayor número y aumento de resistencia a insecticidas; aumento y disminución de rangos geográficos; importaciones de orígenes externos; b) patógenos: cambios en la respuesta huésped-patógeno (plantas, insectos, reservas no ligadas a cultivos); las medidas de control cultural pueden ser menos confiables; los eventos extremos se pueden propagar; c) hierba: aumento en vitalidad, resistencia a herbicidas; aumento y disminución de rangos geográficos.<sup>35</sup>

De acuerdo con los estudios elaborados para México,<sup>36</sup> ya es posible observar los siguientes cambios en el país:

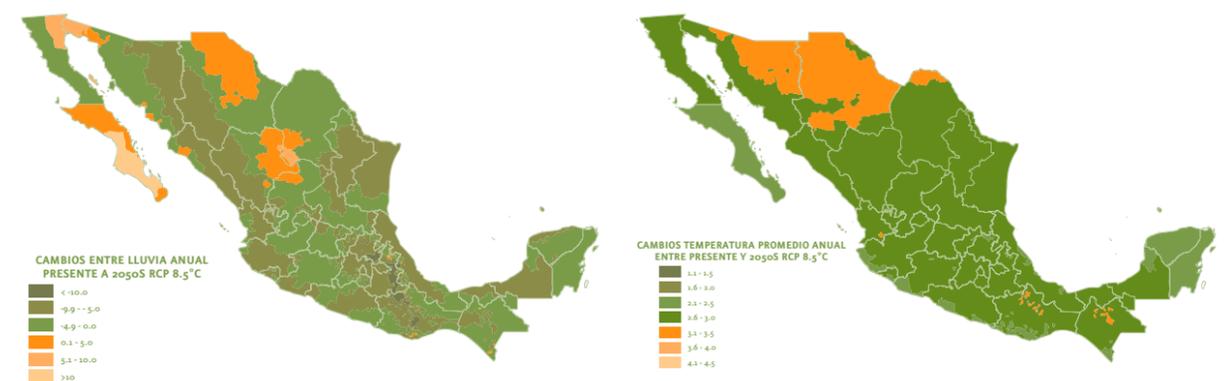
- Se ha vuelto más cálido desde la década de 1960.
- Las temperaturas promedio a nivel nacional aumentaron 0.85 °C y las temperaturas invernales 1.3 °C.
- Se ha reducido la cantidad de días más frescos desde los años sesenta del siglo pasado y hay más noches cálidas.
- La precipitación ha disminuido en la porción sureste desde hace medio siglo.

El incremento en los últimos años de la temperatura ambiental y las precipitaciones más erráticas, afectan a grandes áreas productoras de maíz y trigo en México. Esto significa la disminución de la producción agrícola y de la disponibilidad de alimentos debido a las pérdidas en el rendimiento de grano en un porcentaje cada vez mayor, lo que podría reflejarse en un aumento de los precios del mercado y mayores dificultades económicas para los consumidores de bajos recursos económicos en México.

El panorama a futuro no es muy alentador. Para el año 2050, los diversos modelos matemáticos construidos coinciden en que la temperatura promedio anual en México aumentará entre 1.6-2.0 °C en la península de Yucatán y 3.1-3.5 °C en el norte. En cuanto a la precipitación, se espera que disminuya en promedio entre un 5 y 10% (entre 22 y 4.5 mm/mes menos).<sup>37</sup>

La agricultura es una de las actividades que tienen una importante relación con el cambio climático, no solo por ser uno de los sectores más vulnerables a las variaciones de la temperatura y la precipitación, sino por el impacto que actualmente tienen los propios sistemas de cultivo en la contribución de gases de efecto invernadero.

La agricultura en México contribuye con 6.4% de los gases de efecto invernadero (GEI),<sup>38</sup> sin embargo, el cambio climático afectará más de la mitad del territorio del país (entre 50 y 57% cambiará sus condiciones de temperatura y precipitación); au-



mentarán los climas secos en mayores superficies, se presentarán sequías en el noroeste e inundaciones en el sureste del país, las zonas tropicales superarán los límites históricos de temperatura y amenazarán la biodiversidad; los estados con mayores incrementos de temperatura serán: Guanajuato, México, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz.<sup>39</sup> Todo lo anterior impactará la producción agropecuaria del país de manera diferenciada por regiones:<sup>40</sup> hectáreas pérdidas y/o no cosechadas; variaciones en rendimientos de cultivos; modificación en distribución de plagas y enfermedades animales; incremento de la demanda de riego

Las pérdidas agrícolas tendrán un efecto multiplicador que se traducirán en: problemas de abasto de productos e insumos por regiones; inestabilidad en el sector, como fuente de ingresos, deterioro de la situación económica de los productores y mayor pobreza en las áreas rurales.

El reto para México es particularmente importante ya que los expertos han estimado que los efectos del cambio climático podrían reducir hasta en 25% la producción agrícola del país en 2080.<sup>41</sup> México, al igual que el resto del mundo, también enfrenta la necesidad de hacer más sustentable su producción de alimentos. Actualmente, el país destina a la agricultura  $\frac{3}{4}$  partes del agua disponible en las regiones donde los productores cuentan con sistemas de riego. Esto implica enfocar esfuerzos para incrementar la eficiencia en el campo, adoptar prácticas sostenibles como la agricultura de conservación y establecer medidas de gestión específicas que coadyuven a una vinculación efectiva entre productores y autoridades.

#### COMPROMISOS INTERNACIONALES DE MÉXICO

México ha estado presente en los esfuerzos globales de mitigación del cambio climático. Fue el primer país en desarrollo en presentar su contribución nacional y establecer metas ambiciosas en cambio climático. Ha firmado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)<sup>42</sup> y el Protocolo de Kioto,<sup>43</sup> y ha diseñado en 2013 una Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC).<sup>44</sup>

Los compromisos de México en mitigación del cambio climático al 2030<sup>45</sup> son: en medidas no condicionadas, reducir 25% de sus emisiones de GEI y de Contaminantes Climáticos de Vida Corta al 2030 y, en medidas condicionadas (nuevo régimen internacional de Cambio Climático, recursos financieros, transferencia de tecnología, cooperación internacional), reducir las

emisiones hasta 40%, sujeto a un acuerdo global. En adaptación al cambio climático, los compromisos de prioridad son proteger a la población de los fenómenos hidrometeorológicos extremos, y aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica del país y de los sistemas productivos ecosistemas que albergan nuestra biodiversidad.

México ha conformado una Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) con el objeto de coordinar las acciones de la Administración Pública Federal relativas a formular e instrumentar la política nacional para prevenir, mitigar y adaptarse al cambio climático, que tiene como objetivos reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) e impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático.

Con base en las orientaciones de la ENCC, el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) desarrolla y concreta estrategias de mitigación y adaptación de cambio climático en México con el objetivo de cumplir con las metas planteadas para la reducción de emisiones.

Los objetivos del PECC<sup>46</sup> en la categoría de agricultura y ganadería son, en materia de mitigación:

- Reconvertir tierras agropecuarias degradadas y con bajo potencial productivo y siniestralidad recurrente a sistemas sustentables.
- Fomentar la cosecha en verde de la caña de azúcar.
- Reducir emisiones provenientes del uso de fertilizantes.
- Fomentar prácticas agrícolas sustentables, como la labranza de conservación para mantener las reservas de carbono e incrementar sus capacidades de captura.
- Recuperación o mejoramiento de la cobertura vegetal a través de la rehabilitación de terrenos de pastoreo.
- Estabilizar la frontera forestal-agropecuaria para reducir las emisiones de GEI provenientes de la conversión de superficies forestales a usos agropecuarios.
- Reducir la incidencia de incendios forestales provocados por quemas agropecuarias y forestales.

Los objetivos específicos del PECC para la agricultura son:

- Apoyar la reconversión de cultivos para aumentar la resiliencia del productor.
- 1 080 millones de m<sup>3</sup> de agua con tecnificación de riego.

- Incorporar 2 000 hectáreas a sistemas de producción intensiva y bajo cubierta.
- Otorgar garantías líquidas para incentivar proyectos con beneficios al medio ambiente y mitigación del cambio climático.
- Contribuir a evitar emisiones de hasta 450 000 toneladas de gei mediante el apoyo a proyectos en materia de bioenergéticos, energías renovables, eficiencia energética y prácticas agrícolas sustentables.
- Inducir el uso de biofertilizantes y/o abonos orgánicos en 180 000 has.
- Reducir en 25% el uso de fertilizantes químicos en las hectáreas inducidas al uso de biofertilizantes y/o abonos orgánicos.
- Reducir emisiones de carbono negro al evitar la quema de caña de azúcar mediante la cosecha en verde.
- Incluir prácticas de agricultura de conservación en 381 065 has.
- Apoyar a 58 213 productores con tecnologías sustentables.
- Reducir el uso de combustible en 15.2 millones de kg, equivalente a CO<sub>2</sub> ha 1 y 1.
- Secuestrar carbono para reducir el efecto invernadero neto en 454.6 millones de kg.
- Regenerar 381 065 hectáreas.
- Promover la investigación en materia de tecnologías agropecuarias para la mitigación y/o adaptación al cambio climático.
- Conservar y resguardar la biodiversidad genética, con énfasis en la conservación de variedades nativas.

México, ha sido un actor muy activo en la negociación del Acuerdo de París (Conference of the Parties, COP 21; diciembre de 2015), destacando las sinergias en su política en tres vertientes: cambio climático, biodiversidad y combate a la desertificación. Este nuevo acuerdo lo compromete a trabajar junto con otras naciones en mantener la temperatura global por debajo de los 1.5°C con base en el conocimiento científico y la innovación tecnológica.<sup>47</sup>

Por otra parte, México ha sido un fuerte promotor de la Alianza Global para la Agricultura Climáticamente Inteligente,<sup>48</sup> integrada por 20 países, la cual convoca a productores, organismos, empresas, instituciones de investigación y académicas.

Esta alianza tiene como objetivo reducir, a escala internacional, la emisión de Gases de Efecto Invernadero en los sectores agrícola, ganadero y pesquero, mediante técnicas de producción sustentable y con tecnología que aminore el impacto de dichas actividades en el medio ambiente.

En el Encuentro de Ministros de Agricultura de las Américas 2015, el Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México, José Calzada Roviroso, también Presidente de la Junta Interamericana de Agricultura (JIA), subrayó que “producir más es la única manera de hacer efectivo el derecho a la alimentación, y que en este propósito se requiere necesariamente de innovación tecnológica, mayores inversiones productivas, mejores técnicas de producción y un sistema alimentario más eficiente, todo ello con base en la cooperación internacional”.

En el marco de la JIA, la SAGARPA se comprometió a impulsar acciones de cooperación en el sector agrícola entre México y Francia, como parte de la Iniciativa “4 X 1000”, donde se analizan acciones para la captura de carbono mediante la rehabilitación de suelos degradados, la investigación e implementación de buenas prácticas agrícolas adaptadas a las condiciones locales, ambientales, sociales y económicas, el fomento a la productividad agrícola y la seguridad alimentaria.<sup>49</sup>

Asimismo, mediante su participación en el G20, México forma parte del proceso más importante de toma de decisiones en materia de coordinación internacional de políticas macroeconómicas y monetarias que hay en la actualidad, enfocadas a reducir los riesgos que enfrenta la economía mundial y evitar que ocurran situaciones de crisis. El G20 abre espacios privilegiados de diálogo para impulsar temas de interés para México, como el crecimiento económico, el desarrollo sostenible, el libre comercio, la eficiencia energética, la seguridad alimentaria, el combate a la corrupción y la mitigación del cambio climático.

La participación de México en la 5ª Reunión de Científicos del G20 celebrada en Xí'an, China, en 2016, destacó la iniciativa de colaboración mundial en el mejoramiento del trigo, un programa del Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR, por sus siglas en inglés).<sup>50</sup> Además, en la Reunión de Ministros Agrícolas del G20 en China, la SAGARPA enfatizó la importancia de la investigación agrícola y la transferencia de tecnología con el fin de garantizar la seguridad alimentaria mundial y potenciar el desarrollo de la agricultura.

En 2014, la SAGARPA refrendó el compromiso de México para promover acciones conjuntas de investigación y transferencia de tecnología con el fin de fortalecer las capacidades de los productores y mejorar el nivel de bienestar de los habitantes en el medio rural ante el Mecanismo de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC), donde participan 21 economías que comparten los retos económicos y sociales que el mundo enfrenta sobre la agricultura. A través de las acciones concertadas de política pública y la cooperación internacional, las economías de APEC buscan avanzar en garantizar la suficiencia alimentaria y trabajan coordinadamente para intercambiar experiencias sobre mejores prácticas, capacidades en el medio rural, investigación y desarrollo hacia mayores rendimientos productivos y normas de inocuidad y sanidad.<sup>53</sup>

En marzo de 2016, en el marco de la 34ª Conferencia Regional de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para América Latina y el Caribe, México firmó una Carta de Intención en la que refuerza su disposición de acompañar las políticas de los programas del gobierno para

combatir todas las formas de mala nutrición y para promover el desarrollo sostenible del sector agropecuario. Para la SAGARPA, erradicar el hambre y la pobreza extrema en la región de América Latina y el Caribe son prioridades que requieren de alianzas entre las naciones. La cooperación internacional es fundamental para definir acciones conjuntas y garantizar la seguridad alimentaria.<sup>52</sup>

En síntesis, el gobierno de México se ha comprometido a: a) realizar acciones concretas en materia de mitigación y adaptación al cambio climático, así como de biodiversidad y combate a la desertificación que afectan al sector agroalimentario; b) hacer efectivo el derecho a la alimentación mediante investigación, innovación tecnológica y transferencia de tecnología; c) incrementar la producción y productividad de maíz y trigo; d) erradicar el hambre, la mala nutrición y promover el desarrollo sostenible. Todo ello con base en la cooperación internacional.

Su vinculación con el CIMMYT y la estrategia MasAgro contribuyen al logro de dichos compromisos, lo que ha sido reconocido en los foros internacionales.

## NOTAS

- 1 <http://www.fao.org/human-right-to-food/es/>.
- 2 FAO, FIDA y PMA. (2015). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos. Roma, FAO.
- 3 *Ibid.*
- 4 Plan de Acción de la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial, noviembre de 1996.
- 5 Government Office for Science. (2011). Foresight. Future of food and farming summary. UK government.
- 6 ONU. World population prospects. Key findings and advance tables. Revisión 2015.
- 7 FAO. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050.
- 8 En 2011, 40 % de la cosecha de maíz en EE. UU. fue utilizada para la generación de biocombustibles, lo que representó 15 % de la producción global. Energy Information Administration. (2012). Biofuels Issues and Trends. <http://www.eia.gov/biofuels/issuestrends/pdf/bit.pdf>.
- 9 SIAP-SAGARPA. (2015). <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>.
- 10 [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama\\_Agroalimentario\\_Ma\\_z\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2015.pdf).
- 11 SAGARPA. (2011). Perspectivas de largo plazo para el Sector Agropecuario de México 2011-2020.
- 12 [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama\\_Agroalimentario\\_Ma\\_z\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2015.pdf).
- 13 [http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documentos/estudios\\_promercado/granos.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documentos/estudios_promercado/granos.pdf).
- 14 Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (CGMA), Revista Panorama agropecuario. Mayo 2016.
- 15 SAGARPA. (2011). Perspectivas de largo plazo para el Sector Agropecuario de México 2011-2020.
- 16 [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99098/Panorama\\_Agroalimentario\\_Trigo\\_2014.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99098/Panorama_Agroalimentario_Trigo_2014.pdf).
- 17 SAGARPA. (2011). Perspectivas de largo plazo para el Sector Agropecuario de México 2011-2020.
- 18 *Ibid.*
- 19 Información del SIAP 2014, citada en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99098/Panorama\\_Agroalimentario\\_Trigo\\_2014.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99098/Panorama_Agroalimentario_Trigo_2014.pdf).
- 20 [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99098/Panorama\\_Agroalimentario\\_Trigo\\_2014.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99098/Panorama_Agroalimentario_Trigo_2014.pdf).
- 21 SAGARPA. (2011). Perspectivas de largo plazo para el Sector Agropecuario de México 2011-2020.
- 22 CIMMYT. Revista Enlace N° 17, Diciembre 2013.
- 23 SAGARPA. (2011). Perspectivas de largo plazo para el Sector Agropecuario de México 2011-2020.
- 24 [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99098/Panorama\\_Agroalimentario\\_Trigo\\_2014.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99098/Panorama_Agroalimentario_Trigo_2014.pdf).
- 25 SAGARPA. (2011). Perspectivas de largo plazo para el Sector Agropecuario de México 2011-2020.
- 26 [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama\\_Agroalimentario\\_Ma\\_z\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2015.pdf).
- 27 FAO, Perspectivas alimentarias. Resúmenes de mercado junio 2016.
- 28 [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama\\_Agroalimentario\\_Ma\\_z\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2015.pdf).
- 29 *Ibid.*
- 30 *Ibid.*
- 31 Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), 18 agosto 2016. <https://www.produccionmundialmaiz.com/default.asp>.
- 32 FAO. The impact of natural hazards and disasters on agriculture and food security and nutrition a call for action to build resilient livelihoods. Updated May 2015.
- 33 IPCC APRS. Synthesis Report. Citado por Mannava Sivakumar en Seminario Internacional "La Innovación en la Transición hacia un Modelo de Desarrollo Agroalimentario más Sustentable".
- 34 Mannava Sivakumar. (2016). Seminario Internacional "La Innovación en la Transición hacia un Modelo de Desarrollo Agroalimentario más Sustentable".
- 35 *Ibid.*
- 36 UK Met Office (2011). Climate: Observations, projections and impacts. Summary factsheet Mexico. Devon, UK, Met Office.Pp. 149. Disponible en: <http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/c/6/Mexico.pdf>.
- 37 Verhulst, et al. (2011V). Citado por Bram Govaerts en el Primer Foro de adaptación al cambio climático, del 18 al 20 de abril de 2016.
- 38 SEMARNAT. (2009). Consecuencias sociales del cambio climático en México. Análisis y propuestas. México.
- 39 SEMARNAT. (2009). Consecuencias sociales del cambio climático en México. Análisis y propuestas. México. Citado en fao-sagarpa. México: El Sector Agropecuario ante el desafío climático.
- 40 FAO-SAGARPA. México: El Sector Agropecuario ante el desafío climático.
- 41 Cline William. (2008). Calentamiento global y agricultura.
- 42 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Permite, entre otras cosas, reforzar la conciencia pública, a escala mundial, de los problemas relacionados con el cambio climático.
- 43 El Protocolo de Kioto (1997) sobre el cambio climático es un protocolo de la CMNUCC, y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global.
- 44 Instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazos para enfrentar los efectos del cambio climático.
- 45 México. Gobierno de la República. Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional de México. [http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/mexico\\_indc\\_espanolv2.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/mexico_indc_espanolv2.pdf).
- 46 PECC. (2014-2018). DOF. 28 de abril 2014.
- 47 ONU. 12 de diciembre 2015. [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/39173/Acuerdo\\_de\\_Par\\_s.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/39173/Acuerdo_de_Par_s.pdf).
- 48 Creada en 2014 durante la Cumbre de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en Nueva York.
- 49 Raúl Urteaga, Coordinador de Relaciones Internacionales de SAGARPA, presentación ppt en el Taller Hacia la Construcción de una Agenda de Cambio Climático centrada en la Producción Agroalimentaria, junio 2016.
- 50 INIFAP, <http://sigli.inifap.gob.mx/INIFAP/paginaweb/DetalleNoticia.aspx?noticia=1380>.
- 51 SAGARPA. Tercera Reunión Ministerial de Seguridad Alimentaria del Mecanismo de Cooperación Económica Asia-Pacífico (apecc). 24 de septiembre 2014.
- 52 FAO. (2016). Informe de la 34ª Conferencia Regional de la fao para América Latina y el Caribe (Ciudad de México, México, del 29 de febrero al 3 de marzo de 2016). <http://www.fao.org/3/a-mq1975.pdf>.



**EL CIMMYT, COMO ORGANISMO ESPECIALIZADO, HA CONTRIBUIDO A POSICIONAR INTERNACIONALMENTE A MÉXICO GRACIAS A SU NIVEL DE EXCELENCIA CIENTÍFICA Y A LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN MAÍZ Y TRIGO ...**

## CIMMYT-SAGARPA, UNA ALIANZA ESTRATÉGICA

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), que desde 1917 ha funcionado como Secretaría de Estado, es la responsable de la política de desarrollo agroalimentario, rural y pesquero en México, impulsando la productividad para garantizar la seguridad alimentaria, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la carencia alimentaria en el medio rural.

Desde 1966, la SAGARPA (con sus diferentes denominaciones) ha establecido convenios de apoyo a la investigación y el mejoramiento genético de trigo y maíz y el extensionismo del CIMMYT. SAGARPA ha aportado en el marco de la política agroalimentaria y de la política de innovación sectorial las condiciones y recursos necesarios para el desarrollo de los proyectos del CIMMYT, desde la Revolución Verde impulsada por Norman Borlaug, hasta la época actual bajo sistemas de producción para una intensificación sustentable y estrategias integrales como MasAgro, que abarcan mejoramiento genético, biodiversidad, intensificación sustentable y extensionismo.

Así, la alianza SAGARPA-CIMMYT ha contribuido, mediante el mejoramiento genético al desarrollo de semillas mejoradas en trigo y maíz, para la seguridad alimentaria no sólo de México sino de diversos países de América Latina y de otros continentes.

La SAGARPA coopera con diferentes organismos internacionales: la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Agencia Alemana para la Cooperación Internacional, GIZ), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Institute de Research pour le Développement (Instituto de Investigación para el Desarrollo, IRD), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el CIMMYT.

### ALIANZA ESTRATÉGICA EXITOSA

La Alianza del gobierno de México con el CIMMYT, a través de la SAGARPA, tiene 50 años de antigüedad.

El CIMMYT se creó en 1966 por iniciativa del entonces presidente de México, Adolfo López Mateos, quien propuso la fundación en el país de una institución de investigación agrícola, en colaboración con la Fundación Rockefeller. Así el CIMMYT se constituye como un organismo sin fines de lucro y con proyección internacional, con sede en México.

Esta iniciativa ha facilitado una relación de colaboración en investigación y desarrollo, conservación de germoplasma, sistemas de producción, procesos de formación y desarrollo de capacidades de dos cultivos estratégicos para la seguridad alimentaria nacional y global: maíz y trigo.

En estos cincuenta años, la SAGARPA (o su equivalente en los diferentes sexenios) ha aportado a esta relación liderazgo político mediante la rectoría de la política nacional de maíz y trigo, la visión del rumbo y las acciones estratégicas de México, y la generación de incentivos y liderazgo para el desarrollo de una agricultura sustentable. Apoyado en su experiencia y capacidad, ha conducido estos procesos a través de las políticas públicas y programas de fomento agrícola. Asimismo, ha facilitado tanto la vinculación con programas y políticas públicas de otras Secretarías y gobiernos estatales, como su capacidad de diálogo con el sector privado. Adicionalmente, ha proporcionado recursos económicos para la investigación en innovación y desarrollo tecnológico y su aplicación en campo a través de paquetes tecnológicos.

Por su parte, el CIMMYT, como organismo especializado, ha contribuido a posicionar internacionalmente a México gracias a su nivel de excelencia científica y a la conservación de la biodiversidad en maíz y trigo. Ha desarrollado una metodología para trabajar con pequeños productores en investigación y desarrollo a través de redes de innovación y de investigación aplicada. Su trabajo de coordinación científica con el sistema nacional de investigación e innovación ha destacado por el diseño y desarrollo de proyectos de investigación interinstitucionales e interdisciplinarios, proyectando así el trabajo científico de cientos de investigadores mexicanos en el ámbito de la ciencia internacional y en el involucramiento con las agendas internacionales de desarrollo. Por último, ha desarrollado investigaciones estratégicas a través de la infraestructura de investigación con que cuenta y de los recursos humanos especializados que participan en el Centro; además, ha facilitado el acceso a otros centros de investigación de excelencia, expertos en otros cultivos y sistemas de producción.

La alianza entre la SAGARPA y el CIMMYT ha sido muy exitosa, su visión de largo plazo y la búsqueda de resultados para atender los desafíos más grandes del sector ha tenido incidencia nacional e internacional en la productividad y sustentabilidad del sector agroalimentario, y con ello ha contribuido a fortalecer la seguridad alimentaria y a enfrentar el cambio climático.

#### EL ORIGEN DEL CIMMYT

En 1943, el gobierno mexicano y la Fundación Rockefeller crearon la Oficina de Estudios Especiales (OEE),<sup>1</sup> un programa piloto de investigación científica para combatir, mediante la fitotecnia, el déficit alimentario que sufría México, a fin de elevar los rendimientos sobre varios cultivos, entre ellos, el maíz y el trigo.

El doctor Norman Borlaug, investigador de la Fundación en la OEE, y su equipo de colaboradores mexicanos, dedicaron veinte años al desarrollo de variedades semienanas de trigo con un gran potencial de rendimiento, resistencia a la roya y al acame. Con los rendimientos producidos por estas nuevas variedades,



a finales de la década de 1950 México era autosuficiente en la producción de trigo.<sup>2</sup>

Al cierre de la OEE y por iniciativa del Presidente Adolfo López Mateos, en 1966 se creó el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), una institución de investigación agrícola sin fines de lucro y con proyección internacional, con sede en México.<sup>3</sup> El doctor Bourlag fue científico y líder de investigación sobre trigo en el CIMMYT y, posteriormente, consultor del Centro.

#### SITUACIÓN ACTUAL DEL CIMMYT

Hoy, el CIMMYT cuenta con 160 científicos y personal especializado internacional, 570 miembros en la sede del El Batán, Estado de México, y 510 que trabajan en 19 países de África, Asia y América Latina en el cumplimiento de su misión.<sup>4</sup>

El CIMMYT realiza tres tareas fundamentales en cumplimiento de su mandato y misión mundiales: (1) mejoramiento genético de maíz y trigo; (2) investigación y creación de sistemas agroalimentarios de producción sustentables, incluyendo prácticas de labranza y agronómicas eficientes; y (3) capacitación y desarrollo de recursos humanos.

Adicionalmente, el Centro resguarda el banco de germoplasma de trigo, maíz y de gramíneas ancestrales que resultan indispensables para mejorar la resistencia a enfermedades y la tolerancia a condiciones climáticas adversas.

El CIMMYT se encuentra inmerso en un programa mundial de mejoramiento de los cultivos de maíz y trigo. Para alcanzar los objetivos que se tienen fijados, cuenta con cuatro programas de investigación.<sup>5</sup>

#### 1. INVESTIGACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS DE MAÍZ Y TRIGO.

Conserva, estudia, documenta y facilita el uso de los recursos genéticos de ambos cultivos. Mantiene en custodia las colecciones más diversas de maíz y trigo.

La colección de trigo consta de unas 152 835 muestras de semilla procedentes de más de 100 países, y es la colección unificada más grande de un solo cultivo en el mundo. En el banco de germoplasma de maíz se conservan 28 316 muestras de semilla, incluida la colección de maíces criollos más grande del mundo –variedades que los agricultores han mejorado por décadas, siglos e incluso milenios–, muestras de parientes silvestres del maíz, como los *teocintles* y el *Tripsacum*, y muestras de variedades mejoradas.

Asegura que toda la semilla importada, exportada o almacenada, cumpla con las normas fitosanitarias internacionales, para minimizar el riesgo de propagar patógenos transmitidos por la semilla.



Implementa bases de datos y ayuda a los científicos del CIMMYT a aplicar lo mejor de las prácticas de administración de datos de libre acceso para maximizar los impactos de la investigación del Centro.

Da asesoría técnica en el diseño y análisis de experimentos, ofrece talleres y otras actividades de desarrollo profesional, y trabaja de manera conjunta con colegas del CIMMYT en la creación, evaluación y uso de modelos de análisis de datos que mejoran la eficiencia de la investigación.

Además, cuenta con una plataforma para el uso de recursos genéticos, que incluye: la documentación de la biodiversidad del banco de germoplasma de maíz y trigo; el desarrollo de herramientas informáticas; el mejoramiento de “germoplasma puente”, que incorpora diversidad nueva en maíz y trigo élite; y la formación de capacidad en el uso de la biodiversidad para buscar soluciones a los problemas actuales y futuros que limitan la producción de maíz y trigo.

## 2. INVESTIGACIÓN SOBRE MAÍZ.

El Programa Global de Maíz genera y distribuye germoplasma de maíz de alto rendimiento, resistente a factores adversos y con calidad nutricional. En colaboración con diversas instituciones públicas y privadas, se genera germoplasma con tolerancia a sequía, calor, suelos improductivos, anegamiento y suelos ácidos, así como resistencia a enfermedades, plagas de insectos y malezas parásitas. Su trabajo con caracteres genéticos abarca la identificación, validación y uso de marcadores moleculares para identificar caracteres importantes, así como la selección recurrente con ayuda de marcadores y la selección genómica, con el fin de aumentar los avances genéticos en el germoplasma de maíz para zonas tropicales. El Programa Global de Maíz también realiza investigación estratégica de la tecnología de haploides dobles tropicalizados como una forma de agilizar el desarrollo de líneas progenitoras homocigotas; además, ofrece servicios relacionados con dicha tecnología a los sistemas nacionales de investigación agrícola y empresas semilleras pequeñas y medianas.

El programa desempeña un papel clave en la identificación de híbridos y variedades de polinización abierta de fácil producción, la investigación y recomendaciones sobre la producción de semilla, y la promoción y distribución a gran escala de productos nuevos y prometedores a través de las empresas semilleras que con él colaboran.

## 3. INVESTIGACIÓN SOBRE TRIGO.

El Programa Global de Trigo del CIMMYT ha generado materiales élite para los programas nacionales de mejoramiento de todo el mundo gracias a su sistema de viveros internacionales. Estos materiales han sido sometidos al riguroso sistema de mejoramiento alternado del CIMMYT, mediante el cual se ensayan en diferentes sitios y diversas condiciones climáticas. Además de mejorar trigo harinero y duro, el Programa Global de Trigo utiliza los parientes silvestres del trigo para introducir caracteres como tolerancia a la sequía y mejor calidad nutricional.

En su Laboratorio de Marcadores Moleculares, el CIMMYT crea herramientas y genera información que los mejoradores de todo el mundo utilizan para mejorar la resistencia a enfermedades, entre otras cosas. El laboratorio de calidad de trigo asegura que todas las variedades que el CIMMYT distribuye cumplan con los requisitos del mercado en lo que a la calidad harinera y de panificación se refiere.

## 4. INVESTIGACIÓN SOCIOECONOMICA DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS DE MAÍZ Y TRIGO.

El Programa de Socioeconomía desempeña un papel clave en la investigación para el desarrollo del nexo entre la oferta y la demanda de las innovaciones agrícolas en el área del maíz y el trigo. El objetivo del programa es ayudar a priorizar, identificar, entender y mejorar las intervenciones de maíz y trigo para producir el mayor impacto. De esta manera, ayuda a optimizar el uso de los escasos recursos de la investigación, acelera la adopción de dichas innovaciones y aumenta sus impactos y su aceptación social entre los productores y los consumidores de maíz y trigo de África, Asia y América Latina.

Tiene por objeto proporcionar la orientación necesaria, ayudar a hacer frente a la realidad objetiva y a determinar si las intervenciones se justifican desde el punto de vista económico, esto, sin perder de vista la perspectiva general y los cambios que están transformando la agricultura y los entornos rurales.

## 5. INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN SUSTENTABLES.

El Programa Intensificación Sustentable tiene como objetivo mejorar la productividad de la mano de obra, la tierra y el capital a través de la intensificación agrícola sustentable. Atiende simultáneamente varios objetivos apremiantes del desarrollo, que



incluyen aprovechar el potencial de la agricultura de adaptar los sistemas de producción al cambio climático, el manejo sustentable de la tierra, los nutrientes y los recursos hídricos, mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición, y, finalmente, reducir la pobreza rural.

La intensificación sustentable incluye las prácticas de la agricultura de conservación, que consisten en el movimiento mínimo del suelo, la cobertura permanente de la superficie del suelo y la rotación de cultivos para, de manera simultánea, aumentar los rendimientos, incrementar las utilidades y proteger el medioambiente. Asimismo, contribuye a mejorar la función y la calidad del suelo, con lo cual mejora la resiliencia a la variabilidad climática.

La investigación y el desarrollo de paquetes tecnológicos son efectuados en colaboración con instituciones mexicanas y de muchos otros países<sup>6</sup> para mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de maíz y trigo para los agricultores de escasos recursos en los países en desarrollo. CIMMYT es uno de los 15 centros que forman parte del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR).

## BANCO DE GERMOPLASMA<sup>7</sup>

El banco de germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) contiene casi 28 316 colecciones

únicas de semilla de maíz y 152 835 de trigo de todas partes del mundo. Las colecciones preservan la diversidad de las variedades nativas y parientes silvestres de maíz y trigo, y se encuentran en condiciones de almacenamiento a largo plazo en beneficio de la humanidad conforme el Tratado Internacional del 2007 sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.

Las colecciones también se estudian y se utilizan como una fuente de diversidad para mejorar los caracteres esenciales, tales como la tolerancia al calor y la sequía, la resistencia a plagas y enfermedades, el rendimiento y la calidad de grano. La semilla se distribuye libremente a solicitud de investigadores, estudiantes e instituciones académicas y de desarrollo en todo el mundo.

La Unidad de Sanidad de Semilla asegura que toda la semilla importada, exportada o almacenada cumpla con las normas fitosanitarias internacionales para minimizar el riesgo de propagar patógenos transmitidos por la semilla.

La Unidad de Administración de Datos implementa bases de datos y ayuda a los científicos del CIMMYT a aplicar lo mejor de las prácticas de administración de datos de libre acceso para maximizar los impactos de la investigación del Centro.

La Unidad de Biometría y Estadística da asesoría técnica en el diseño y análisis de experimentos, ofrece talleres y otras actividades de desarrollo profesional, y trabaja de manera con-

junta con colegas del CIMMYT en la creación, evaluación y uso de modelos de análisis de datos que mejoran la eficiencia de la investigación.

La iniciativa denominada Descubriendo la diversidad genética de la semilla (Seeds of Discovery, SEED), cuenta con una plataforma para el uso de recursos genéticos, que incluye la documentación de la biodiversidad del banco de germoplasma de maíz y trigo, el desarrollo de herramientas informáticas; el mejoramiento de “germoplasma puente”, que incorpora diversidad nueva en maíz y trigo elite, y la formación de capacidad en el uso de la biodiversidad para buscar soluciones a los problemas actuales y futuros que limitan la producción de maíz y trigo.

## MEJORAMIENTO GENÉTICO DE MAÍZ EN MÉXICO

### OBJETIVO GENERAL Y ESTRATEGIAS

En la vida del CIMMYT se distinguen diferentes etapas en cuanto a la investigación de maíz. En la primera etapa, de 1944 a 1965, referente a su organización precursora (la OEE),<sup>8</sup> se abocó a la colección, caracterización y conservación de semillas de maíz nativo de México y a la formación de líneas endogámicas y de hibridación.

En la segunda etapa, de 1966 a 1979, el programa de Maíz del CIMMYT estableció en México estaciones experimentales que representan los principales ambientes donde se cultiva maíz de los países en vías de desarrollo. El programa formó también complejos genéticos de base amplia para zonas tropicales y subtropicales.<sup>9</sup>

En la tercera etapa, a partir del decenio de 1980, se retoma la investigación y el desarrollo de híbridos en respuesta a su creciente demanda, y en la década de 1990, el programa explora la aplicación de la biotecnología al fitomejoramiento y al aprovechamiento de nuevas fuentes de diversidad genética. Otros importantes logros fueron el descubrimiento de fuentes de resistencia a las plagas de grano almacenado y su incorporación a las líneas de mejoramiento.<sup>10</sup>

En la cuarta etapa, en curso, el Programa Nacional de Maíz del CIMMYT trabaja como una instancia coordinadora de los esfuerzos dirigidos a generar maíces tolerantes al estrés abiótico, lograr la estabilidad de los rendimientos bajo ataque de plagas y enfermedades, elevar la rentabilidad del maíz y obtener varie-

dades de alto valor nutritivo para consumo humano y pecuario.



Campo experimental del CIMMYT

Actualmente, el Programa Global de Maíz genera y distribuye germoplasma de maíz de alto rendimiento, resistente a factores adversos y con calidad nutricional para más de 600 millones de personas que dependen del maíz, entre ellos, 120 millones de niños que padecen desnutrición en África, América Latina y Asia.<sup>11</sup>

En colaboración con otras instituciones públicas y privadas, el CIMMYT genera, evalúa y distribuye germoplasma mejorado de maíz –tanto el generado por los fitomejoradores del Centro como el producido por fuentes externas– que es utilizado por programas públicos y privados de mejoramiento como insumos para producir nuevas variedades e híbridos, para el uso de los productores.

Los fitomejoradores tienen acceso directo a muchos de los mismos materiales fuente, a partir de los que se desarrollaron las principales poblaciones del CIMMYT. Además, gran parte de los materiales liberados han sido maíces adaptados a ambientes de tierras altas.

En general, el uso de germoplasma mejorado de maíz ha aumentado en México, sin embargo, en las regiones caracterizadas por una agricultura orientada al autoconsumo, la mayoría de los agricultores continúan cultivando sus variedades locales altamente adaptadas a las microregiones.

### APORTACIÓN DE MÉXICO AL MUNDO EN MAÍZ

La mayor colección de las diversas razas de maíz de México y América Latina se encuentran preservadas en el banco de germoplasma del CIMMYT, donde periódicamente y desde

principios de la década de 1990 se han regenerado unas 5 000 muestras de semillas de variedades o accesiones, que incluyen razas criollas y parientes silvestres, para obtener semilla nueva y viable.<sup>12</sup>

Los programas públicos de mejoramiento en América Central han sido usuarios asiduos del germoplasma del CIMMYT, que estaba presente en más de 87% del total de variedades e híbridos lanzados por el sector público en América Central entre 1966 y 1967, y en 100% de los lanzamientos del sector público en Costa Rica, El Salvador y Honduras. En América del Sur, aunque los materiales se usaron de manera menos extensa, en la Zona Andina y el Cono Sur, más de 56% del total de variedades e híbridos lanzados por el sector público entre 1966 y 1977 contenían germoplasma del CIMMYT.<sup>13</sup>

La gran aceptación que han tenido los materiales del CIMMYT se refleja en el amplio uso de sus maíces de tierras bajas tropicales en otros programas nacionales del mundo en desarrollo. Destacan entre ellos: la Población 21 (Tuxpeño), un material de baja estatura, madurez intermedia y grano blanco dentado generado a partir de una raza criolla mexicana; la Población 32 (ETO Blanco); y la Población 43 (La Posta). También ha sido ampliamente utilizada la variedad tailandesa Suwan-1, desarrollada por el Centro con la colaboración de un grupo de científicos de la Fundación Rockefeller, el Departamento de Agricultura de Tailandia y la Universidad Kasetsart (Tailandia).<sup>14</sup>

Las variedades e híbridos de maíz con mayor calidad de proteína (QPM) generados por el CIMMYT se siembran hoy en 25 países en desarrollo. A fines de los decenios de 1980 y 1990, los mejoradores del CIMMYT Magni Bjarnason y Kevin Pixley se basaron en la labor de Villegas y Vasal para desarrollar variedades de QPM con alto potencial de rendimiento, mismos que han ensayado y promovido por todo el mundo. El aumento en el rendimiento de los nuevos híbridos de QPM (en promedio, 10% más que el de los híbridos comerciales locales) ha captado la atención de los mejoradores y los encargados de formular políticas en muchos países en desarrollo.<sup>15</sup>

Los recursos genéticos del banco de semillas de maíz más grande del mundo, le han permitido al CIMMYT la generación de semillas de maíz de mayor rendimiento y nutrición a lo largo de 50 años. Las variedades de maíz creadas por CIMMYT y sus colaboradores se siembran en casi el 50% de la superficie dedicada al cultivo del maíz en las zonas no templadas del mundo en desarrollo.<sup>16</sup>

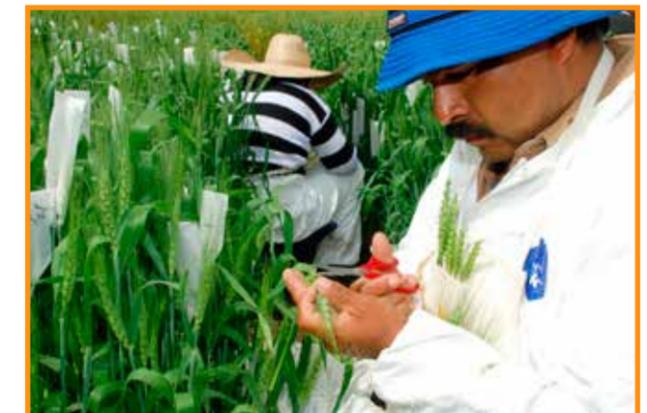
En 2015, el CIMMYT ha puesto a disposición de investigadores e instituciones nacionales de agricultura en todo el mundo 83 150 bolsas de maíz mejorado.<sup>17</sup>

## MEJORAMIENTO GENÉTICO DE TRIGO

### OBJETIVO GENERAL Y ESTRATEGIAS

El rendimiento promedio del trigo en México se incrementó considerablemente entre 1940 y 2004, pasando de 740 a 4 480 Kg/ha:<sup>18</sup> en 2011, el rendimiento promedio fue de 3 ton/ha<sup>19</sup> y, en 2014, de 3.5 ton/ha.<sup>20</sup>

Aunque el principal objetivo del mejoramiento genético del trigo es incrementar el potencial de rendimiento y ampliar el rango de adaptación ambiental del cultivo, actualmente se hace un mayor énfasis en combinar genes asociados con alto potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades diversas, tolerancia al estrés causado por factores ambientales y calidad industrial del grano.



Emasculación de espiga de trigo

En cuanto al mejoramiento de la calidad industrial, décadas de investigación en el CIMMYT han permitido identificar las combinaciones de genes y proteínas que aseguran la obtención de las características de calidad de panificación demandadas por el sector industrial, lo que ha permitido crear nuevas variedades para México.<sup>21</sup> Por otro lado, la resistencia duradera a las royas de trigo, conferida por la incorporación acumulada de 3-4 genes menores, continúa siendo el instrumento más ampliamente utilizado para controlar los patógenos causantes de enfermedades en México.<sup>22</sup> El mantenimiento de la resistencia a las royas, pese al surgimiento constante de nuevas razas de los patógenos

**“LA INTENSIFICACIÓN SUSTENTABLE PERMITE, DE MANERA SIMULTÁNEA, MEJORAR LA FUNCIÓN Y LA CALIDAD DEL SUELO”**

causantes, ha permitido a los agricultores ahorrar grandes cantidades de recursos al no tener que aplicar fungicidas constantemente.<sup>23</sup>

En México, de 1944 a 2002, se liberaron 202 variedades de trigo creadas a partir de líneas mejoradas desarrolladas por el CIMMYT o su organismo predecesor, la OEE. Solamente durante el período 1985-2002, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) liberó 50 variedades mejoradas de trigo.<sup>24</sup>

Desde 1980, más del 95% de las variedades de trigo que se siembran a nivel nacional descienden directamente de las líneas avanzadas del programa de mejoramiento genético del CIMMYT.<sup>25</sup> Para 2002, la proporción de la superficie sembrada a nivel nacional con variedades de trigo derivadas directamente de líneas desarrolladas por el CIMMYT volvió a aumentar substancialmente, hasta llegar a 92%.<sup>26</sup>

En 2009, en el marco del simposio organizado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) en CIMMYT, se reconoció que para atender el problema de rendimientos insuficientes de trigo en el mundo y evitar el hambre, es necesaria la colaboración de la comunidad científica internacional para incrementar la eficiencia fotosintética del trigo, mejorar la adaptación a los diferentes ambientes donde será cultivado y aplicar técnicas filogenéticas moleculares y fisiológicas.<sup>27</sup> De esta manera, se puso en marcha el Consorcio para Aumentar el Rendimiento del Trigo (WYC por sus siglas en inglés), con la participación de más de 60 expertos de renombre mundial, entre ellos científicos del CIMMYT, que concentran sus esfuerzos en mejorar los rendimientos de trigo para satisfacer la demanda proyectada de 760 millones en 2020.

**APORTACIÓN DE MÉXICO AL MUNDO EN TRIGO**

La riqueza del germoplasma del CIMMYT ha promovido el mejoramiento genético del trigo, lo que permitió a la OEE, organismo predecesor del CIMMYT, la generación y liberación en 1962 de variedades semienanas que evitaron la hambruna y aliviaron el hambre en el sur de Asia y en otras partes del mundo, abriendo paso a la Revolución Verde.

El banco de germoplasma contiene 152 835 accesiones relacionadas con el trigo, de las cuales 50% procede de distintas partes del mundo y otro 50% son líneas generadas por el CIMMYT.

Los recursos genéticos de trigo que el CIMMYT conserva en el Centro de Recursos Fito-genéticos Wellhausen-Anderson han permitido producir durante 50 años nuevas variedades mejoradas, de mayor rendimiento y nutrición, por lo que hoy son consideradas un legado para la humanidad.

El estudio “The impacts of international collaboration in wheat breeding research during 1994-2014” del CGIAR, indica que las variedades de trigo desarrolladas por el CIMMYT y sus colaboradores, en 2014 se sembraron a nivel mundial en más de 100 millones de hectáreas.<sup>28</sup>

En 2015, el CIMMYT ha puesto a disposición de investigadores e instituciones nacionales de agricultura en todo el mundo 631 449 bolsas de trigo mejorado.<sup>29</sup>

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PARA UNA INTENSIFICACIÓN SUSTENTABLE**

La intensificación agrícola sustentable busca mejorar la productividad de la mano de obra, la tierra y el capital, ofreciendo aprovechar el potencial de la agricultura para adaptar los sistemas de producción al cambio climático, el manejo sustentable de la tierra, los nutrientes y los recursos hídricos.

El CIMMYT realiza investigaciones encaminadas a generar o definir prácticas agronómicas eficientes que permiten a los cultivos expresar su potencial genético de productividad y, a la vez, contribuyen a reducir los costos de producción, a incrementar la eficiencia en el uso de agua y los insumos, y a conservar y hacer uso racional de los recursos naturales.

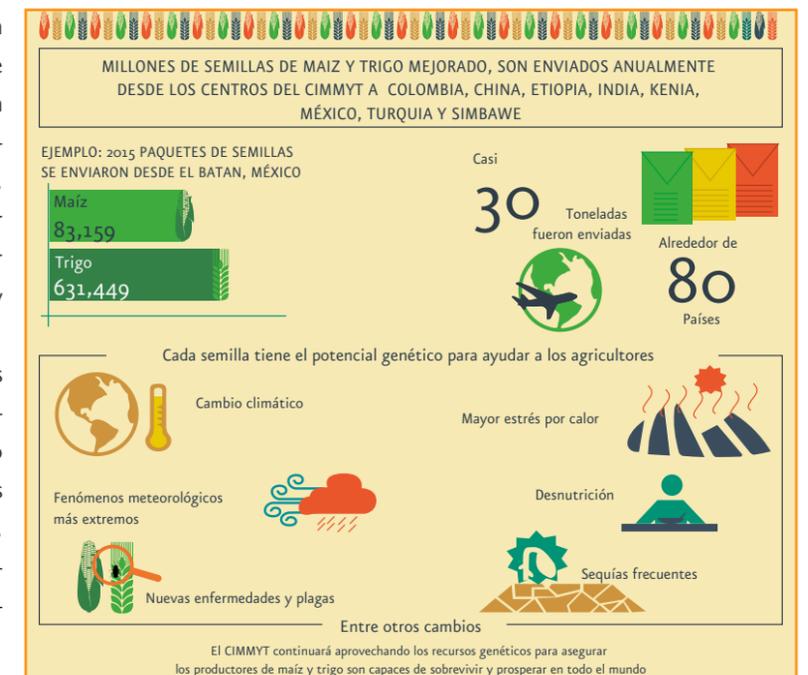
En la práctica, la intensificación sustentable incluye las prácticas de la agricultura de conservación (movimiento mínimo del suelo, cobertura permanente de la superficie del suelo y rotación de cultivos) y las prácticas de la agricultura de precisión (aplicación óptima de insumos asistida por innovaciones tecnológicas). La intensificación sustentable permite, de manera simultánea, mejorar la función y la calidad del suelo, mejorar la resiliencia a la variabilidad climática, aumentar los rendimientos e incrementar las utilidades y proteger al medio ambiente.

En 1975, el CIMMYT dio inicio en México a los primeros trabajos científicos en labranza de conservación. Entre 1979 y 1984, el CIMMYT capacitó en labranza cero a 18 técnicos de Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), organización que posteriormente formó, mediante 15 cursos regionales y un curso nacional, a instructores en labranza de conservación.<sup>30</sup>

Las acciones se enfocaron inicialmente, en las regiones de El Bajío en Guanajuato, la Frailesca en Chiapas y Valle del Yaqui en Sonora.

**EL BAJÍO, GUANAJUATO**

A partir de 1988, con Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA), se inició la promoción y difusión del sistema de labranza de conservación en el Bajío. En 2001, se constituyó la asociación civil Agricultura Sostenible con Base en Siembra Directa (ASOSID), conformada por CIMMYT, FIRA y los líderes de algunas organizaciones de productores, con el objetivo de que los agricultores del Bajío, con la colaboración activa de los técnicos e investigadores del sector, adaptaran



**APORTACIÓN DE CIMMYT AL MUNDO EN 2015**  
Fuente: CIMMYT. Reporte Anual 2015

y adoptaran prácticas de siembra directa con cobertura vegetal a fin de contribuir al surgimiento de una agricultura económica y ecológicamente sustentable.<sup>31</sup>

#### LA FRAILESCA, CHIAPAS

Chiapas fue uno de los primeros estados donde la labranza de conservación fue promovida a gran escala por el CIMMYT en colaboración con el INIFAP, la Secretaría de Desarrollo Rural, el FIRA y otros organismos. El nivel de adopción en 2007 de labranza de conservación era de 25%, comparado con el 12% en 1998. La adopción por parte de los productores de La Frailesca se ha facilitado por la escasa mecanización (siembra directa en laderas y métodos manuales de siembra) y el hecho de que están familiarizados con el uso de herbicidas y fertilizantes, lo que reduce la necesidad de utilizar equipo especializado. La diversificación de cultivos se comenzó a adoptar en la zona en 2007, utilizando diferentes leguminosas y cultivos de relevo, como el sorgo, en llanos con humedad residual. Estas técnicas generaron beneficios como la reducción de costos por el uso de fertilizantes orgánicos, la producción de fuentes alternativas de forraje y el control biológico mejorado de plagas y malezas.<sup>32</sup>

#### VALLE DEL YAQUI, SONORA

A partir de la investigación sobre el efecto en el trigo de diferentes espacios entre hileras llevada a cabo en el Valle del Yaqui por los doctores R. J. Laird (CIMMYT) y Oscar Moreno (INIFAP), el CIMMYT decidió concentrarse en la siembra de camas y el uso de riego por surcos, tecnología que comenzó a transferir a los agricultores del Valle del Yaqui a principios de 1978. Tres años después, en 1981, el 6% de los agricultores sembraba en camas; sin embargo, tras quedar demostrado que esta tecnología reduce los costos de producción e incrementa los rendimientos, para 1996 la cifra había incrementado a 90%.

La siembra en camas permanentes proporciona ventajas para la producción de trigo, pues reduce los costos, disminuye el consumo de agua de riego y mejora el acceso al predio, lo cual facilita el control de malezas y otras plagas, así como el manejo de nutrientes. Esto, en combinación con la reducción de labranza y el manejo racional de los residuos de cosecha, redundó en la obtención de rendimientos altos y estables.

Entre 1988 y 2005, los doctores Ken Sayre, Tony Fisher e Iván Ortiz-Monasterio, efectuaron en el Valle del Yaqui una serie



Maíz en Agricultura de Conservación

de experimentos para estudiar la respuesta del germoplasma de trigo del CIMMYT a la siembra en camas, utilizando variedades de trigo harinero, trigo duro y *triticale*. Los resultados mostraron que la mayoría de las líneas avanzadas y variedades derivadas del material del cimmyt se adaptaban bien a la siembra en camas. Esto dio muestra de que los mejoradores de trigo habían ajustado su sistema de selección de líneas avanzadas para que se adaptaran al nuevo sistema de siembra de trigo en el Valle del Yaqui.<sup>33</sup>

En 2007, el CIMMYT comenzó un proyecto de extensión dirigido a instruir a agricultores, administradores de empresas agrícolas, técnicos y operadores de tractor, entre otros, en la tecnología de camas permanentes. Para 2008, el CIMMYT contaba con tres centros de adiestramiento, investigación y vinculación en materia de agricultura de conservación en el noroeste y el altiplano de México. Esto permitió que los agricultores del Valle del Yaqui comenzaran a adoptar la agricultura de conservación.<sup>34</sup>

El factor principal que limitó la extensión y la adopción de las camas permanentes y de muchas otras tecnologías relevantes de la agricultura de conservación, fue la carencia de implementos apropiados, sobre todo de equipo de siembra. Esto motivó el inicio en el CIMMYT del trabajo de desarrollo de prototipos de implementos multicultivos/multiusos para la siembra en camas permanentes con retención de residuos, que eran readaptados fácil y rápidamente para reformar las camas, aplicar fertilizante, sembrar granos pequeños y grandes, y de esta manera, reducir sustancialmente la inversión de los productores en maquinaria. El desarrollo y la fabricación del prototipo de una sembradora para camas permanentes, facilitó que los agricultores cambiaran

sus sistemas convencionales por el de camas permanentes.

A partir de 1998, el CIMMYT inició trabajos sobre labranza de conservación en zonas productoras de maíz de los estados de Veracruz, Jalisco y Oaxaca. Para el año 2000, la superficie establecida bajo este sistema se estimó en 850 000 ha, el 80% concentrada en la región centro-occidente del país, siendo los estados de Guanajuato, Jalisco y Michoacán, donde mayor aceptación tuvo por parte de los productores.

En el año 2000, el sistema de labranza de conservación ocupaba 33.8% de la superficie sembrada con sorgo, con 57% de la de maíz, 8.4% de la de trigo y 0.8% de dicha superficie dedicada a otros cultivos, como las especies forrajeras, las hortalizas y los frutales. Cabe mencionar que, como resultado de esta expansión, hasta el año 2006 se vendieron 4 mil sembradoras especializadas, 80% de ellas de fabricación nacional.<sup>35</sup>

#### EL NACIMIENTO DE LOS HUBS O NODOS DE INNOVACIÓN

Para impulsar entre los productores la adopción de la agricultura de conservación, el CIMMYT inició en 2008 el establecimiento de nodos y módulos de innovación, que sirven como centros de capacitación y de encuentro, con recursos económicos y apoyo técnico de varias organizaciones e instituciones.<sup>36</sup> Se establecieron 70 parcelas en campos de agricultores de diversas zonas de producción, quienes facilitaron sus parcelas por cinco años, a cambio de recibir asistencia técnica en el manejo de sus cultivos, ya sea por parte de particulares o técnicos del gobierno, que tuvieran participación tanto en la investigación como en la divulgación de la iniciativa.

El equipo interdisciplinario de CIMMYT a cargo de capacitar a



Manejo de rastrojo

técnicos asociados y atender a grupos de agricultores en las visitas a las estaciones experimentales, estableció una base de datos interactiva (prototipo de Conservation Earth), para documentar la ubicación y condiciones (tipo de suelo, altitud, etc.) de las parcelas de cada agricultor, lo que facilitó el análisis de los efectos de la Agricultura de Conservación.

El reporte correspondiente a los dos primeros años (2008-2009) de operación del nodo para maíz en los Valles Altos (Estado de México, Tlaxcala e Hidalgo), indica que 150 familias adoptaron las prácticas de agricultura de conservación en cerca de mil hectáreas, como también una superficie similar dedicada a la siembra de trigo con riego, en el norte del país.

Los agricultores maiceros de la zona centro ahorraron entre 110 y 300 dólares por hectárea en 2008, en comparación con quienes aplicaron prácticas convencionales. La sequía que azotó la zona centro de México en 2009 –la peor en 70 años– ofreció una excelente oportunidad para apreciar las virtudes de la agricultura de conservación en el cultivo de maíz, ya que las plantas en terrenos donde se empleó esta tecnología sobrevivieron gracias a que contaban con rastrojo, lo que le permitió al suelo mantener en mayor medida la humedad.<sup>37</sup>

La experiencia adquirida en los proyectos de los *hubs* en la región Noroeste y en la región de Valles Altos, fue la base para integrar este concepto a la iniciativa MasAgro.

#### MODERNIZACIÓN SUSTENTABLE DE LA AGRICULTURA TRADICIONAL (MASAGRO)

El Programa MasAgro<sup>38</sup> surgió en el año 2010 como resultado de un ejercicio estratégico y prospectivo de CIMMYT, donde se identificaron proyectos e iniciativas a nivel regional y nacional necesarios para responder a los grandes desafíos del 2050, como la seguridad alimentaria y el cambio climático.

En este ejercicio estratégico se identificaron 4 grandes líneas:

- 1 Aprovechamiento de la biodiversidad, para transitar del resguardo de la biodiversidad hacia la caracterización de la misma aprovechando las nuevas y modernas tecnologías de la biotecnología.
- 2 Aumentar el rendimiento potencial del trigo.
- 3 Generar semillas de maíz resistentes al cambio climático y de alto rendimiento, distribuidas por un sector semillero nacional dinámico.
- 4 Fomentar la adaptación de las innovaciones, así como la

apropiación y aplicación de las tecnologías.

A esta nueva estrategia del CIMMYT se sumó el inicio en 2009 del nuevo liderazgo en la SAGARPA del secretario Francisco Mayorga, quien buscó atender los retos de la seguridad alimentaria y el cambio climático.

En 2011, los ministros de agricultura de los países miembros del G20 acordaron un ambicioso “Plan de Acción sobre la volatilidad de precios y agricultura”, con medidas específicas en las áreas de investigación, información, administración de riesgos, inversión, sustentabilidad y capacitación. México asumió la presidencia del G20 y, en 2012, decidió enfrentar el reto de definir e instrumentar políticas de largo plazo para inducir un incremento sostenido de la productividad agropecuaria que atenuara la problemática que enfrentaba el sector a nivel mundial. Asimismo, promovió alianzas en los ámbitos nacional e internacional para desarrollar proyectos conjuntos entre las instituciones de investigación, con el fin de acelerar las respuestas a los desafíos mundiales. Específicamente, a través del CIMMYT se buscó acelerar el desarrollo tecnológico en maíz y trigo, así como reconocer la necesidad de transferir los resultados de la investigación y tecnologías a los productores, y asumir el compromiso de fortalecer la cooperación internacional a través de un programa de México de diez años. Así, se definieron tres niveles de cobertura de los proyectos: México, Centro América y a nivel mundial. MasAgro es el programa más importante del CIMMYT en México.

#### ALIANZA DEL CIMMYT CON INSTITUTOS DE INVESTIGACIÓN INTERNACIONAL Y ORGANISMOS INTERNACIONALES

El CIMMYT trabaja en el mundo en desarrollo con el fin de mejorar los medios de vida de las personas y promover sistemas de maíz y de trigo más productivos y sostenibles. Su acción se centra directamente en asuntos críticos, como la inseguridad alimentaria y la desnutrición, el cambio climático y la degradación del medioambiente.

Mediante investigación colaborativa, alianzas y capacitación,

el Centro ayuda a crear y fortalecer una nueva generación de servicios nacionales de investigación y extensión agrícola en los países productores de maíz y de trigo.<sup>39</sup> Su vinculación con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y su trabajo con el Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) han sido un gran respaldo en su estrategia.

#### ALIANZA DEL CIMMYT CON EL INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA)

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), como organismo especializado en agricultura del Sistema Interamericano, y con mandatos hemisféricos, tiene como misión: “estimular, promover y apoyar los esfuerzos de los Estados Miembros para lograr su desarrollo agrícola y el bienestar rural por medio de la cooperación internacional de excelencia”. Ha identificado como principales desafíos de la agricultura hemisférica para el mediano plazo: la productividad y la competitividad, la sustentabilidad y el cambio climático, la Inclusión, la seguridad alimentaria y nutricional, la innovación y la gestión integrada de los recursos hídricos. Dichos desafíos contextualizan el marco de acción de sus cuatro objetivos estratégicos: mejorar la productividad y la competitividad del sector agrícolas; potenciar la contribución de la agricultura al desarrollo de los territorios y al bienestar rural; mejorar la capacidad de la agricultura para mitigar y adaptarse al cambio climático y utilizar mejor los recursos naturales; mejorar la contribución de la agricultura a la seguridad alimentaria.

El IICA ha tenido un papel estratégico con el CIMMYT al atender el mandato de los ministros de Agricultura de las Américas que incorpora a la innovación como tema central de la Agenda de Desarrollo del Sector Agroalimentario.

Su apoyo ha sido clave para recoger la visión de los ministros de Agricultura, generar foros de discusión, consensos y cambiar la visión en los países hacia sistemas nacionales de innovación agroalimentarios<sup>41</sup> y para la articulación de estos con otras instancias, ya sean regionales o hemisféricas. Asimismo, sus recomendaciones han sido claves en la cons-

TABLA 2. IICA-CIMMYT: SINERGIAS Y COMPLEMENTARIEDADES INSTITUCIONALES

ÁREA DE SINERGIAS	OFERTA IICA	OFERTA CIMMYT
<b>Investigación/Cooperación Técnica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cooperación técnica a través de Proyectos Insignia:</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>Competitividad y sustentabilidad de las cadenas agrícolas para la seguridad alimentaria y el desarrollo económico.</li> <li>Inclusión en la agricultura y los territorios rurales.</li> <li>Resiliencia y gestión integral de riesgos en la agricultura.</li> <li>Productividad y sustentabilidad de la agricultura familiar para la seguridad alimentaria y la economía rural.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de productores innovadores con acceso a asesoría técnica.</li> <li>Sistema de seguimiento y evaluación Bitácora Electrónica MasAgro (BEM): base de datos con información histórica sobre manejo agronómico, rendimientos, costos de producción e ingresos (más de 35 000 productores registrados de todo el país).</li> <li>Semillas adecuadas de maíz y trigo. Resguardo y caracterización de la biodiversidad.</li> </ul> <p>Herramientas y metodología para la identificación de actores clave y el mapeo de redes de innovación.</p>
<b>Formación y actualización de recursos humanos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maestría en Seguridad Alimentaria.</li> <li>Becas IICA-CONACYT.</li> <li>Diplomado en Gestión de la Innovación en el Sector Agroalimentario.</li> <li>Programa de Capacitación Centroamérica-Caribe.</li> <li>Cursos de Capacitación en temas específicos.</li> <li>Oferta Académica del CTL (Centro para la Promoción de Capacidades Técnicas y Liderazgo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Curso Técnico Certificado en Agricultura Sustentable (TC).</li> <li>Entrenamientos en temas específicos.</li> <li>Programa de formación a entrenadores.</li> <li>Capacitación a productores</li> <li>Capacitación a pequeñas y medianas empresas del agro, como: empresas semilleras nacionales, maquinaria, etc.</li> </ul>
<b>Transferencia tecnológica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SIDALC (Alianza de Servicios de Información Agropecuaria).</li> <li>IICA Campus Virtual.</li> <li>Infoagro.net</li> <li>Biblioteca Digital/Biblioteca Orton/Biblioteca Venezuela.</li> <li>Centro de Referencia OMC-IICA.</li> <li>Red INNOVAGRO.</li> <li>Red GTD.</li> <li>Agroenlace.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estaciones experimentales del CIMMYT.</li> <li>Infraestructura física de los hubs (plataformas experimentales y módulos demostrativos).</li> <li>Red de colaboradores de la estrategia de extensionismo de MasAgro.</li> <li>Materiales didácticos.</li> <li>Medios de divulgación.</li> </ul>
<b>Incidencia en políticas públicas dirigidas al desarrollo de la población rural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Junta Interamericana de Agricultura (JIA).</li> <li>Comité Ejecutivo.</li> <li>Secretariado Ejecutivo del CAC.</li> <li>Secretariado Ejecutivo del CAS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo Interinstitucional de temas seleccionados, como: extensionismo, poscosecha y fertilidad, entre otros.</li> </ul>



Productores MasAgro

trucción de políticas públicas nacionales, como MasAgro en México, con el fin de contribuir a “desencadenar y fortalecer procesos intensivos y permanentes de innovación y círculos virtuosos de innovación con la participación de todos los actores”.<sup>42</sup>

CIMMYT participa activamente en los mecanismos del IICA especializados en investigación e innovación en el sector agroalimentario -FONTAGRO, FORAGRO, INNOVAGRO- así como con las representaciones del IICA en los países de las Américas. A partir de MasAgro, el CIMMYT ha intensificado su vinculación con las representaciones de México y Guatemala. Además, se prevé replicar dicha estrategia en Centro América con apoyo de las representaciones del IICA y del Consejo Agropecuario de Ministros de Centro América (CAC).

El 17 de marzo de 2015, IICA y CIMMYT firmaron un Acuerdo Marco de Cooperación para la realización conjunta y coordinada de proyectos de investigación científica relacionada con el mejoramiento de maíz y trigo, el intercambio y desarrollo académico, la difusión de información sobre problemas agrícolas comunes, el intercambio de personal científico, el desarrollo, formación y actualización de recursos humanos, así como la contribución al mejoramiento de la operación de políticas públicas dirigidas al desarrollo de la población rural.

IICA y CIMMYT han identificado cuatro áreas potenciales de

sinergia y/o complementariedad: i) investigación; ii) formación y actualización de recursos humanos; iii) transferencia tecnológica; iv) incidencia en políticas públicas dirigidas al desarrollo de la población rural.

IICA y CIMMYT han trabajado conjuntamente en la incidencia en políticas públicas dirigidas al desarrollo de la población rural, como son: el establecimiento del Capítulo México de la Red Latinoamericana de Extensionismo Rural (RELASER), donde SAGARPA, CIMMYT, IICA, Red INNOVAGRO y COLPOS, integran el Comité Ejecutivo; la realización un evento de extensionismo rural en Guatemala con el fin de apoyar la replicabilidad del modelo en ese país; la participación continua del IICA en el Grupo Interinstitucional de Extensionismo en México.

La vinculación de IICA con el CIMMYT en lo general y con MasAgro en lo particular, contribuye a la promoción de las transformaciones esperadas en los países miembros: incremento de la calidad y cantidad de productos agrícolas, adopción y difusión de prácticas innovadoras, incorporación de principios y prácticas sostenibles de producción en las cadenas agrícolas, reducción de los niveles de vulnerabilidad y mejorar en la calidad nutricional del maíz y trigo.

#### CGIAR

El CGIAR, cuya organización y funcionamiento se transformó en 2016, reúne a 15 centros dedicados a la investigación agrícola internacional. La labor de esta organización de investigación científica dirige particular atención a la creación de alianzas para el desarrollo de la investigación y la generación de impactos. El CIMMYT, como miembro de esta alianza mundial, además de participar en su Programa de Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria, coordina sus programas MAÍZ y TRIGO, que reúnen y agregan valor a los esfuerzos de más de 500 colaboradores.

A nivel mundial, el CIMMYT cuenta con diversos proyectos en países en vías de desarrollo que atienden las necesidades particulares de cada región.

A continuación, se detallan los proyectos que el CIMMYT realiza en alianza con instituciones de investigación internacional, gobiernos y empresas.<sup>40</sup>

#### PROGRAMAS CIMMYT EN EL MUNDO

##### 1 MAÍZ TOLERANTE A SEQUÍA ACCESIBLE Y ECONÓMICO PARA ASIA (AAA)

Colaboración entre el CIMMYT, la Fundación Syngenta para la agricultura sustentable y los sistemas nacionales de investigación agrícola de Indonesia, Filipinas y Vietnam, destinada a generar maíz tolerante a la sequía para los pequeños productores de Asia.

##### 2 INSTITUTO BORLAUG PARA EL SUR DE ASIA (BISA)

Organización no lucrativa dedicada a la investigación científica para lograr la seguridad alimentaria, nutricional y de los medios de subsistencia, así como la rehabilitación ambiental en el sur de Asia. BISA es una iniciativa de colaboración del CIMMYT y el Consejo Indio de Investigación Agrícola.

##### 3 PROYECTO MAÍZ RESILIENTE AL CLIMA PARA ASIA

Financiado por la Agencia Alemana de Desarrollo (GIZ) e implementado como una colaboración público-privada destinada a mejorar la resiliencia de las familias de bajos recursos productoras de maíz en el sur y el sureste de Asia, proporcionándoles híbridos de maíz con tolerancia a estreses abióticos y adaptados a los sistemas de producción de temporal, para que diversifiquen sus cultivos, intensifiquen su producción y obtengan rendimientos más altos.

##### 4 INICIATIVA PARA LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CEREALES EN EL SUR DE ASIA (CSISA)

Se estableció en 2009 con el propósito de promover un cambio duradero a escala en los sistemas de producción de cereales en el sur de Asia. Opera mediante nodos de innovación rurales en Bangladesh, India y Nepal, complementa las iniciativas nacionales y regionales, e incorpora a colaboradores del sector público, la sociedad civil y el sector privado en el desarrollo y disseminación de mejores sistemas de producción, tecnologías ahorradoras de recursos, nuevas variedades e híbridos de cereales, estrategias de forrajeo y cadenas de valor de alimentos para animales, sistemas de acuicultura y políticas y mercados.

##### 5 CONSORCIO INTERNACIONAL PARA EL MEJORAMIENTO DE MAÍZ EN ASIA (IMIC-ASIA)

Es una asociación de más de 35 instituciones (compañías semilleras, programas y fundaciones nacionales) formada por el CIMMYT para generar y distribuir líneas endogámicas e híbridos de maíz mejorados, tolerantes al calor y al anegamiento, con el fin de generar impactos en las zonas productoras de maíz en Asia.

IMIC-Asia se puso en marcha en 2010 y ha generado más de 1 500 líneas endogámicas CIMMYT para que los miembros de la asociación las utilicen en la generación de nuevas líneas endogámicas o en combinaciones heteróticas.

Los miembros del consorcio establecieron una red colaborativa de ensayos para identificar los mejores productos de preliberación, que son sometidos a más evaluaciones a nivel nacional o estatal como parte del proceso de liberación de variedades. Las combinaciones híbridas del CIMMYT están en proceso de ser asignadas a los miembros interesados, sobre todo a las empresas pequeñas y medianas, para su comercialización y distribución.

#### 6 PROYECTO MAÍZ TOLERANTE AL CALOR PARA ASIA (HTMA)

Es financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) como parte de la iniciativa Feed the Future, una alianza público-privada que tiene como objetivo generar ingresos estables y seguridad alimentaria para los productores de maíz de bajos recursos en el Sur de Asia mediante la creación y distribución de híbridos de maíz tolerantes al calor.

Esta alianza utiliza el germoplasma y los conocimientos y la experiencia técnica del CIMMYT en el mejoramiento para obtener tolerancia a factores abióticos adversos, combinándolos con la capacidad de investigación y experiencia de sus otros colaboradores: la Universidad de Purdue, Pioneer-Asia, los programas nacionales de cuatro de los principales productores de maíz sudasiáticos colaboradores del sector privado, como DuPont Pioneer, y compañías semilleras regionales, como Kaveri Seeds y Ajeet Seeds.

#### 7 PROGRAMA DE INNOVACIÓN AGRÍCOLA DE PAKISTÁN (AIP)

La administración del proyecto está a cargo de un consorcio de Centros del CGIAR y el Consejo de Investigación Agrícola de Pakistán (PARC). Es coordinado por el CIMMYT y patrocinado por la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional. Trabaja en el aumento de manera sostenible de la productividad agrícola y los ingresos en el sector agrícola mediante la promoción y disseminación de tecnologías y prácticas modernas para el sector de la ganadería, la horticultura y los cereales.

#### 8 PROGRAMA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL TRIGO

Tiene como objetivo mejorar y proteger la productividad del trigo en Pakistán, respaldando la investigación que conduzca a la identificación, adopción y manejo agronómico óptimo de nuevas variedades de trigo de alto rendimiento y resistentes a enfermedades. La meta principal del proyecto consiste en facilitar iniciativas de instituciones científicas en Pakistán encaminadas a minimizar los efectos adversos de las royas del trigo –incluida la altamente virulenta cepa conocida como Ug99– utilizando sistemas de vigilancia y variedades con resistencia genética. Este proyecto para mejorar la producción de trigo es un programa colaborativo de investigación y desarrollo en el que participan múltiples colaboradores e incluye la formación de recursos humanos. Los principales colaboradores son el Ministerio de Agricultura de Pakistán, la Agencia de Desarrollo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), CIMMYT y el Centro Internacional de Investigación Agrícola en Zonas Áridas, que trabajan conjuntamente con organizaciones científicas paquistaníes a fin de poner en marcha actividades de investigación y desarrollo relacionadas con la vigilancia de las royas, premejoramiento, mejoramiento, producción de semilla y agronomía.

#### 9 PROYECTO MECANIZACIÓN AGRÍCOLA Y AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN PARA LA INTENSIFICACIÓN SUSTENTABLE (FACASI)

Busca la mejor forma de aprovechar las sinergias entre la mecanización a pequeña escala y la agricultura de conservación. La meta global del proyecto es mejorar el balance de la fuerza agrícola, reducir la carga de trabajo pesado y minimizar las ventajas y desventajas de la bioma-

sa en África oriental y África austral, acelerando la distribución y adopción de la tecnología de los tractores de dos ruedas (2WT, en inglés) entre los pequeños productores.

#### 10 PROYECTO DISTRIBUCIÓN Y VIGILANCIA DE VARIEDADES DE TRIGO RESISTENTES A LA ROYA DE ETIOPIA

Busca generar, mostrar y distribuir variedades de trigo de alto rendimiento y con resistencia en planta adulta a los patógenos de la roya, con los siguientes objetivos: mejorar la vigilancia de la roya; crear un sistema de alerta temprana y fenotipado; acelerar la evaluación de variedades y la multiplicación preliberación de semilla para asegurar la disponibilidad y distribución de variedades mejoradas con resistencia a la roya en los distritos meta; acelerar la multiplicación de variedades de trigo resistentes a la roya mediante los sistemas de semilla formal e informal; demostrar y distribuir variedades de trigo y mejorar los vínculos entre los productores de trigo duro de pequeña escala y las agroindustrias a fin de dar a los pequeños productores de trigo duro acceso al mercado.

En el fenotipado y genotipado de variedades comerciales y materiales elite del programa nacional de investigación de trigo participan el CIMMYT, el Laboratorio de Enfermedades de Cereales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la Universidad de Minnesota y la Universidad Estatal de Washington.

#### 11 PROYECTO DISTRIBUCIÓN DE SEMILLA DE MAÍZ TOLERANTE A LA SEQUÍA PARA ÁFRICA (DTMASS)

Nace en noviembre de 2014 con el objetivo de satisfacer la demanda y mejorar el acceso a maíz de buena calidad mediante el uso de variedades mejoradas tolerantes a la sequía, resilientes a los fenómenos adversos y de alto rendimiento para los pequeños productores. El proyecto hace énfasis en la distribución y adopción de variedades mejoradas de maíz. La meta de DTMASS es producir alrededor de 12 000 toneladas métricas de semilla certificada para aproximadamente 400 000 familias campesinas de Etiopía, Kenia, Malawi, Mozambique, Tanzania, Uganda y Zambia.

El proyecto es coordinado por el CIMMYT e implementado por medio de alianzas con instituciones públicas y privadas.

#### 12 PROYECTO MAÍZ MEJORADO PARA LOS SUELOS DE ÁFRICA (IMAS) – CONCLUYÓ EN 2015

IMAS generó variedades de maíz que utilizan el nitrógeno de manera más eficiente para producir grano para el pequeño productor. Fue coordinado por el CIMMYT y financiado por la Fundación Bill & Melinda Gates y la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional. Otros colaboradores fueron DuPont Business, Pioneer Hi-Bred, Organización Keniana de Investigación Agropecuaria (KALRO) y el Consejo de Investigación Agrícola de Sudáfrica (ARC), quienes contribuyeron con personal, infraestructura, semilla, caracteres, tecnología, capacitación y conocimientos.

#### 13 PROYECTO MAÍZ TOLERANTE A LA SEQUÍA PARA ÁFRICA (DTMA) – CONCLUYÓ EN 2015.

Buscó ayudar a mitigar los efectos de la sequía y otros factores que limitan la producción de maíz en África subsahariana, aumentando los rendimientos de maíz en por lo menos 1 tonelada por hectárea bajo sequía moderada y logrando un aumento de 20 a 30% en los rendimientos de

los agricultores, lo que benefició hasta 40 millones de personas en 13 países africanos. El proyecto reunió a agricultores, instituciones científicas, especialistas en extensión, productores de semilla, organizaciones comunitarias agrícolas y organizaciones no gubernamentales. Fue implementado de manera conjunta por el CIMMYT y el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), con la colaboración de los sistemas nacionales de investigación agrícola de los países que participaron en el proyecto.

#### 14 PROYECTO MAÍZ NUTRITIVO PARA ETIOPÍA (NUME)

Es un programa implementado en colaboración con instituciones etíopes de investigación, organizaciones no gubernamentales internacionales, universidades y compañías semilleras públicas y privadas de Etiopía.

El Instituto Etíope de Investigación Agrícola (EIAR) y el CIMMYT han liberado nuevos híbridos de maíz con calidad proteínica (QPM) y variedades de polinización libre adaptadas a todas las principales agroecologías productoras de maíz en Etiopía.

Gracias al desarrollo y disseminación de variedades de maíz nuevas, incluido el maíz QPM y el uso de prácticas agronómicas mejoradas, NuME ayuda a reducir la inseguridad alimentaria reforzando la capacidad de Etiopía de producir sus propios alimentos.

#### 15 DIAGNÓSTICO Y PREVENCIÓN PARA EVITAR LA TRANSMISIÓN DE LA NECROSIS LETAL DEL MAÍZ POR MEDIO DE LA SEMILLA

Este proyecto, financiado por la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional, coordina las iniciativas regionales para responder al rápido surgimiento y propagación de la necrosis letal del maíz (MLN).

Coordinado por el CIMMYT, el proyecto implementa protocolos de diagnóstico estandarizados para detectar los virus causantes de la MLN y ayudar a las compañías semilleras a generar semilla libre de MLN. También aumenta la vigilancia y el monitoreo de la MLN en Malawi, Zambia y Zimbabwe, tres de los principales países exportadores de semilla de maíz en África subsahariana.

Es implementado en colaboración con la Alianza por una Revolución Verde en África, la Fundación Africana de Tecnología Agrícola, organizaciones de protección vegetal y compañías semilleras comerciales en África oriental. En el proyecto participan colaboradores de los sectores público y privado, organizaciones regionales y organizaciones comercializadoras de semilla que operan en la región.

#### 16 PROYECTO MAÍZ TOLERANTE A FACTORES ADVERSOS PARA ÁFRICA (STMA)

Tiene como objetivo generar variedades e híbridos mejorados con tolerancia a la sequía, la escasa fertilidad del suelo y el calor, y resistencia a enfermedades como la necrosis letal del maíz (MLN) y plagas que afectan grandes zonas productoras de maíz en África subsahariana (SSA).

Es patrocinado por la Fundación Bill & Melinda Gates y la USAID. Los países meta son: Etiopía, Kenia, Tanzania, Uganda, Malawi, Sudáfrica, Zambia, Zimbabwe, Benín, Ghana, Mali y Nigeria, que abarcan cerca del 72% del total de la superficie dedicada a la siembra de maíz en África subsahariana.

Se espera aumentar la productividad del maíz entre 30 y 50%. El proyecto pretende producir aproximadamente 54 000 toneladas de semilla certificada y ponerla a disposición de más de 5.4 millones de familias campesinas de pequeña escala para finales de 2019.

#### 17 PROYECTO MAÍZ EFICIENTE EN EL USO DEL AGUA PARA ÁFRICA (WEMA)

Se puso en marcha en marzo de 2008 con el propósito de ayudar a los agricultores a manejar el riesgo de la sequía, generando y distribuyendo variedades de maíz con rendimientos mayores de entre 24 y 35% en comparación con las variedades actuales, bajo condiciones de sequía moderada. La segunda fase del proyecto (2013-2017) incluye mejoramiento para obtener resistencia a los barrenadores del tallo, así como manejo de productos y producción, promoción con las compañías semilleras y los agricultores, y actividades de preservación de productos. El proyecto se enfoca en Kenia, Mozambique, Tanzania, Sudáfrica y Uganda.

#### 18 PROGRAMA INTENSIFICACIÓN SUSTENTABLE DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ-LEGUMINOSAS PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN ÁFRICA ORIENTAL (SIMLESA)

Es una colaboración entre los sistemas de investigación agrícola de Etiopía, Kenia, Malawi, Mozambique y Tanzania, el CIMMYT, el Centro Internacional de Investigación Agrícola en Trópicos Semiáridos, la Asociación para el Fortalecimiento de la Investigación Agrícola en África oriental y África central, la Alianza para la Agricultura y la Innovación Agrícola de Queensland, la Universidad de Queensland, la Universidad Murdoch, el Consejo de Investigación Agrícola y el Gobierno de Australia por conducto del Centro Australiano de Investigación Agrícola Internacional (ACIAR).

Tiene como objetivo lograr un aumento de 30% en la productividad del maíz y las leguminosas y reducir el impacto de la baja de 30% en los rendimientos que se proyecta que afectará a cerca de 500 000 fincas dentro de 10 años, mediante la investigación y el desarrollo participativos con agricultores, agencias de extensión, organizaciones no gubernamentales, universidades y agroempresas de la cadena de valor.

#### 19 PROYECTO INVESTIGACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LADERAS (HMRP) – CONCLUYÓ EN 2015

Patrocinado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, se inició en 1999 con el objetivo de aumentar la seguridad alimentaria de las familias campesinas de la zona montañosa de Nepal, aumentando la productividad y la sustentabilidad de los sistemas de producción de maíz. El proyecto produjo dos resultados importantes: 1) las familias campesinas de las zonas montañosas de Nepal, sobre todo los grupos pobres y menos favorecidos, mejoraron su seguridad alimentaria y sus ingresos; 2) la Junta Nacional de Semilla del Consejo de Investigación Agrícola de Nepal y su Departamento de Agricultura instituyó un sistema de control de calidad en instituciones públicas y privadas.

#### 20 PROGRAMA INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE TRIGO DE INVIERNO (IWWIP)

Iniciativa conjunta entre el Gobierno de Turquía, el CIMMYT y el Centro Internacional de Investigación en Zonas Áridas (ICARDA), establecida a mediados de la década de 1980. El objetivo principal

del IWWIP es generar germoplasma de trigo de invierno y facultativo para las regiones de Asia central y occidental (Turquía y Siria). El IWWIP también facilita el intercambio de germoplasma de trigo entre la comunidad de mejoramiento mundial, que se ha utilizado como progenitor en cruces y como variedades. Fueron liberadas 42 variedades del IWWIP en Afganistán, Armenia, Azerbaiyán, Georgia, Irán, Kazakstán, Kirghizistán, Pakistán, Tayikistán, Turquía y Uzbekistán.

#### 21 PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE MAÍZ Y DE TRIGO EN AFGANISTÁN

Busca aumentar de manera sustentable la producción de maíz y de trigo en Afganistán por medio de la introducción de semilla de variedades mejoradas de alto rendimiento, resistentes a enfermedades y tolerantes a la sequía, adaptadas a diversas zonas agroclimáticas de ese país, la disseminación de semilla y prácticas agronómicas mejoradas. Para ello utiliza nodos innovadores y multiparticipativos, y fomenta la capacitación de científicos, agentes de extensión y organismos no gubernamentales de Afganistán.

Es un esfuerzo colaborativo principalmente con el Instituto de Investigación Agrícola de Afganistán y con organizaciones internacionales líderes, como el Centro Internacional de Investigación Agrícola en Zonas Áridas, el Centro Australiano de Investigación Agrícola Internacional, la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas, colaboradores nacionales, agentes de extensión y agricultores afganos.

#### 22 PROYECTO BUENA MILPA

El proyecto Buena Milpa en Guatemala, implementado en colaboración con el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) de ese país, se enfoca en implementar una estrategia de intensificación sustentable para la agricultura, y reducir al mismo tiempo la pobreza, la desnutrición y los daños al medio ambiente. Es coordinado por CIMMYT en colaboración con el programa Feed The Future de la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional.

#### 23 PROGRAMA MODERNIZACIÓN SUSTENTABLE DE LA AGRICULTURA TRADICIONAL (MASAGRO)

Es un proyecto de investigación y desarrollo rural de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México (SAGARPA) y el CIMMYT que promueve una intensificación sustentable de la producción de maíz y trigo en México.

Desarrolla investigación y capacidades dirigidas a incrementar la rentabilidad y estabilidad de los rendimientos del maíz y del trigo en México. Busca aumentar el ingreso de los agricultores y la sustentabilidad de sus sistemas de producción mediante esquemas de investigación colaborativa, el desarrollo y la difusión de variedades de semillas adaptadas, y de tecnologías y prácticas agronómicas sostenibles, mediante redes de innovación compuestas por plataformas de investigación, módulos demostrativos y áreas de extensión.

#### 24 ALIANZA INTERNACIONAL PARA AUMENTAR EL RENDIMIENTO DEL TRIGO (IWWIP)

Se inició en 2012 con la participación del CIMMYT, el Consejo de Investigación de Ciencias Biotecnológicas y Biológicas del Reino Unido (BBSRC), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID).

Tiene el objetivo de promover y apoyar la creación de una dinámica comunidad científica internacional de los sectores público y privado mediante el intercambio de recursos, capacidades, datos e ideas, dirigido a mejorar la productividad, la calidad y la producción sustentable del trigo a nivel mundial.

Uno de los objetivos clave de la Iniciativa de Trigo es aumentar el rendimiento y generar nuevas variedades de trigo adaptadas a diferentes regiones geográficas— será realizado por la Alianza Internacional de Rendimiento de Trigo, una alianza internacional de organizaciones científicas y organizaciones patrocinadoras.

#### 25 INICIATIVA REALIZAR AVANCES GENÉTICOS EN EL TRIGO (DGGW)

La iniciativa DGGW mitigará los graves problemas para la producción de trigo derivados del cambio climático y generará y distribuirá nuevas variedades de trigo, tolerantes al calor y resistentes a las royas y otras enfermedades.

Está subvencionada por la Fundación Bill & Melinda Gates y es operada por la Universidad de Cornell, con la colaboración de científicos de centros internacionales como el CIMMYT y el Centro Internacional de Investigación Agrícola en Zonas Áridas (ICARDA).

Colaboran en el proyecto laboratorios de investigación avanzada en los Estados Unidos, Canadá, China, Turquía, Dinamarca, Australia y Sudáfrica. Participan en el consorcio 2 000 científicos de 35 instituciones internacionales de 23 países, y 37 países aportan datos a la red de vigilancia.

#### 26 PROYECTO RESISTENCIA DURABLE DEL TRIGO A LA ROYA

Es un esfuerzo colaborativo iniciado en abril de 2008, que incluye 22 instituciones internacionales de investigación y es coordinado por la Universidad de Cornell.

Busca mitigar la amenaza de las royas del trigo por medio de actividades coordinadas que reemplazarán las variedades susceptibles con variedades de resistencia durable, generadas mediante fitomejoramiento multilateral acelerado y distribuidas por conducto de los sectores de semilla de los países en desarrollo.

El proyecto pretende también aprovechar los avances recientes de la genómica para introducir resistencia no hospedante (inmunidad) en el trigo.

#### 27 PROGRAMA HARVESTPLUS

Busca reducir el hambre oculta y proporcionar micronutrientes directamente a miles de millones de personas en los alimentos básicos que consumen. A través de la biofortificación se aumenta el contenido de micronutrientes (hierro, zinc y vitamina A) en los productos alimentarios básicos.

HarvestPlus es parte del Programa Agricultura para la Nutrición y la Salud (A4NH) del CGIAR, que contribuye a realizar el potencial del desarrollo agrícola para generar beneficios a la salud y la nutrición equitativos en cuanto al género para los pobres. Es coordinado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI); participan también el IRRI, CIP, ICRISAT, IITA e ICARDA) y más de 200 científicos, investigadores y expertos, en colaboración con universidades, instituciones y organizaciones.

Además, apoya y trabaja con los programas nacionales de biofortificación de Brasil, China e India. Fue puesto en marcha en 2004 y financiado por la Fundación Bill & Melinda Gates para llevar a cabo investigación sobre la biofortificación.

#### 28 INICIATIVA GENNOVATE

Es una iniciativa de investigación comparativa internacional que estudia cómo las normas de género influyen en las mujeres, los hombres y los jóvenes a la hora de adoptar innovaciones en la agricultura y en el manejo de los recursos naturales. Participan ocho centros del CGIAR (CIMMYT, CIAT, CIP, ICARDA, ICRISAT, IITA, IPGRI e IRRRI). Es implementado a nivel mundial en 125 comunidades rurales de 26 países, y pretende proporcionar investigación confiable que promueva métodos que modifiquen las relaciones de género y catalicen cambios en la investigación agrícola internacional y el manejo de los recursos naturales para el desarrollo.



Dr. Norman Borlaug

#### RECONOCIMIENTOS DE MÉXICO EN EL MUNDO

##### PREMIO NOBEL DE LA PAZ

En 1966, el mismo año en que se fundó el CIMMYT, la India, tras haber sobrevivido a una pésima cosecha de trigo, enfrentaba otra. Como medida de emergencia para proteger el abasto de alimentos, importó de México 18 mil toneladas de semilla de los nuevos trigos mejorados. El primer indicio de los buenos resultados obtenidos fueron los 16.5 millones de toneladas de trigo cosechadas en la India en 1968, que excedieron por mucho los 11.3 millones cosechadas el año anterior. Bajo la amenaza de la hambruna y alentado por los rendimientos logrados en la India, Pakistán también importó trigos mexicanos. Con la siembra de los nuevos trigos semienanos, los dos países lograron duplicar su producción de trigo en 1966 y 1971. Había comenzado la Revolución Verde.<sup>43</sup>

Norman Borlaug, con ayuda de organizaciones agrícolas internacionales, durante años se dedicó a realizar cruces selectivos de plantas de maíz, arroz y trigo en países en vías de desarrollo, hasta obtener los más productivos. La motivación de Borlaug fue la baja producción agrícola con los métodos tradicionales.<sup>44</sup>

El doctor Norman Borlaug, investigador del CIMMYT, recibió el Premio Nobel de la Paz en 1970 por su lucha para la prevención del hambre en el mundo.

##### PREMIO MUNDIAL DE LA ALIMENTACIÓN 2000

Con el objetivo de disminuir la desnutrición entre la población rural y mejorar la dieta de aves y ganado de la creciente industria pecuaria de México, en 1966 se iniciaron los trabajos entre el CIMMYT y el INIFAP para desarrollar maíz QPM (con mayor calidad proteica), que contiene 70% más lisina y triptófano que el maíz normal y mejores características agronómicas. En reconocimiento por el desarrollo del maíz QPM, Surinder K. Vasal y Evangelina Villegas, ambos investigadores del CIMMYT, compartieron el Premio Mundial de la Alimentación 2000. Las variedades e híbridos de maíz QPM se siembran hoy en 25 países en desarrollo.<sup>45</sup>

##### PREMIO MUNDIAL DE LA ALIMENTACIÓN 2014

En reconocimiento a sus contribuciones a la investigación sobre cultivos y la producción de alimentos, el doctor Sanjaya Rajaram, recibió el Premio Mundial a la Alimentación 2014. El doctor Rajaram, nacido en la India y nacionalizado mexicano, lideró la investigación sobre mejoramiento de trigo en el CIMMYT México por más de tres décadas. Como resultado de su liderazgo y su dedicación a esta actividad, se liberaron más de 480 variedades de trigo harinero con alto potencial de rendimiento y estabilidad, adaptación amplia y resistencia a importantes enfermedades y estreses. Las variedades mejoradas por el doctor Rajaram han aumentado el potencial de rendimiento del trigo entre 20 y 25% y se siembran en alrededor de 58 millones de hectáreas en numerosos países.<sup>46</sup>

##### PREMIO NORMAN BORLAUG 2014

En 2014, el Premio Mundial de Alimentación reconoció el papel de MasAgro, iniciativa conjunta del Gobierno de México y el CIMMYT, en el desarrollo de "programas sostenibles de vanguardia que están transformando la agricultura de subsistencia y los sistemas agrícolas poco sustentables en sistemas productivos y sostenibles en México y otras partes del mundo".<sup>47</sup> Este reconocimiento fue entregado al doctor Bram Govaerts, representante regional del CIMMYT para América Latina y líder de Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro), quien recibió el Premio Norman Borlaug 2014 a la investigación de campo y su aplicación.<sup>48</sup>

##### EL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID) Y LA INICIATIVA GLOBAL HARVEST (GHI)<sup>49</sup>

El informe del BID y el GHI, "La próxima despensa global: Cómo América Latina puede alimentar al mundo", reconoce como una iniciativa innovadora al servicio de información agrícola vía celular a MasAgro-Móvil y lo considera como un caso de éxito en materia de inversión para mejorar el conocimiento y los servicios de extensión para los agricultores.

##### GRUPO DE AGRICULTURA DEL G20

El reporte del Grupo de Agricultura del G20 en 2012,<sup>50</sup> reconoció a MasAgro como una experiencia mexicana que podría servir como modelo para coordinar la investigación y el desarrollo, la innovación y transferencia de tecnología, así como las asociacio-



nes público-privadas en el sector agroalimentario.

##### ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE) 51

En octubre del 2015, el Centro de Desarrollo de la OCDE reconoce a SAGARPA y CIMMYT por el éxito de MasAgro en Zacatecas, ya que impulsan la productividad y sustentabilidad en el medio rural.

##### PREMIO A MAÍZ TOLERANTE A SEQUÍA EN LA SEMANA DEL CLIMA

El Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID) otorgó el premio a la Mejor Innovación Tecnológica durante la Semana del Clima celebrada en Gran Bretaña, por su patrocinio al proyecto "Maíz tolerante a sequía para África" (DTMA, en inglés) implementado por CIMMYT y el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA).

##### RECONOCIMIENTO DE AUSTRALIA

En abril de 2016, Australia reconoce que México está emergiendo rápidamente como un país clave en las Américas en materia de innovación. 90% de la composición genética de las variedades de trigo que se cultivan en ese país es de origen mexicano, gracias a más de medio siglo de colaboración en materia de investigación entre Australia y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), establecido en México.<sup>52</sup>

##### OTROS RECONOCIMIENTOS

Adicionalmente a los reconocimientos anteriores, el CIMMYT ha recibido varios reconocimientos otorgados, entre otros, por: Fundación Alfredo Harp Helu, Fundación Bill y Melinda Gates,

Fundación Claudia y Roberto Hernández.

#### NOTAS

- 1 CIMMYT. Reporte Anual 2013.
- 2 CIMMYT. (2008). México y el CIMMYT.
- 3 *Ibid.*
- 4 CIMMYT. [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org). 16 agosto 2016.
- 5 *Ibid.*
- 6 Afganistán, Australia, Bangladesh, Brasil, Canadá, China, Dinamarca, Estados Unidos, Etiopía, Filipinas, Guatemala, India, Indonesia, Kenia, Malawi, Mozambique, Nepal, Paquistán, Sudáfrica, Tanzania, Turquía, Uganda y Zambia.
- 7 CIMMYT. [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org). 31 de agosto 2016.
- 8 Véase "Origen del CIMMYT", pág. 17.
- 9 CIMMYT. (2008). México y el CIMMYT.
- 10 *Ibid.*
- 11 CIMMYT. [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org). 31 de agosto 2016.
- 12 CIMMYT. (2008). México y el CIMMYT.
- 13 Morris y López-Pereira. (2000). Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina: 1966-1997.
- 14 *Ibid.*
- 15 Córdova. (2002). En México y el CIMMYT.
- 16 CIMMYT. (2008). En México y el CIMMYT.
- 17 CIMMYT. Reporte Anual 2015.
- 18 González-Estrada y Wood. (2006). En México y el CIMMYT.
- 19 CIMMYT. (2013). Revista Enlace. 17 de diciembre 2013.
- 20 Banco Mundial. [datos.bancomundial.org/indicador/AG.yld.crel.kg](http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.yld.crel.kg).
- 21 Espitia-Rangel et al. (2003, 2004). En México y el CIMMYT.
- 22 González-Estrada y Wood. (2006). En México y el CIMMYT.
- 23 Lantican et al. (2003). En México y el CIMMYT.
- 24 González-Estrada y Wood. (2006). En México y el CIMMYT.
- 25 Lantican et al. (2003). En México y el CIMMYT.
- 26 Heisey et al. (2002). En México y el CIMMYT.
- 27 Reynold. (2009). Informe anual CIMMYT 2009.
- 28 CIMMYT. Reporte Anual 2015.
- 29 *Ibid.*
- 30 CIMMYT (2008). México y el CIMMYT.
- 31 Michel. (2007). En México y el CIMMYT.
- 32 Pulleman y Flores. (2008). En México y el CIMMYT.
- 33<sup>a</sup> Govaerts y Sayre 2008, en México y el CIMMYT
- 33 Fisher et al. (2005). En México y el CIMMYT.
- 34 Govaerts y Sayre. (2008). En México y el CIMMYT.
- 35 Novelo. (2000). Martínez. (2006). En México y el CIMMYT.
- 36 Entre las que figuran: Asgrow; Fundación Produce Sonora; Fundación Produce Estado de México; Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); Asociación de Organismos de Agricultores del Sur de Sonora (AOASS); Consejo Nacional de Productores de Trigo (CONATRIGO); y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- 37 Govaerts. (2009). Informe Anual CIMMYT 2008-2009.
- 38 Entrevista al doctor Bram Govaerts, Representante Regional de CIMMYT en América Latina, del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT. 20 de Agosto del 2016.
- 39 SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B313.aspx>.
- 40 CIMMYT. [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org), 16 agosto 2016.
- 41 "Estos sistemas incluyen una gran gama de actores que orientan, apoyan, crean, transfieren y adoptan innovaciones y asesoran a productores y al público sobre éstas. Los gobiernos que brindan orientaciones estratégicas, apoyo financiero, asistencia y asesoría técnica y acceso a infraestructura, como bases de datos, laboratorios y tecnologías de información y comunicación (TIC), investigadores públicos, el sector privado y los agricultores generan innovación. Otros Intermediarios ayudan a difundir innovaciones. Entes sin fines de lucro y organizaciones no gubernamentales (ONG) brindan apoyo, financiamiento e información. Los mercados y los consumidores proveen las señales de demanda de la innovación. OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico, fr). Citado en IICA., Agricultura, Oportunidad de Desarrollo en las Américas. Plan de Mediano Plazo 2014-2018. Mayo del 2014. San José, Costa Rica.
- 42 *Ibid.*
- 43 CIMMYT. (2008). México y el CIMMYT.
- 44 Bourlang y Downell. La Inacabada Revolución Verde. El Futuro Rol de la Ciencia y la Tecnología en la Alimentación del Mundo en Desarrollo. <http://www.agbioworld.org/biotech-info/articles/spanish/desarrollo.html>.
- 45 CIMMYT. (2008). México y el CIMMYT.
- 46 [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org), 16 agosto 2016.
- 47 Palabras del embajador Kenneth Quinn, presidente de la Fundación del Premio Mundial de Alimentación durante la premiación al doctor Govaerts.
- 48 The World Food Prize. <http://www.worldfoodprize.org/index.cfm?24667/32676>. 12 agosto 2016. El comité de selección del Premio Norman Borlaug 2014 a la Investigación de Campo y su Aplicación fue encabezado por el doctor Ronnie Coffman, director de Programas Internacionales del Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Cornell. El Premio es auspiciado por la Fundación Rockefeller y administrado por el Premio Mundial de Alimentación.
- 49 <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/eventos/1392-el-servicio-de-informacion-agricola-masagro-movil-caso-de-exito-de-mexico-en-el-mas-reciente-informe-del-bid>.
- 50 CIMMYT. Informe Masagro 2011-2012.
- 51 <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B732.aspx>.
- 52 <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/hubs/1905-australia-pais-innovador-por-naturaleza>.

“ EL PROGRAMA MODERNIZACIÓN SUSTENTABLE DE LA AGRICULTURA TRADICIONAL (MASAGRO) BUSCA AUMENTAR EL INGRESO DE LOS AGRICULTORES Y LA SUSTENTABILIDAD DE SUS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MEDIANTE ESQUEMAS DE INVESTIGACIÓN COLABORATIVA ...





Que México sea un líder mundial en la investigación agrícola para el desarrollo, colaborando eficazmente con los mejores científicos internacionales ...

### III

## MASAGRO: EL MODELO DE COOPERACIÓN SAGARPA-CIMMYT

**M**odernización Sustentable de la Agricultura Tradicional, MasAgro, es el esfuerzo que decidió encabezar el Gobierno Mexicano junto con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para fortalecer la seguridad alimentaria a través de la investigación y el desarrollo, la generación de capacidades y la transferencia de tecnología, para permitir a pequeños y medianos productores de maíz y de trigo obtener rendimientos altos y estables, incrementar su ingreso y contribuir a mitigar los efectos del cambio climático en México.

MasAgro nace en un contexto en el que los precios de alimentos básicos en México alcanzaron niveles similares a los de la crisis alimentaria de 2008 y responde a la inquietud del gobierno de que esta situación podría reproducirse con mayor frecuencia e intensidad en los siguientes años a menos que se abordaran desde la raíz los problemas que propiciaban la inseguridad alimentaria.

Su arranque estuvo enmarcado en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, que tenía entre sus objetivos: 1) elevar el nivel de desarrollo humano y patrimonial de los mexicanos que viven en las zonas rurales, convergiendo y optimizando los programas y recursos que incrementen las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reduzcan la pobreza, integrando a las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica de desarrollo regional; 2) abastecer al mercado interno con alimentos de calidad, sanos y accesibles, protegiendo al país de plagas y enfermedades y a través del ordenamiento y la certidumbre de mercados; 3) mejorar los ingresos de los productores vinculándolos con procesos de agregación de valor a través de organización, capacitación y asistencia técnica, de la promoción de insumos competitivos, orientando la producción a las demandas del mercado y vinculando las actividades de investigación y desarrollo con las necesidades del sector rural; y 4) revertir el deterioro de los ecosistemas a través de acciones para preservar el agua, el suelo y la biodiversidad, disminuyendo el impacto en todas las actividades de la producción rural, logrando un balance entre las actividades productivas la protección del ambiente

Asimismo, se fundamentó en el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012, instrumento rector de las políticas públicas del sector, que retomando los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo, planteaba entre sus líneas de acción: 1) generar alternativas productivas para que las familias rurales de localidades de alta y muy alta marginación mejoren la seguridad y tengan acceso a los alimentos básicos, de manera adecuada, suficiente y permanente para mejorar su nutrición y calidad de vida; 2) apoyar el desarrollo de la capacidad de almacenamiento de productos agropecuarios e insumos para preservar la calidad de los mismos y facilitar el desarrollo de mercados regionales; 3) generar conocimiento y tecnología de punta para atender temas como cambio

climático, biotecnología, agua y la conservación y aprovechamiento de los recursos genéticos; 4) prestar servicios en apoyo a la innovación tecnológica; 5) promover el manejo integrado de plagas y la generación de biofertilizantes y bioplaguicidas para mejorar la productividad y reducir los costos de producción.

Adicionalmente, el Programa planteaba la cooperación internacional, particularmente el establecimiento de relaciones con los organismos internacionales buscando aprovechar sus recursos y experiencias, y desarrollando programas, acuerdos y proyectos de colaboración con el fin de fomentar esquemas de complementación productiva tecnológica y comercial.

MasAgro entró en vigor a partir del 15 de octubre de 2010 y concluirá hasta el 31 de diciembre de 2020. El gobierno mexicano apuntaló a MasAgro, alineando de 2012 a 2013 varios programas de gran alcance como el entonces Programa de Apoyo a la Cadena Productiva de los Productores de Maíz y Frijol (PROMAF), el desarrollo de capacidades y extensionismo rural, recursos genéticos, manejo de post-producción, tecnificación de riego y modernización de la maquinaria.<sup>1</sup>

En el sexenio actual, MasAgro se incorporó al programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimenticio 2013-2018 para apoyar el alcance del objetivo de aprovechamiento sustentable, específicamente en las siguientes estrategias: 1) optimizar el uso del agua; 2) impulsar prácticas sustentables en las actividades agrícola, pecuaria, pesquera y acuícola; 3) establecer instrumentos para rescatar, preservar y potenciar los recursos genéticos; 4) aprovechar la biotecnología con base en rigurosos análisis científicos, cuidando la riqueza genética, la salud humana y el medio ambiente.<sup>2</sup>

La visión para México en general busca:

- Alimentos a precios accesibles: incremento de los ingresos de las personas de escasos recursos.
- Lograr la soberanía y suficiencia alimentaria como consecuencia de una producción agrícola mucho mayor.
- Un sector agrícola local, vibrante y diverso, impulsado por la competitividad, la eficiencia y las tecnologías avanzadas y, en menor grado, por los subsidios.
- Un desarrollo regional y reducción de la pobreza: que los productores de escasos recursos aumenten la producción y la productividad de sus predios.
- Generación de empleos y menos migración: que los mexi-

canos jóvenes agregen valor al sector agrícola de México gracias a las nuevas oportunidades.

- Que México sea un líder mundial en la investigación agrícola para el desarrollo, colaborando eficazmente con los mejores científicos internacionales.
- Uso más eficiente de los recursos: tierra, agua, mano de obra y energía.
- Un país preparado para enfrentar los retos de la seguridad alimentaria provocados por el cambio climático y recursos naturales mas escasos y costosos.

Asimismo, los impactos esperados por el gobierno de México son, en particular:

- Contar con la tecnología y materiales genéticos para elevar la media de producción de maíz de temporal de 2.2 a 3.7 toneladas por hectárea.
- Aumentar 50% el potencial de rendimiento del trigo para alcanzar un incremento en la producción de trigo.
- Para el caso de las zonas de riego, las intervenciones de MasAgro se enfocan a mantener los rendimientos altos y estables con menores costos de producción.
- Para 2020 se espera aumentar entre 5 y 9 millones de toneladas a la producción de maíz de temporal.
- Este impulso a la producción nacional de semillas mejoradas contribuirá a cumplir las metas del gobierno mexicano para 2018, que plantean aumentar la producción nacional de maíz blanco en 4.8 millones de toneladas y de maíz amarillo en 1.2 millones de toneladas, incrementos de 24% y 67%, respectivamente sobre los niveles de 2012.

MasAgro es un esquema con visión integral de aprovechamiento de la diversidad de maíz y trigo, acompañado de tecnologías acordes a cada región y tipo de productor, permitiendo la transferencia de conocimientos, acceso a la información, capacitación y aplicación de mejores prácticas agronómicas adaptadas a los factores adversos climáticos; además, permite el acceso al uso de semillas mejoradas de alto rendimiento y resilientes al cambio climático; asimismo, protege y conserva los recursos naturales (suelo y agua) y, como factor principal, aumenta el ingreso del productor porque reduce los costos de producción.

En síntesis, MasAgro busca resguardar y aprovechar la biodi-

versidad de maíz y trigo, incrementar la producción, aumentar la productividad, reducir los costos de los insumos, mejorar la adaptación de semillas a las condiciones causadas por el calentamiento global y la escasez de agua mejorando su eficiencia, amortiguar los efectos de la sequía mediante agricultura de conservación y reactivar la transferencia de tecnología para una intensificación sustentable.

MasAgro tiene cuatro componentes o líneas de acción que desarrollan investigación básica y aplicada para generar capacidades a lo largo del sistema producto de los cultivos relacionados.

#### MASAGRO BIODIVERSIDAD

El componente MasAgro Biodiversidad tiene como propósito el mayor aprovechamiento de recursos genéticos valiosos mediante tecnologías de punta y desarrollo de capacidades, para acelerar el desarrollo de variedades de maíz y trigo de alto rendimiento, estables y tolerantes al cambio climático. El componente utiliza herramientas de análisis molecular de última generación para estudiar la biodiversidad del maíz y del trigo y así entender mejor la composición genética de las miles de variedades que existen de ambos granos, para movilizarlos y combinarlos en un proceso de mejoramiento no transgénico en nuevos cultivos que sean más productivos, resistentes a plagas y enfermedades, y más tolerantes a los efectos adversos del cambio climático. La materia prima para este proceso de mejoramiento genético convencional del maíz y de trigo son las colecciones que conservan CIMMYT, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y otras instituciones mexicanas e internacionales en sus bancos de recursos genéticos.

Se procura acercar a la comunidad científica mexicana recursos e infraestructura de alta especialidad, que permiten estudiar y aprovechar la diversidad genética del maíz y de trigo, proporcionando a los fitomejoradores un paquete de nuevos conocimientos, herramientas y servicios que permitan un uso más eficiente del germoplasma exótico, con el fin de acelerar el desarrollo de variedades de maíz y trigo de alto rendimiento que estén preparadas para enfrentar los efectos del cambio climático.

Con la participación de más 24 organizaciones,<sup>3</sup> MasAgro Biodiversidad se ha planteado cuatro objetivos principales.<sup>4</sup>

- **Atlas Molecular.** Caracterizar totalmente la diversidad genética nativa del maíz y el trigo y hacer que este cuerpo de

conocimiento sea ampliamente accesible para la comunidad científica, con el objetivo de estimular el progreso del mejoramiento de ambos cultivos para el beneficio de futuras generaciones.

- **Germoplasma puente.** Hacer que la variación genética novedosa sea más accesible para los fitomejoradores mediante el desarrollo de germoplasma puente que lleve variantes exóticas de genes (alelos) provenientes de recursos genéticos, en fondos genéticos (genomas) de variedades élites.

- **Fortalecimiento de capacidades.** Fortalecer las capacidades de la investigación agrícola de acuerdo con las demandas del campo en México, a través de la capacitación de estudiantes, un servicio de análisis genético, y la provisión de herramientas de software en apoyo al mejoramiento genético.

- **Compartir los beneficios.** Construir vías para compartir en tiempo real los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos del maíz con los productores de subsistencia en México.

#### MASAGRO MAÍZ

El componente de MasAgro Maíz tiene como propósito generar rendimientos más altos a través de investigación colaborativa en material genético y tecnología disponibles para el desarrollo de semillas mejoradas con potencial de rendimiento y estabilidad que impulsen la conversión a híbridos con alto rendimiento en las zonas con aptitud, el fomento del sector semillero nacional y el mejoramiento participativo de maíces nativos. Se encarga de impulsar y desarrollar la industria semillera nacional, responsable de multiplicar las semillas mejoradas generadas de variedades e híbridos producidos, y también de evaluarlos para su adaptación a las tres zonas agroecológicas donde se produce grano de temporal en nuestro país: el trópico, el subtropical y los valles altos. Esto permitirá que los agricultores obtengan semillas mejoradas de muy bajo costo y adaptadas a sus terrenos.

El impulso a la producción nacional de semillas mejoradas, permitirá cumplir las metas del Gobierno mexicano para 2018, que plantean aumentar la producción nacional de maíz blanco en 4.8 millones de toneladas y de maíz amarillo en 1.2 millones de toneladas, incrementos de 24% y 67% sobre los niveles de 2012.<sup>5</sup>



Espigas de maíz

### MASAGRO TRIGO

El propósito del componente de Trigo es generar capacidades fortalecidas en científicos mexicanos que aprovechan los vínculos establecidos con la Alianza Internacional de Trigo y atraen inversiones internacionales del sector público-privado para desarrollar líneas de trigo con mayor rendimiento potencial y adaptabilidad al cambio climático, mediante un esfuerzo jamás visto de 33 centros de investigación públicos y privados en 21 países.<sup>6</sup> Las actividades de capacitación, selección y evaluación de material se llevan a cabo en la plataforma mexicana de fenotipado (MEXPLAT)<sup>7</sup> ubicada en Valle del Yaqui, Sonora, una de las zonas trigueras más importantes del país, donde expertos agrónomos y científicos en mejoramiento vegetal, fisiología de cultivos y biología molecular, entre otras disciplinas afines, estudian los límites de rendimiento de trigo élite para adaptarlos a las nuevas condiciones de sequía y calor que se registran en México. Para alcanzar este objetivo, los mejoradores estudian la forma de hacer más eficientes los procesos de fotosíntesis, asimilación de nutrientes y formación de grano, así como mejorar la estructura de la planta y su capacidad de adaptación a condiciones adversas.

### MASAGRO PRODUCTOR

Este componente tiene como propósito el generar rendimientos más altos y estables, mayores ingresos netos para los productores y la adopción de una cultura de conservación de los recursos naturales mediante un esfuerzo de actores de la cadena productiva de maíz, trigo y cultivos asociados integrados para la innovación, difusión y adopción de soluciones sustentables en zonas agroecológicas seleccionadas. Es una estrategia basada en redes de colaboración e innovación que hace posible la adopción de prácticas agronómicas sustentables, la transferencia de tecnología y el aprovechamiento de semillas mejoradas de maíz, trigo y cultivos asociados que, en conjunto, incrementan la pro-



Ensayos de maíz bajo agricultura de conservación

ductividad y el ingreso del agricultor en forma sostenible en las principales regiones agroecológicas de México.

Busca impulsar la productividad agrícola y promover la mejora en la calidad de vida de los productores a través del acompañamiento técnico constante, la generación, adaptación y apropiación de tecnologías sustentables, así como la creación y fortalecimiento de capacidades de los actores que conforman el sistema de innovación agrícola.

### AVANCES POR LÍNEA DE ACCIÓN

#### MASAGRO BIODIVERSIDAD

#### EVALUACIÓN DE CARACTERES AGRONÓMICOS CLAVE DE MAÍZ

Con el propósito de identificar los genes que controlan el rendimiento del maíz y su tolerancia a factores adversos como plagas, enfermedades, calor y sequía, se han generado poblaciones o cruces de prueba representativas de las 28 mil muestras de maíz criollo que conserva el banco de germoplasma del CIMMYT.<sup>8</sup> De manera complementaria, el desempeño de las progenies, es decir de las semillas obtenidas a partir de los cruzamientos, se evalúa en condiciones reales de campo para determinar el rendimiento y la calidad del grano, el desempeño de las plantas en suelos pobres, su tolerancia a calor y sequía, así como su resistencia a las principales plagas y enfermedades que atacan este cultivo.

Las pruebas de campo se realizan en distintas regiones del país con la colaboración del INIFAP, las universidades Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Autónoma del Estado de México (UAEM), de Guadalajara (UDG), Politécnica Francisco I. Madero (UPFIM), el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la compañía de semillas BIDASEM.<sup>9</sup>

De esta manera, la Red de Caracterización Fenotípica de Maíz de MasAgro lleva a cabo ensayos de campo que permiten medir la:

- Adaptabilidad a niveles bajos de nitrógeno y fosfato.
- Tolerancia a calor y sequía.
- Resistencia a hongos y enfermedades.
- Calidad nutricional de los granos.
- Determinación del contenido de antocianinas en maíces azules.

En colaboración con investigadores de instituciones públicas y privadas se han conducido más de 73 ensayos de campo, distribuidos en 19 localidades tropicales, subtropicales y de Valles Altos, en 12 estados del país.<sup>10</sup>

Hasta 2015 se han identificado:

- 128 variedades tropicales con el mayor rendimiento bajo condiciones de sequía, las cuales ya se cruzaron con líneas de élite del CIMMYT para convertirlas en donadores para los fitomejoradores. Otro grupo de 110 materiales se está evaluando por segunda ocasión para identificar más fuentes de tolerancia a la sequía.<sup>11</sup>
- 2 variedades nativas originarias de Oaxaca (OAXA 280) y Guatemala (GUAT 153) con un nivel sobresaliente de resistencia a la enfermedad complejo mancha de asfalto, y se está avanzando en la transferencia de los genes que confieren la resistencia a materiales que permitan el desarrollo de variedades mejoradas resistentes.<sup>12</sup>

En colaboración con el INIFAP se ha realizado una evaluación de la diversidad de maíces azules disponibles en los bancos de germoplasma del CIMMYT y el INIFAP para definir los tipos de antocianinas (que contienen propiedades para la prevención del cáncer), calidad de grano y potencial de rendimiento. Asimismo, se están desarrollando marcadores basados en el ADN destinados a facilitar el mejoramiento genético.



Espigas de trigo

#### CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE GERMOPLASMA DE MAÍZ

MasAgro ha estudiado la composición genética del 97% de la biodiversidad representada en el banco de germoplasma.<sup>13</sup> El análisis mediante genotipificación por secuenciación (GBS, por sus siglas en inglés), de cada una de estas variedades, produce perfiles genómicos conformados por entre diez mil y un millón de marcadores moleculares. Estos perfiles sirven a los investigadores como mapas para navegar por la riqueza genética endémica de los cultivos en forma eficiente y con mayor velocidad.

Están en proceso de formación poblaciones de maíz derivadas de cuatro maíces nativos y de 10 poblaciones mejoradas que poseen resistencia a la enfermedad complejo mancha de asfalto (CMDA), y se están mejorando al menos 99 poblaciones con tolerancia a la sequía. Está previsto poner a disposición de los mejoradores el germoplasma con resistencia a la sequía y al CMDA entre los años 2016 y 2018.<sup>14</sup>

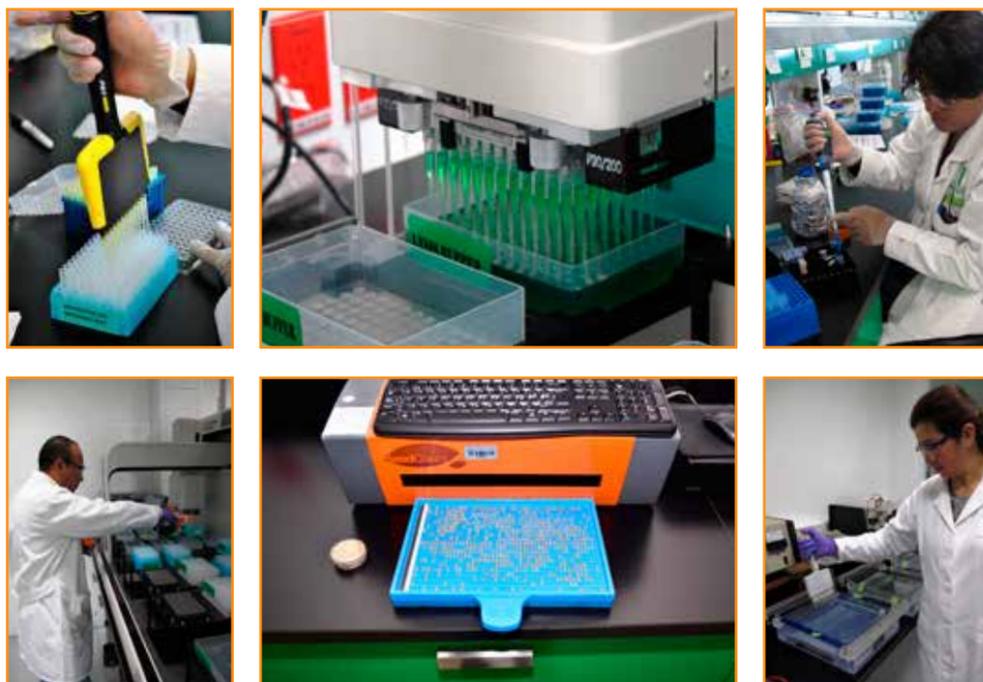
#### EVALUACIÓN DE CARACTERES AGRONÓMICOS CLAVE DEL TRIGO

Se ha evaluado la resistencia a calor y sequía de 48 mil variedades de trigo,<sup>15</sup> entre las que se cuentan 9 mil variedades de trigos criollos de México. Adicionalmente, se probó la resistencia a plagas de 5 mil variedades y la eficiencia en el uso de nutrientes de 800 tipos distintos de trigo.

Se han conducido ensayos de campo para evaluar la tolerancia a calor y sequía, resistencia a las enfermedades mancha amarilla (*tan spot*), carbón parcial y mancha foliar (*spot blotch*), adaptación a suelos pobres en fósforo y calidad nutricional del grano (contenido de hierro y zinc).

Los ensayos han permitido identificar las accesiones destacadas por su respuesta a condiciones de estrés por sequía y altas temperaturas entre ellas, 15 líneas nativas de México que presentaron promedios de rendimiento superiores a las líneas élite bajo condiciones de sequía, resultados que deberán ser confirmados





Proceso de extracción de ADN en SAGA

por otros ensayos. Se destaca la identificación de 50 líneas con altos rendimientos en condiciones de suelos con bajo contenido de fósforo y líneas nativas de México e Irán con altas concentraciones de zinc y hierro que superan ampliamente los valores de las variedades élite de alto rendimiento.<sup>16</sup>

Se tiene identificadas 300 accesiones con un porcentaje de infección por carbón parcial menor a 2%. Además, 63 líneas nativas originarias de México fueron seleccionadas por su buena tolerancia a la mancha amarilla en condiciones de campo. De este grupo se identificaron también 5 líneas por su tolerancia a la roya amarilla.<sup>17</sup>

Se continúa el proceso iniciado en años previos para la obtención de poblaciones mejoradas, con el avance generacional de 100 poblaciones derivadas de cruzamientos triples y su evaluación bajo sequía, calor, alta presión de enfermedades hoja y condiciones controladas (invernadero).

#### CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE GERMOPLASMA DE TRIGO

Mediante el uso de equipo de genotipificación por secuenciación, se ha caracterizado el genoma de más de 48 mil materiales de trigo, entre ellas la mayoría de las variedades criollas de México, lo que representa el 40% de las aproximadamente 120 mil accesiones del banco internacional del CIMMYT.<sup>18</sup> Los datos genotípicos obtenidos se utilizan para determinar las relaciones genéticas entre las distintas variedades, así como para identificar

los genes que al expresarse aumentan la capacidad de adaptación a factores adversos y el rendimiento de las plantas.

#### DESARROLLO DEL SERVICIO DE ANÁLISIS GENÉTICO PARA LA AGRICULTURA (SAGA)

Para facilitar el uso y aprovechamiento de los productos de MasAgro Biodiversidad, se estableció en 2012 el Servicio de Análisis Genético para la Agricultura (SAGA).

SAGA es un novedoso modelo de trabajo para conformar una plataforma tecnológica de análisis molecular o secuenciación que, junto con datos de rendimiento en campo, posibilita a los científicos del programa identificar los factores genéticos que permiten a una variedad de maíz tener mayor tolerancia al calor, a la sequía o enfermedades.

SAGA realiza las siguientes actividades científicas:

- Generación de datos genéticos.
- Análisis de datos genéticos para estudios de diversidad genética, junto con datos fenotípicos.
- Asesoría y capacitación en la producción y análisis de datos genéticos, así como en su aprovechamiento en un contexto de investigación agrícola aplicada.

Con estas actividades y nuevos métodos estadísticos se reduce notoriamente el tiempo que se requiere para identificar las



Semilla de híbridos

variedades candidatas para el mejoramiento genético, es decir, para la generación de nuevas semillas que sean más resistentes al calor, la sequía y las plagas que se observan en el país.

En forma complementaria, MasAgro Biodiversidad desarrolla, en colaboración con el Instituto James Hutton de Escocia, herramientas informáticas que permitan administrar miles de millones de datos generados por los análisis moleculares y pruebas de campo realizados a las diferentes variedades de maíz y trigo. De esta manera, sistematiza los datos que los programas de mejoramiento de MasAgro requieren para utilizar genes nativos que permiten incrementar el rendimiento y la tolerancia a factores adversos de ambos cultivos.

#### MASAGRO MAÍZ

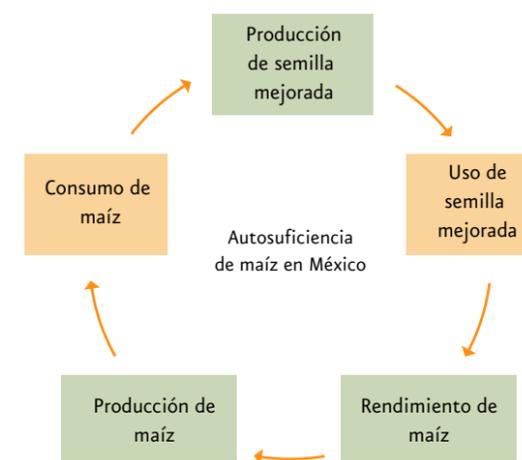
MasAgro Maíz se basa en aumentar el uso de semilla mejorada, especialmente híbridos de maíz, que asociada con el uso de las

prácticas agronómicas de buen manejo, permitan aumentar significativamente el rendimiento de maíz.

Esta estrategia busca integrar las capacidades técnicas de los mejoradores de maíz y desarrollar al sector semillero nacional para llevar a las zonas de temporal semillas evaluadas y adaptadas que permitan enfrentar mejor los efectos del cambio climático. En este componente se han establecido, en colaboración con el INIFAP, sitios de evaluación para estreses biótico (enfermedades) y abiótico (sequía, calor y bajo nitrógeno), procedimientos para el uso de tecnología de dobles haploides y marcadores moleculares y, junto con la industria procesadora, parámetros de calidad y evaluación de maíz.

En materia de mejoramiento, por primera vez en el país se activó una red colaborativa de evaluación e intercambio de germoplasma para Valles Altos, Subtrópico y Trópico, en la que participan instituciones de investigación pública (INIFAP; Universidad Autónoma de Chapingo) y mejoradores de la industria semillera

Esquema de elementos y secuencia de los escenarios de autosuficiencia de maíz 2020



Fuente: CIMMYT. Chessaigne-Donnet. Reporte Final 2015

nacional del sector privado, con la finalidad de acelerar el desarrollo de maíces mejorados.

La red de evaluación cuenta con 160 localidades de prueba establecidas con la participación de 75 colaboradores en las 3 principales zonas productoras de maíz, donde se evalúan un total de 90 híbridos del sector público y privado nacional, lo que ha permitido identificar 25 híbridos del sector público (18 de maíz blanco y 7 de maíz amarillo) adaptados a las zonas agroecológicas de temporal.

La producción de semillas se ha ido incrementando con el tiempo, así, en 2015 se distribuyeron 7 500 kg de semilla básica y 14 000 kg. de semilla precomercial a 36 compañías y colaboradores de MasAgro-Maíz.<sup>19</sup> La semilla básica se destina principalmente como parentales en el siguiente ciclo agrícola; su conservación en condiciones adecuadas le permitirá a los semilleros seguir independizándose y mantener por sí mismos las líneas, sólo recurriendo a CIMMYT para monitorear la adecuada conservación de las mismas. Igualmente, la semilla básica se utiliza para la formación de híbridos a comercializar en 2016.

En 2011 se activó la red nacional de semilleros MasAgro con la participación inicial de 20 empresas mexicanas, cuyo número incrementó a 56 empresas en 2015.<sup>20</sup> Las empresas han sido capacitadas en tecnologías de producción, administración de negocios de semillas, calidad de semilla y tecnologías de mejoramiento, como el uso de dobles haploides (DH), y en 2015 en la evaluación de la calidad de la semilla, aportándoles herramientas que permitirán monitorear la calidad de sus productos con un criterio uniforme alineado a normas internacionales (ISTA).

El Consorcio de Semillas MasAgro (SAGARPA, CIMMYT y empresas semilleras mexicanas) es un ejemplo de asociación pública-

privada que generó una cadena de producción de semillas que conecta el mejoramiento y desarrollo de semillas con la producción y distribución comercial. Los mejoradores del CIMMYT, el INIFAP y las empresas, desarrollan nuevos híbridos que son probados en los ensayos de la Red de Evaluación de MasAgro. Las empresas semilleras multiplican y comercializan las semillas, incluyendo los nuevos híbridos probados en la Red de Evaluación.

En conjunto, las compañías semilleras produjeron en 2015 aproximadamente 1.2 millones de bolsas de maíz híbrido de 20kg, que contienen 60 mil semillas. De 2014 a 2015, las compañías semilleras participantes aumentaron 44% las ventas de semilla híbrida de MasAgro, comercializando 26 híbridos de MasAgro bajo 100 nombres comerciales diferentes en 19 estados, 78 regiones y 257 municipios de México.<sup>21</sup>

#### MAÍCES NATIVOS

Aunque el estado de Oaxaca ostenta una gran diversidad de razas de maíz, es deficitario en su producción debido al bajo rendimiento del maíz. Por otra parte, la mayoría de los pequeños agricultores de ese estado, carecen de riego y de recursos para adquirir semilla mejorada, fertilizantes y pesticidas; y prefieren cultivar sus maíces nativos.

Las actividades de mejoramiento participativo de MasAgro en comunidades marginadas de Oaxaca dio comienzo en 2014 como un proyecto piloto que busca mejorar la seguridad alimentaria en las comunidades marginadas a través del mejoramiento genético del maíz colectado dentro de sus sistemas agrícolas entre las comunidades marginadas con mejoramiento agronómico.<sup>22</sup> Este proyecto retoma el trabajo que en 1990 iniciaron los fitomejoradores

Municipios y Comunidades seleccionados en 2014 y 2015 para ensayos de Mejoramiento Participativo y Prácticas Agronómicas.						
Comunidad y Municipio	Altura (msnm)	Pendiente	Ambiente	Razas de Maíz	Grupo Indígena	Porcentaje de la población en pobreza extrema
El zanjón y Rio Grande, Villa Tututepec	60	Plano y lomerío	Trópico Seco	Conejo, Tuxpeño y olotillo	Mixtecos y Mestizos	20.94
Santiago Yaiatepec, Juquila	1900	Laderas	Zona de transición húmeda	Comiteco	Chatinos	46.04
Santa Ana Zegache, Ocotlán	1600	Plano	Subtropical seco	Bolita	Zapotecos de Valle	29.16
Nduayaco y Jazmín Morelos, Santiago Apoala	2200-2100	5-25%	Tierras altas semiseca	Chalqueño y cónico	Mixtecos	49.3
Santa María Yavesia, Santa María Yavesia	2000-2100	5-35%	Tierras altas húmedas	Conico x Bolita, Elotes Occidentales Serrano	Zapotecos	13.13

FUENTE: CIMMYT. SILVA. ARTURO, REPORTE FINAL 2015

Flavio Aragón Cuevas, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Humberto Castro García, de la Universidad Autónoma Chapingo de México (UACH), y Suke-toshi Taba, del CIMMYT, quienes, con la participación directa de la comunidad, desarrollaron un enfoque dinámico mediante el cual se mejoraron las variedades locales para el rendimiento y otras características, conservando la calidad culinaria del grano.<sup>23</sup>

El proyecto se lleva a cabo en 5 municipios de Oaxaca, con la participación activa de 550 productores de 60 comunidades en la selección de granos y los experimentos. A las poblaciones de maíces sobresalientes de los experimentos de 2014 se sumaron 14 más en 2015 para su distribución; se evaluaron 545 poblaciones de maíz para su selección y se hicieron polinizaciones en 23 materiales para formar nuevas variedades.<sup>24</sup>

Los experimentos en las comunidades mostraron diferencias en el rendimiento de los maíces nativos, en distintas densidades, niveles de fertilización y arreglos topológicos. Además se

compararon maíces de variedades mejoradas e híbridos con los mismos tratamientos agronómicos, encontrando que los maíces nativos locales rindieron mejor que los híbridos en la mitad de las comunidades evaluadas. En general, los estudios indican que con una mayor densidad y más fertilización, los rendimientos y el costo/beneficio de los maíces nativos son mayores, bajo las condiciones de suelos marginales, con bajos niveles de fertilidad, pendientes pronunciadas y muy bajas precipitaciones en algunas localidades, o con exceso de humedad en la zona de sierra.

La información sobre características y rendimiento de los maíces, les permitió a los productores con maíces de bajo rendimiento tomar la decisión de optar por la compra de la semilla de su vecino, con rendimientos más altos. A los productores con los mejores maíces locales se les apoyó para incrementar la semilla destinada a la venta local. De esta manera, se está incrementando la producción de maíz en las comunidades gracias al reemplazo de los maíces de bajo rendimiento.



Maíz pepitilla Oaxaca



Maíces criollos



Siembra en laderas



Investigación participativa

Combinando la selección de las mejores poblaciones con mejores prácticas agronómicas, se incrementó el rendimiento promedio en más 40%.<sup>25</sup> En cuanto a la comercialización, los productores vendieron su maíz a través de la empresa Masienda, ubicada en Nueva York (EE. UU.).

### MASAGRO TRIGO

Masagro Trigo es la iniciativa en la que colaboran expertos de 33 centros de investigación públicos y privados en 21 países para aumentar los rendimientos de trigo a nivel mundial. Su objetivo es desarrollar líneas de investigación complementarias que permitan mejorar la estructura física y genética del trigo para aumentar en un 50% su potencial de rendimiento en 2030.<sup>26</sup>

Ha logrado consolidar las operaciones que inició en 2011 con la Plataforma de Fenotipado de México (MEXPLAT) —donde parti-

cipan investigadores de CIMMYT, INIFAP y COLPOS—, un sofisticado sistema de fenotipado aéreo basado en sensores remotos que, acoplados a una plataforma, permite evaluar un gran número de características a nivel de hoja y dosel en miles de variedades de trigo sembradas en extensas parcelas de evaluación.

La tecnología de sensores remotos permite a los mejoradores de la MEXPLAT desarrollar índices espectroradiométricos que comparan temperatura, condiciones de hidratación de las plantas, composición de pigmentos, biomasa, entre otras características de interés fenotípico, de las líneas elite que desarrolla el Consorcio de Rendimiento del Trigo (WYC, por sus siglas en inglés).

La MEXPLAT también ha desarrollado capacidades en métodos de mejoramiento e investigación de campo con la formación de 17 científicos mexicanos de nivel licenciatura y 8 doctores en ciencias.<sup>27</sup>

Ha sido sede de tres talleres internacionales de mejoradores

Red Internacional de Fenotipado vinculada a la Plataforma MEXPLAT para evaluación y selección de materiales con alto potencial de rendimiento, incluyendo CIMCOG y WYCYT		
País	Localidad	Instituto
Argentina	Buenos Aires	Universidad de Buenos Aires
Australia	Canberra	CSIRO Plant Industry
Bangladesh	Dhaka	Wheat Research Center
	Rajshahi	University of Rajshahi
	Joydebpur	BARI
Chile	Valdivia	Universidad Austral de Chile
China	Beijing	CIMMYT-China
	Chengdu	CIMMYT-China
Egipto	Giza	ARC
India	Ludhiana	Punjab Agricultural University
	New Delhi	IARI
	Karnataka	University of Agricultural Sciences
	Indore	IARI
	Varanasi	Banaras Hindu University
	Ludhiana	DWR
Irán	Karaj	CIMMYT-Irán
	Darab	CIMMYT-Irán
México	Tepic	INIFAP-Altos de Jalisco
	Delicias	INIFAP-CE Delicias
	Mexicali	INIFAP-Valle de Mexicali
	Celaya	INIFAP-Bajío
	Los Mochis	INIFAP-CE Valle del Fuerte
	Ciudad Obregón	INIFAP-CE Norman Borlaug
	El batán	CIMMYT
	Toluca	UAEM
Nepal	Bhairahawa	NARC
Pakistán	Islamabad	NARC-Islamabad
	Islamabad	CIMMYT-Pakistán
Reino Unido	Norfolk	John Innes Centre
	Nottingham	University of Nottingham
Sudáfrica	Bethlehem	Small Grain Institute
Sudán	Wad Medani	ARC

FUENTE: REVISTA ENLACE N°23, DICIEMBRE 2014- ENERO 2015.

de trigo convocados para coordinar la investigación en torno al potencial de rendimiento del trigo. De esta manera, los colaboradores de MasAgro en México tuvieron oportunidad de comparar avances y de alinear prioridades de investigación en las tres áreas prioritarias del WYC:



- Mejorar la fotosíntesis para aumentar la biomasa total de la planta.
- Asegurar que la biomasa adicional se refleje en un mayor rendimiento de grano en diferentes ambientes y sin fallas estructurales.
- Estabilizar las mejoras fisiológicas y moleculares que permitan la expresión de los caracteres agronómicos requeridos para incrementar el potencial de rendimiento del trigo.

En estrecha colaboración con el COLPOS, MasAgro Trigo evalúa la eficiencia fotosintética en el dosel de trigos elite para identificar candidatos a mejoramiento enfocado en aumentar la biomasa total de la planta. Un incremento en la capacidad fotosintética a nivel de hojas permitiría un mayor número de fotoasimilados que podrían ser trasladados al grano y aumentar así la materia orgánica de la planta y, por lo mismo, el rendimiento.

En forma complementaria, los mejoradores del CIMMYT evalúan también la capacidad fotosintética de las espigas de diferentes variedades de trigo para incrementar la materia orgánica de la planta. Cabe señalar que las espigas absorben hasta 40% de la radiación solar, por lo que su proceso de fotosíntesis puede contribuir a incrementar sustancialmente el rendimiento total de grano. El reto para los mejoradores del WYC es conseguir, primero, que la materia orgánica extra se traslade al grano y, después, que la estructura de la planta soporte un aumento de esa naturaleza en el peso de la espiga.

Por tal motivo, la Red de Evaluación de Germoplasma Principal del CIMMYT (CIMCOG, por sus siglas en inglés) estudia el proceso de partición de asimilados y la resistencia al acame

de trigos elite para identificar candidatos que puedan desarrollar una estructura fisiológica capaz de resistir el incremento de biomasa derivado de una mayor eficiencia fotosintética.

La CIMCOG cuenta ya con trigos elite que tienen tallos con la altura, diámetro y fortaleza estructural que reúnen cinco de seis características requeridas

para desarrollar un prototipo ideal de trigo que sea capaz de aumentar tanto el nivel de materia orgánica en la espiga como la resistencia del tallo al acame. Sólo falta mejorar la distribución de sus raíces para conseguir el tipo ideal de planta que sea capaz de producir hasta 60% más de grano sin presentar fallos estructurales.<sup>28</sup>

A fin de acelerar el proceso de evaluación y de proseguir con las labores de mejoramiento, el CIMMYT y el INIFAP prueban el mejor material identificado por la CIMCOG en siete localidades ubicadas en Baja California Norte, Chihuahua, Guanajuato, Jalisco, Sinaloa y Sonora. A su vez, los colaboradores del WYC evalúan germoplasma avanzado de trigo en 22 sitios localizados en Australia, Argentina, Bangladesh, Chile, China, Egipto, India, Nepal, Paquistán, Reino Unido, Sudán, Sudáfrica y Zimbabue. De esta manera, el WYC evalúa con celeridad 60 materiales elite para el desarrollo de variedades con características fisiológicas y moleculares que permiten incrementar el potencial de rendimiento del cereal.<sup>29</sup>

En 2015 se obtuvieron los siguientes resultados:<sup>30</sup>

- Se evaluaron más de 100 características agronómicas y fisiológicas de 60 líneas elite de alto potencial de rendimiento del II Conjunto Principal de Germoplasma del CIMMYT (CIMCOG II) utilizando herramientas de fenotipado de alta precisión. Se seleccionaron cinco líneas elite después de analizar tres años de datos recolectados de ensayos consecutivos del panel CIMCOG I. Algunas líneas fueron elegidas por su tolerancia al acame.

- Con el uso de plataformas de fenotipado aéreas equipadas con sensores remotos se identificaron cinco líneas de alto rendimiento tolerantes a sequía, así como siete líneas sobresalientes por su desempeño en condiciones de calor de entre más de 600 líneas evaluadas en ensayos de campo.
- Nueve estudiantes mexicanos continuaron sus estudios de doctorado en universidades internacionales de reconocido prestigio con la asesoría de científicos de renombre y utilizando datos de campo de MasAgro Trigo. Tres estudiantes concluyeron sus estudios de doctorado y dos más obtendrán su doctorado en el primer semestre de 2016.

### MASAGRO PRODUCTOR

MasAgro Productor desarrolla una estrategia de generación validación y extensión de sistemas agroalimentarios sustentables basado en redes de innovación para fomentar la innovación, la transferencia de tecnologías y la adopción de semillas mejoradas de maíz, trigo y cultivos asociados, así como de prácticas agronómicas sustentables entre productores de pequeña escala, que en conjunto permitan tener rendimientos altos y estables, generar un menor impacto en el medio ambiente y tener mayores ingresos.

Otorga una especial relevancia al contexto y a los actores locales, promoviendo un enfoque territorial a través de los hubs o nodos de innovación, espacios para el encuentro y el intercambio de conocimientos, tecnología, prácticas agrícolas e información, que promueven la interacción entre los diferentes actores integrantes de la cadena agroalimentaria que confluyen en ellos.

La palabra **hub** es de origen anglosajón y su traducción al español es buje, la parte central que une los rayos que mantienen unida a una rueda; también hace referencia a una conexión central para el manejo de información cibernética, por lo que representa el centro efectivo de una actividad o red. En MasAgro, el **hub** se puede definir como una “red de innovación conformada por diversos actores de la cadena agroalimentaria de una región agroecológica que trabajan juntos para promover una agricultura sustentable en los sistemas productivos que tienen como base al

maíz y al trigo”. Este concepto contempla tres elementos clave, que son: la región agroecológica, la red de actores y la infraestructura que conforma dicha red.

El concepto fue desarrollado en la década de 2000 por investigadores de CIMMYT que buscaban una solución a la baja adopción que sufría la agricultura de conservación, pero ha evolucionado alineándose a las teorías de sistemas de innovación. El **hub** fue operacionalizado en México en 2007 mediante 2 proyectos, uno en la Región de Valles Altos y otro en la Región Noroeste del país; la experiencia adquirida en estos proyectos fue la base para integrar el concepto a la iniciativa MasAgro.

El concepto **hub** se fue implementando paulatinamente en diversas regiones de México a partir de los siguientes criterios: condiciones ambientales similares (altitud, precipitación y temperatura), sistemas de producción enfocados en maíz o trigo, y posteriormente a límites políticos a nivel municipal. El programa MasAgro fue desarrollando los **hubs** o nodos de innovación, pasando de 2 en 2010, a 12 **hubs** en 2015.<sup>31</sup>

Para implementar un **hub** en una región en particular, se siguieron los siguientes pasos: (i) evaluación de la región, su infraestructura y sus actores; (ii) exploración para identificar a los probables colaboradores, entrevistas con posibles colaboradores, juntas estratégicas con actores locales; (iii) selección de las zonas prioritarias y selección de organizaciones y agricultores colaboradores del **hub**; y (iv) elaboración de un plan de trabajo conjunto (Martínez-Cruz, 2014). Estos pasos abarcan las etapas de diseño y planeación, de instalación y establecimiento, que sirven como preparativas a la puesta en operación. Su operación implica tres pasos: (i) el establecimiento y seguimiento de sus componentes; (ii) la capacitación de extensionistas y agricultores; y (iii) la creación, promoción y fortalecimiento de las redes de innovación locales.<sup>32</sup>

En los **hubs** o nodos de innovación se promueven las seis tecnologías MasAgro:

- Uso de variedades adecuadas de semillas.
- Herramientas de diagnóstico para N, P y K.
- Fertilización integral.

AÑO	HUBS O NODOS DE INNOVACION			PLATAFORMAS	MÓDULOS
	EN OPERACIÓN	EN INSTALACION Y DESARROLLO	EN DISEÑO Y PLANEACIÓN		
2011	• Pacífico Norte • Valles Altos Maíz	• Chiapas • Valles Altos grano pequeño • Bajío	s/d	17	126
2012	• Pacífico Norte • Valles Altos Maíz • Chiapas • Valles Altos grano pequeño • Bajío	• Pacífico Sur • Pacífico Centro • Intermedio grano pequeño	s/d	21	269
2013	• Pacífico Norte • Valles Altos Maíz • Chiapas • Valles Altos grano pequeño • Bajío • Pacífico Sur	• Pacífico Centro • Intermedio grano pequeño	s/d	55	225
2014	• Chiapas • Valles Altos Maíz • Valles Altos Trigo • Bajío • Pacífico Norte • Pacífico Sur	• Golfo Centro • Península de Yucatán • Pacífico Centro	• Intermedio grano pequeño • Occidente • Escala intermedia	50	243
2015	• Chiapas • Valles Altos Maíz • Valles Altos Trigo • Bajío • Pacífico Norte • Pacífico Sur	• Golfo Centro • Península de Yucatán • Pacífico Centro • Intermedio grano pequeño • Occidente • Escala intermedia		43	452

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON INFORMACIÓN DE CIMMYT.

- Agricultura de conservación (manejo de residuos, labranza mínima, control de plagas y enfermedades, rotación de cultivos).
- Diversificación y acceso a nuevos mercados.
- Tecnologías poscosecha.

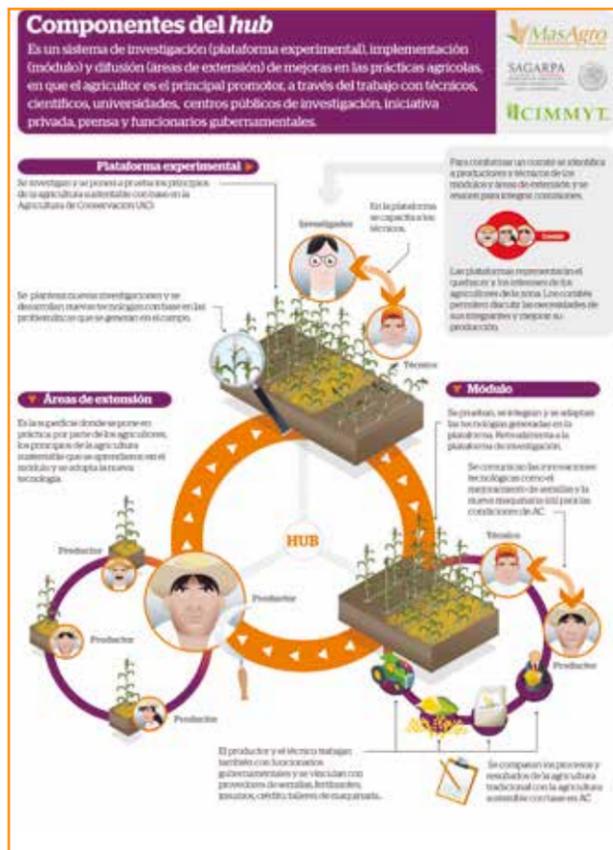
Este menú no es excluyente, sino que incorpora otras opciones tecnológicas que se hayan desarrollado de manera local y que permitan mejorar los sistemas de producción agrícolas. Tales son los

casos de la “milpa intercalada con árboles frutales” en el **hub** Pacífico Sur, de las dobles camas en el **hub** Valles Altos Grano Pequeño, y del manejo integrado de plagas en el **hub** Bajío, entre otros.<sup>33</sup>

Cada **hub** o nodo de innovación tiene una infraestructura física compuesta por plataformas experimentales, módulos demostrativos y áreas de extensión e impacto.

**Las plataformas experimentales.** Son lugares destinados a la investigación, la generación de conocimientos, datos e información,

**INFOGRAFÍA MASAGRO SOBRE COMPONENTES DEL HUB O NODO DE INNOVACIÓN**



así como al desarrollo y adaptación de los sistemas productivos, las prácticas culturales y las tecnologías más adecuadas para una zona agroecológica determinada. Cuentan con el acompañamiento y desarrollo participativo de un equipo científico responsable de la investigación, como universidades, instituciones o centros de investigación, que disponen de recursos humanos, tecnológicos, financieros y de infraestructura necesarios para garantizar la continuidad de la investigación a lo largo del tiempo (5 a 10 años).

En las plataformas se ponen a prueba y comparan diferentes prácticas tradicionales de los agricultores con las tecnologías, prácticas y/o sistemas promovidos por MasAgro, que se desarrollan y adaptan a las condiciones y la problemática de su área de influencia.

Las plataformas son representativas de las condiciones locales (tipo de suelo, clima, régimen hídrico, etc.) y están ubicadas en parcelas de fácil acceso para los visitantes, dado que son espacios esenciales para la capacitación, la facilitación de conocimientos, la difusión de información y la transferencia de tecnología.

**Los módulos demostrativos.** Son espacios representativos establecidos en la parcela de un productor innovador o líder cooperante. Están conformados por una parcela de innovación, donde los productores innovadores, con el acompañamiento técnico y los asesores técnicos certificados, implementan las tecnologías MasAgro generadas, adaptadas y validadas en la plataforma experimental, y una parcela testigo, que es donde el manejo del cultivo se realiza de manera convencional, según las prácticas agrícolas representativas de la zona agroecológica donde se encuentra ubicado el módulo.

Los módulos demostrativos permiten a los agricultores comparar los resultados de las nuevas tecnologías con los obtenidos con las prácticas tradicionales; son un espacio para que el productor cooperante difunda su experiencia a otros agricultores de su entorno, a través de eventos demostrativos, giras de intercambio, distribución de material de divulgación o bien comunicación productor a productor, para que las adopten y generen áreas de extensión y/o áreas de impacto.

Los módulos demostrativos retroalimentan constantemente a las plataformas experimentales para validar y/o adaptar las tecnologías desarrolladas y, en algunos casos, permiten el desarrollo de experimentos e investigación que no es factible realizar en las mismas.

**Las áreas de extensión.** Son todas aquellas parcelas donde los productores, en sus propias parcelas, ponen en práctica los principios de la agricultura sustentable que aprendieron en los módulos demostrativos. Adoptan al menos una de las 6 tecnologías MasAgro basadas en la agricultura de conservación:

variedades adecuadas de maíz, trigo y sus cultivos asociados; sembradoras y maquinarias adecuadas; manejo de cultivos adecuados y acceso a nuevos mercados; herramientas de diagnóstico para nitrógeno, fósforo y potasio (NPK); fertilización integral, manejo integral de plagas y malezas; tecnologías poscosecha.

**Las áreas de impacto.** Son todas aquellas parcelas agrícolas donde el productor, gracias a algún tipo de contacto entre los productores y la iniciativa MasAgro (eventos demostrativos, giras de intercambio, distribución de material divulgativo, comunicación de productor a productor, etc.), implementa y adopta alguna innovación o tecnología. Estos productores no participan directamente en el esquema MasAgro.

Además, desde 2010 se agregaron otras estructuras a la infraestructura del hub:<sup>34</sup>

- Ensayos de fertilización integral para identificar las dosis óptimas de diferentes tipos de fertilizante en tipos específicos de suelos, ya que a veces estos suelos no están representados en las plataformas.
- Ensayos de poscosecha en las casas de los agricultores para evaluar diferentes métodos que no es posible establecer en los módulos localizados en sus campos.
- Puntos de maquinaria, donde están disponibles para uso local las máquinas y herramientas para la agricultura de conservación, ya que el acceso a la maquinaria ha sido un factor importante que ha limitado la adopción de la agricultura de conservación.
- Comités de plataformas conformados por productores de



Infraestructura MasAgro en el estado de Oaxaca. Plataformas, módulos, áreas de extensión e impacto.

módulos y áreas de extensión, así como técnicos de la zona de influencia de la plataforma, que ofrecen asesoría y retroalimentación sobre el tipo de investigación que se necesita.

En 2015, en los 12 hubs MasAgro se establecieron 43 plataformas experimentales que operan en 30 estados del país, y 452 módulos demostrativos que desarrollaron, evaluaron, adaptaron y difundieron prácticas y tecnologías agronómicas sustentables. Se atendieron productores de 94 mil hectáreas y un área de impacto superior a las 970 mil hectáreas.<sup>35</sup>

El CIMMYT establece vínculos y ofrece una serie de servicios que le permiten interactuar con actores locales. Estos productos y servicios, que giran en torno a los procesos de innovación agrícola, consisten en: (i) el establecimiento de la infraestructura del hub; (ii) actividades de capacitación para extensionistas y agricultores; (iii) estrategias de comunicación y divulgación



Ubicación de los Nodos de Innovación.			
Nodo de Innovación	Ubicación	Cultivos	Grado de Operación (%)
Valles Altos	Edo. de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo	Maíz y cultivos asociados	100
Valles Altos	Edo. de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo	Cereales grano pequeño y cultivos asociados	100
Bajío	Michoacán, Guanajuato, Querétaro y Jalisco	Cereales grano pequeño y cultivos asociados	100
Pacífico Norte	Baja California Norte y Sur, Sonora y Sinaloa	Trigo, maíz y cultivos Asociados	100
Pacífico Centro	Morelos y Guerrero	Maíz y cultivos asociados	DESARROLLO
Pacífico Sur	Oaxaca	Maíz y cultivos asociados	100
Chiapas	Chiapas	Maíz y cultivos asociados	100
Intermedio	Zacatecas, San Luis, Aguascalientes	Maíz y cultivos asociados	DESARROLLO
Golfo Centro	Veracruz y Tabasco	Maíz y cultivos asociados	DESARROLLO
Escala intermedia	Chihuahua y Durango	Maíz y cultivos asociados	DESARROLLO
Occidente	Durango, Nayarit, Jalisco y Colima	Maíz y cultivos asociados	DESARROLLO
Península de Yucatán	Yucatán, Campeche, Quintana Roo y Tabasco	Maíz y cultivos asociados	DESARROLLO

FUENTE: SAGARPA, 2016. MASAGRO PRODUCTOR, UN NOVEDOSOS Y EFICAZ ESQUEMA DE EXTENSIONISMO EN EL CAMPO MEXICANO

para dar a conocer el programa, sus metodologías y tecnologías; (iv) proyectos piloto de colaboración con los sectores público y privados; (v) tecnologías de información y comunicación, como la Bitácora Electrónica MasAgro y MasAgro Móvil.<sup>36</sup>  
**Red de Innovación agrícola.** Son “redes de organizaciones o de actores que, junto con las instituciones y las políticas que afectan su comportamiento innovador, trabajan en conjunto para crear

nuevos productos, nuevos procesos y nuevas formas de organización”.<sup>37</sup> El concepto se caracteriza por cuatro elementos: la no linealidad en los procesos de desarrollo tecnológico; la generación de conocimiento colectivo; la innovación tanto técnica como social; y el involucramiento e diferentes actores con diferentes intereses. La Red de Innovación se integra alrededor de cada hub o nodo de innovación y la infraestructura experimental de pla-



Técnicos certificados



Número de formadores MasAgro por Nodo de Innovación.			
Nodo de Innovación	Formadores	Técnicos	Productores
Valles Altos	7	89	2712
Valles Altos	-	-	-
Bajío	9	81	2297
Pacífico Norte	-	-	-
Pacífico Centro	5	76	2285
Pacífico Sur	4	8	2621
Chiapas	4	22	355
Intermedio	5	81	2492
Golfo Centro	2	6	196
Escala Intermedia	-	-	-
Occidente	2	58	3948
Península de Yucatán	4	13	176
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>434</b>	<b>17082</b>

FUENTE: CIMMYT. RESUMEN 2015. METAS, ACTIVIDADES, RESULTADOS E IMPACTOS DE MASAGRO

taformas, módulos y áreas de extensión, en los que se fomentan procesos de desarrollo participativos (identificación, validación y difusión) de tecnologías sustentables MasAgro, adaptadas a la zona agroecológica y a las necesidades y demandas específicas de los diferentes estratos de productores.

#### FORMADORES PARA EL ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO MASAGRO

En MasAgro, se entiende el extensionismo como un proceso dinámico, multisectorial y multidimensional, cuyos principios adoptan diferentes estrategias dependiendo del entorno político, socioeconómico y agroecológico del hub, así como del perfil de los actores involucrados. Su finalidad es mejorar la calidad de vida de los productores a través del acompañamiento técnico constante, la generación, adaptación y apropiación de tecnologías sustentables, así como la creación y fortalecimiento de capacidades de los actores de la cadena agroalimentaria en su conjunto.

La capacitación de formadores para el Acompañamiento Técnico MasAgro tiene como objetivo principal el desarrollo de capacidades y competencias técnicas, de formación y de transferencia de tecnología, con la finalidad de potenciar su papel como agentes de cambio y participantes activos de la estrategia de

extensionismo del programa MasAgro. Los formadores fortalecen sus capacidades y habilidades mediante talleres teórico-prácticos impartidos por expertos nacionales e internacionales.

El equipo de formadores tiene un perfil académico relacionado con las ciencias agronómicas y experiencia en actividades de asesoría o capacitación de productores; cuentan además con facilidad para trabajar en equipo y negociar con organizaciones campesinas y organismos de investigación y de educación. Se encuentran distribuidos en los 9 hubs de mayor antigüedad.



Plataforma de maquinaria

TÉCNICO CERTIFICADO EN AGRICULTURA DE CONSERVACION	
AÑO	
2010	4
2011	28
2012	66
2013	83
2014	67
2015	46
<b>Total</b>	<b>294</b>

Número de técnicos certificados en agricultura de conservación

### TÉCNICOS CERTIFICADOS EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

Los técnicos certificados en agricultura sustentable son los responsables de aumentar la productividad agrícola en su ámbito de influencia, facilitando la transmisión e implementación de los conocimientos de punta adquiridos en agricultura de conservación, para su adaptación, adopción y difusión por todos los directamente involucrados de la red del nodo de innovación.

Se encuentran distribuidos en cada uno de los 12 nodos de innovación que, para 2015, contaban con un total de 294 técnicos certificados en agricultura sustentable.<sup>38</sup>

### PLATAFORMA DE INNOVACIÓN, DISEÑO Y PRODUCCIÓN DE MAQUINARIA

MasAgro Productor, a través del desarrollo de maquinaria agrícola, busca generar soluciones prácticas que permitan a los pro-

ductores agrícolas trabajar en un ambiente de agricultura de conservación.

En colaboración con herreros, proveedores, importadores y entidades públicas especializadas en ingeniería agrícola, se amplía la disponibilidad de maquinaria adecuada, accesible, innovadora, de alta precisión y eficiente, para productores de diferentes estratos.

La Plataforma de Innovación y Producción de Maquinaria de Precisión y de Herramientas de Mecanización Inteligente para productores de autoconsumo ha diseñado 17 prototipos y construido 26 máquinas de agricultura de conservación para diferentes escalas de operación agrícola, con el apoyo de la Red de Herreros.<sup>39</sup>

### PLATAFORMA DE INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍA POSCOSECHA

Con el objetivo de reducir pérdidas de granos en la etapa de poscosecha —con énfasis en el proceso de almacenamiento— causadas por plagas, enfermedades, factores climáticos y procesos de sistema de poscosecha, se crea en 2012 esta plataforma de innovación, que contribuye a que aumente la calidad y cantidad de grano disponible, y con ello, el ingreso neto potencial de productores de autoconsumo y estrato medio.

La plataforma crea y mejora diversas tecnologías y herramientas sustentables y establece protocolos para la conservación y mejor manejo del grano de maíz. Dentro de las tecnologías herméticas probadas y difundidas se encuentran el silo metálico, la bolsa plástica y la lona flexible de PVC; además, se está trabajando en la validación de bolsas plásticas PICS, cal-

micronizada, manejo agroecológico de plagas (MAP) —feromonas en maíz y frijol; barreras repelentes—, tambos plásticos, desgranadoras y secadores de grano.

La validación visual y práctica de los resultados ante la presencia de agricultores, técnicos y actores locales de las diferentes cadenas de granos básicos se realiza en 11 plataformas de tecnologías de poscosecha ubicadas en 5 hubs o nodos de innovación distribuidos en 11 estados del país.<sup>40</sup> Es la forma efectiva y contundente de presentar los resultados de ensayos comparativos con tecnologías para el almacenamiento de granos realizadas en lugares tradicionales de los agricultores, lo que contribuye a la adopción de las nuevas tecnologías. Desde 2012, la plataforma ha instalado 120 ensayos destinados a evaluar el comportamiento y la eficacia de las distintas tecnologías disponibles, y ha capacitado a un total de 6 812 personas, entre productores, técnicos y estudiantes.<sup>41</sup>

Para mejorar la calidad en la manufactura de silos, a iniciativa de MasAgro se ha desarrollado la norma mexicana NMX-FF-123-SCFI-2014, que establece las especificaciones necesarias para asegurar la correcta manufactura y funcionamiento de la tecnología de silos metálicos herméticos con capacidades de hasta 2 toneladas de grano (adecuada para el aprovechamiento por parte de pequeños productores).<sup>42</sup> Dicha norma entró en vigencia en mayo de 2016.<sup>43</sup>

Bajo esta iniciativa, en los estados de Chiapas, Estado de México y Guanajuato se han realizado eventos de capacitación y entrenamiento para hojalateros y herreros locales, enfocados en la fabricación de silos metálicos herméticos de diferentes capacidades de almacenamiento de granos y semillas, con el objetivo de reducir costos de traslado e intermediarios y estimular la oferta local.<sup>44</sup> A la fecha, se han capacitado en total 41 fabricantes de silos metálicos, una acción clave para el desarrollo de tecnologías accesibles. Asimismo, se promovieron cinco tecnologías de almacenamiento de grano en 25 ensayos de manejo poscosecha con productores participantes.<sup>45</sup>

Dada la importancia de estas prácticas en México, en 2015 se creó el Grupo Interinstitucional de Poscosecha (GIP) para consensuar líneas de trabajo e investigación, integrado por 28 expertos, científicos e investigadores, entre otros profesionistas, proceden-

tes de 10 instituciones públicas y privadas: Colegio de Posgraduados (COLPOS), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias (INIFAP), Universidad Autónoma Chapingo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Instituto Tecnológico de Tuxtla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto Politécnico Nacional (IPN), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), CIMMYT.<sup>46</sup>

### SISTEMAS DE DIVULGACIÓN DIGITAL PARA LA TOMA DE DECISIONES

El servicio MasAgro Móvil hace posible que, a través de mensajes de texto por medio de la Plataforma Esoko, se envíe información sobre precios, clima y consejos generales sobre agricultura de conservación a los técnicos y productores de la red.

En 2015 se trabajó en el fortalecimiento de la red de proveedores de contenido con 55 proveedores de información de carácter técnico, 16 de información acerca de eventos y 3 que proveen información de precios y financiera.<sup>47</sup> Adicionalmente, los formadores MasAgro sugieren contenidos y nuevos usuarios a la operación de la plataforma, y la mayoría de sus aportes de contenido se refieren a información técnica útil para el agricultor e información de eventos de capacitación y manejo de nuevas herramientas. A través de MasAgro Móvil se han enviado 147 199 mensajes de texto a los 3 436 usuarios.<sup>48</sup>

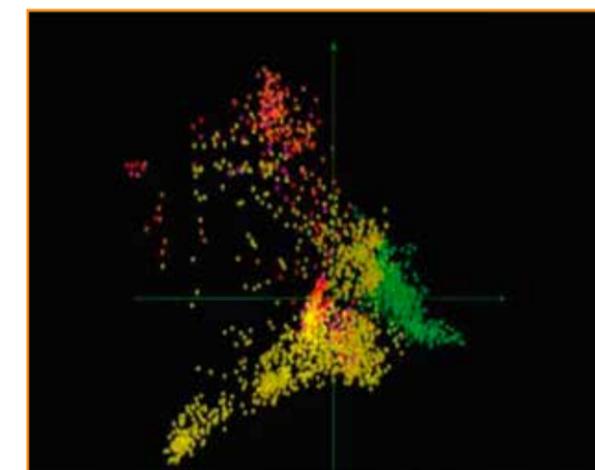
La Bitácora Electrónica MasAgro (BEM) concentra la información de más de 35 000 parcelas. Un análisis de 1 300 parcelas de



Plataforma de innovación en tecnología poscosecha



Ensayo poscosecha



Mapas de diversidad genética

maíz registradas a nivel nacional, mostró que aquellas que aplican tecnologías MasAgro obtienen un rendimiento promedio superior a 67% y un ingreso promedio superior a 23% con respecto de los testigos.<sup>49</sup>

Se cuenta adicionalmente con la Plataforma Conservation Earth (más de 60 capas en el mapa interactivo del SIG),<sup>50</sup> la cual genera diversos mapas necesarios para la toma de decisiones.

Por otra parte, los sistemas GreenSeeker y GreenSat (doble capacidad de generación de imágenes con apoyo del SIAP y el satélite SPOT7) generan ahorros en la fertilización nitrogenada para los productores de maíz y trigo.<sup>51</sup>

Con los sistemas de divulgación digital para la toma de decisiones –Conservation Earth, MasAgro Móvil y GreenSat– los usuarios tienen la oportunidad de evaluar y combinar diferentes variables.

La integración de estas herramientas permite la creación de mapas en tiempo real sobre actividades en campo capturadas en la Bitácora Electrónica MasAgro (BEM) y genera comparativos entre rendimientos y clima, costo de transporte, actividades agronómicas y uso de tecnologías, entre otros.



Buenas prácticas para el acopio y reciba de grano

## INNOVACIONES CENTRALES A RESALTAR

### ATLAS MOLECULAR BIODIVERSIDAD

Usando un enfoque de genotipificación por secuenciación, el equipo de científicos del CIMMYT ha logrado mapear genéticamente 97% de la colección de la diversidad genética existente de maíz en México, la cual ha sido compilada en una plataforma electrónica denominada Atlas Molecular del Maíz, que permitirá a los investigadores desarrollar nuevas líneas élite para la creación de nuevos híbridos que eleven la productividad y la competitividad de los productores.<sup>52</sup>

Esta herramienta tecnológica permite identificar genes de interés para desarrollar nuevas semillas de calidad que se adapten a las condiciones del cambio climático y atiendan las nuevas tendencias de los consumidores y mercados de especialidad.

Con grupos de científicos multidisciplinarios e interinstitucionales que empleen el Atlas Molecular del Maíz, se podrán desarrollar programas de mejoramiento en menor tiempo y costo que con los programas actuales, contribuyendo a elevar la soberanía alimentaria y calidad de vida de los productores de México y el mundo.

### USOS DEL ATLAS MOLECULAR<sup>53</sup>

- Detectar nuevas fuentes de caracteres y genes de alto valor agronómico. En el caso específico de sequía, después de analizar cerca de diez mil accesiones provenientes de ambientes con

sequía durante floración, se pudieron detectar seis grupos distintos, entre los que destaca el grupo correspondiente a germoplasma de Valles Altos.

- Seleccionar variedades con áreas de adaptación y/o características similares para conformar Colecciones Núcleo, que además representen la diversidad genética disponible. Estas colecciones pueden ser conjuntos de accesiones de diferentes tamaños (50, 100, 250, 500 ó 1 000), que permiten a programas de mejoramiento con recursos económicos limitados acceder al estudio y aprovechamiento de la diversidad genética.
- Visualizar huellas genéticas, patrones y/o identificar bloques asociados a razas particulares.
- El uso de esta herramienta también puede ayudar a la selección de variantes genéticas particulares. Si se está interesado en un marcador particular o en un conjunto de marcadores que estén vinculados a un gen/carácter de interés, con base en su registro en el Atlas Molecular se puede seleccionar rápidamente aquellas accesiones que posean las variantes de interés.
- Información de genética molecular y datos geográficos en forma integrada.
- Estudio de la variabilidad genética contenida en los bancos de germoplasma.
- Aprovechamiento del germoplasma de los bancos por los mejoradores para atacar problemas de estrés específicos.
- Capacidad de visualizar la información generada de acuerdo con las necesidades específicas de cada usuario.

Entre otras funcionalidades, el Atlas Molecular contiene mapas con las características del sitio de colecta de las variedades nativas (tipo de suelo, clima y adaptación), información demográfica (raza, uso y productividad), así como de distancias físicas, temporales y genéticas. Además, contiene mapas genéticos que muestran la localización de marcadores moleculares, genes y QTLs (regiones genómicas que controlan caracteres cuantitativos) importantes para el mejoramiento genético.

Finalmente, el Atlas Molecular permite encontrar materiales genéticos públicos con características de gran importancia, como adaptación, madurez, tipo de grano, resistencia a diferentes enfermedades, tolerancia a estrés de sequía o calor, todas ellas necesarias para desarrollar variedades mejoradas que puedan cultivarse y cosecharse bajo las nuevas condiciones ambientales propiciadas por el cambio climático.

### CONEXIÓN DE PRODUCTORES PEQUEÑOS CON MERCADOS NUEVOS

En 2015 se dieron los primeros pasos para contribuir a la promoción de un entorno favorable para la penetración y consolidación en los mercados por parte de los productores asociados a MasAgro, basados en criterios de sustentabilidad, innovación y competitividad.

Con la información disponible en MasAgro y la colaboración del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIEESTAM), se realizaron diagnósticos de redes de comercialización en Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Morelos y otros estados.

Con el fin de reforzar los procesos de diagnóstico y viabilidad de oportunidades comerciales para productores asociados a MasAgro, se identificaron y revisaron factores críticos de casos de éxito relativos a relaciones comerciales entre empresas de la industria agroalimentaria y productores vinculados a MasAgro para promover su replicabilidad. Entre estos casos, destaca el de los productores de maíces nativos de Oaxaca, quienes en 2014 vendieron el grano de sus variedades nativas a Masienda, una empresa con sede en Nueva York que comercializa el grano entre los principales restaurantes de especialidad de esa ciudad y está dispuesta a pagar un sobreprecio de 25% a cambio de una mejor calidad culinaria y de maíces de colores. Los productores que generaron excedentes de maíz nativo han vendido a ese mercado 20 toneladas de maíz y calculan la comercialización de 200 toneladas de maíz nativo de Oaxaca en 2016. Asimismo, se vinculó a los productores con el Banco Mexicano de Alimentos para la comercialización de frijol y algunas oleaginosas.

Se condujo una investigación para identificar intervenciones estratégicas en la cadena de valor de los sistemas maíz, trigo y cultivos asociados, que permitió conocer nuevos mercados potenciales:

- De nicho, para productores de maíz de especialidad.
- Con criterios de abastecimiento responsable.
- De certificaciones de sustentabilidad o que hacen una diferenciación de la oferta (sin gluten o distintivos asociados a certificaciones).
- Para productos vinculados con la calidad del territorio.
- Para productos procedentes de rotación de cultivo.
- Compras públicas sustentables.
- De maíces amarillos.
- Vinculados a la industria de la masa y tortilla.

Para que el productor logre un posicionamiento en el mercado con productos competitivos y de calidad, un punto de partida es el asociativismo. Para que la asociatividad sea exitosa, en MasAgro se han establecido criterios como:

- La organización entre productores debe contar con metas muy específicas que giren en torno a su realidad productiva y comercial.
- Utilizar metodologías que permitan el fomento de relaciones comerciales incluyentes y sustentables basadas en la aplicación de herramientas participativas: mapeo participativo de cadenas de valor, diseño de un modelo de negocio de los productores, entre otras.

Para mejorar su integración en los esquemas de comercialización, se han puesto a disposición de los productores MasAgro materiales didácticos sobre:

- Buenas prácticas y recomendaciones para el acopio y reciba de grano.
- Canales formales de mercado (contratos).
- Esquemas e incentivos de la agricultura por contrato.

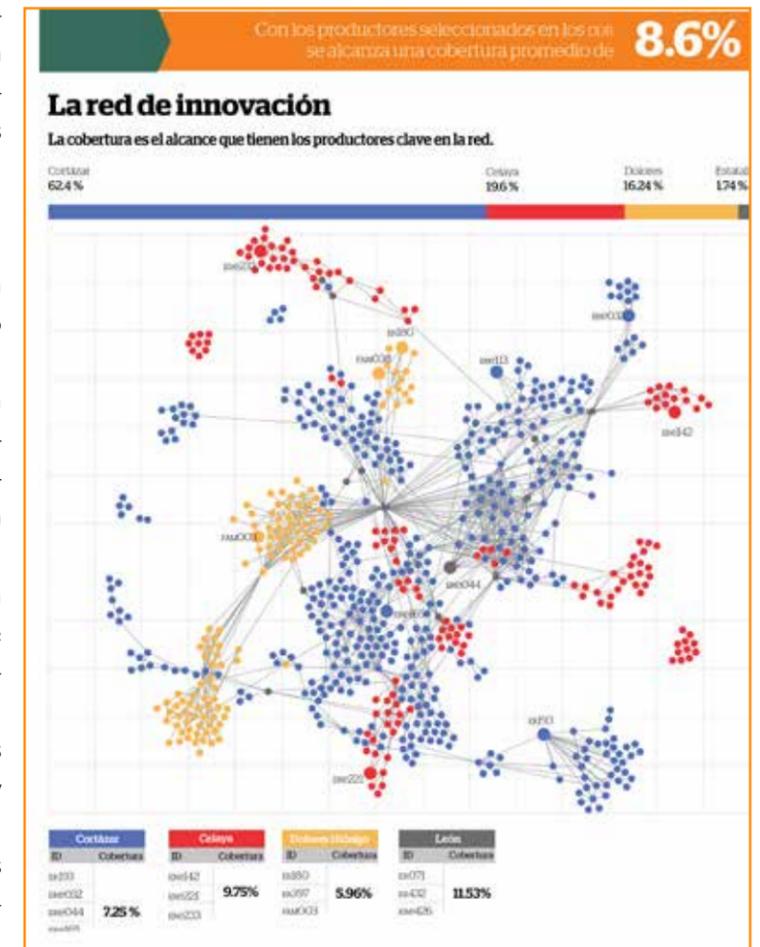
Con el objetivo de fortalecer las relaciones comerciales entre productores asociados a MasAgro y mercados vinculados a los sistemas de producción de maíz, trigo y cultivos, el 19 de noviembre de 2015 MasAgro organizó el primer foro Hacia una Comercialización de Granos Incluyente y Sustentable en las instalaciones del CIMMYT en El Batán, Estado de México.<sup>54</sup>

En su participación, el sector industrial, abordó la inclusión de productos sustentables en sus cadenas de abasto de pequeños y medianos agricultores, y el desarrollo de mecanismos de compras consolidadas de insumos mediante alianzas estratégicas con productores. En representación de los productores de MasAgro, organizaciones de productores de Chiapas, Guanajuato, Hidalgo y Sinaloa, que han adoptado prácticas agronómicas y tecnologías sustentables, presentaron su experiencia en la vinculación con mercados sustentables y de nicho en compras de insumos y ventas consolidadas, y expusieron las bondades de la agricultura de conservación que les ha permitido mejorar la estructura del suelo, hacer un uso más eficiente del agua, reducir costos y obtener mejores ingresos.

Asimismo, el Foro permitió la construcción de algunas líneas de colaboración a futuro orientadas hacia la formación de un grupo interinstitucional de comercialización para el intercambio en materia de políticas públicas y buenas prácticas.

En 2016, las acciones están canalizadas hacia:

- La capacitación en materia de comercialización de técnicos y productores vinculados a MasAgro para orientarlos al mercado.
- Fomento de la vinculación de productores con molineros (que demandan variedades de maíz específicas) y proyectos de abastecimiento sustentable con cerveceras y empresas que se dedican a la producción de cereales.
- Fomento de la producción estratégica basada en información de mercado (información sobre precios de referencia, lo que les da mayor certidumbre).
- Continuar con la identificación de compradores dispuestos a establecer criterios de inclusión y sustentabilidad en sus cadenas de abasto.
- Crear espacios de diálogo entre la industria y los productores, para identificar áreas de oportunidad comunes y mejorar la relación comercial.



#### INVESTIGACIÓN COLABORATIVA, REDES DE INNOVACIÓN, DESARROLLO DE CAPACIDADES Y ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO

Los nodos de innovación o *hubs* son un sistema de redes colaborativas para la experimentación, validación, divulgación y adopción de innovaciones tecnológicas, cuyo fin es facilitar la difusión de mejoras en las prácticas agrícolas —donde el agricultor es el principal promotor—, a través del trabajo participativo con técnicos, científicos, universidades, iniciativa privada y funcionarios gubernamentales.

Cada *hub* tiene una infraestructura física compuesta por plataformas experimentales, módulos demostrativos y áreas de extensión e impacto.

Las plataformas experimentales cuentan con el acompañamiento y desarrollo participativo de un equipo científico que pone a prueba y compara diferentes prácticas tradicionales de los agricultores con las tecnologías, prácticas y/o sistemas promovidos por MasAgro, que se desarrollan y adaptan a las condiciones y problemática de su área de influencia. Son espacios esen-

ciales para la investigación, la capacitación, la facilitación de conocimientos, la difusión de información y la transferencia de tecnología de manera conjunta entre todos los participantes. Cuentan con un Comité, conformado por productores líderes, técnicos y científicos que conocen la realidad local y que actúan como un consejo asesor que orienta todas las acciones de investigación que se llevan a cabo en ella, con el objetivo de asegurar la respuesta a las diferentes problemáticas que se tengan en el entorno.

Los módulos demostrativos, conformados por una parcela de innovación y una parcela testigo, son establecidos conjuntamente con productores cooperantes, los cuales cuentan con el acompañamiento de técnicos que facilitan la experimentación e implementación de las diferentes tecnologías impulsadas. Los productores cooperantes, al ser copartícipes en el proceso, se apropian de la tecnología y después, con base en su experiencia, la dan a conocer entre otros agricultores de su entorno a través de eventos demostrativos, giras de intercambio, distribución de material de divulgación o bien a través de la comunicación productor a productor, convirtiéndose así en fuentes de conocimiento para otros agricultores, quienes las adoptan y generan las áreas de extensión y/o áreas de impacto.

Los productores cooperantes y los técnicos que atienden los módulos demostrativos, retroalimentan constantemente a los

científicos que se encuentran en las plataformas experimentales para validar y/o adaptar las tecnologías desarrolladas.

Los técnicos acompañan a los agricultores en la generación, adaptación y apropiación de tecnologías sustentables, mediante la creación y fortalecimiento de capacidades de los actores de la cadena agroalimentaria en su conjunto. Adicionalmente, facilitan la interacción de los productores cooperantes y de las áreas de extensión con otros actores claves del sistema de innovación, como los investigadores, proveedores de insumos, instituciones financieras y de fomento agrícola, otros productores y agentes de extensión, además de proveer información sobre programas de fomento de la SAGARPA y los gobiernos estatales.

#### DESARROLLO DE PROVEEDORES. DISTRIBUCIÓN Y COBERTURA

##### INNOVACIÓN DE MAQUINARIA

Para la adopción de la agricultura de conservación es necesaria la generación de una oferta apropiada e innovadora de soluciones de mecanización agrícola inteligentes, basadas en un concepto de eficiencia y economía (modelos multiuso y multicultivo), adaptada al contexto agroecológico y socioeconómico de donde habrá de operar. La plataforma de innovación de maquinaria y equipos es un elemento clave para la investigación colaborativa, con incidencia en la identificación, desarrollo y optimización de soluciones de mecanización. Opera mediante el diseño de prototipos, que permiten a los proveedores de maquinaria, diseñar, comercializar y proporcionar acompañamiento técnico.

El CIMMYT ha establecido vínculos con diferentes colaboradores –herreros, proveedores, importadores y entidades públicas especializadas en ingeniería agrícola– con el fin de ampliar la disponibilidad de maquinaria adecuada y accesible para productores de diferentes estratos, innovadora, de alta precisión y eficiente, multipropósito y flexible, para apoyar a productores de escasos recursos en el mejor manejo de su cultivo durante el ciclo producti-



Maquinaria MasAgro

vo, y en el acceso a una mejor tecnología a largo plazo.

En la operación de MasAgro se ha trabajado en el desarrollo de prototipos que sirvan de base para ofrecer a productores una alternativa de mecanización e implementación de la agricultura de conservación, dirigidos a un diseño abierto y flexible, y respaldados con documentación detallada para su distribución y reproducción. Por otra parte, se trabaja en ampliar la gama de componentes modulares para responder a las condiciones de cada zona y cubrir las necesidades de los productores de diferentes estratos de producción; asimismo, los diversos componentes se integran en ensambles innovadores para su implementación en diferentes sistemas productivo.

Para promover la adopción de una práctica sustentable de la agricultura, se pone a disposición maquinaria agrícola acorde a las regiones de atención, lo que implica desplazamientos y traslados de maquinaria, arreglos y refacciones para adecuarlas a las condiciones diversas de los sistemas de producción encontrados. Con el objetivo de hacer más eficiente esta dinámica, se han establecido 14 puntos de maquinaria en 5 hubs.<sup>55</sup>

Los hubs facilitan a los productores el uso de maquinaria específica y amplían el aprovechamiento en las plataformas experimentales, módulos y áreas de extensión. Asimismo, incentivan a emprendedores para el desarrollo de agentes prestadores de servicios de maquila y maquinaria agrícola que puedan dar origen a centros locales demostrativos y operativos para el apoyo de productores.

La Plataforma de Innovación y Producción de Maquinaria de Precisión y de Herramientas de Mecanización Inteligente para productores de autoconsumo, ha diseñado 17 prototipos de maquinaria y construido 26 máquinas de agricultura de conservación para diferentes escalas de operación agrícola, con el apoyo de la Red de Herreros.<sup>56</sup>

#### RED DE COMPAÑÍAS SEMILLERAS

En 2011 se activó la red de compañías semilleras MasAgro, en la que actualmente participan 56 empresas semilleras mexicanas, pequeñas y medianas, que atienden a 257 municipios, en 17 entidades federativas.<sup>57</sup>

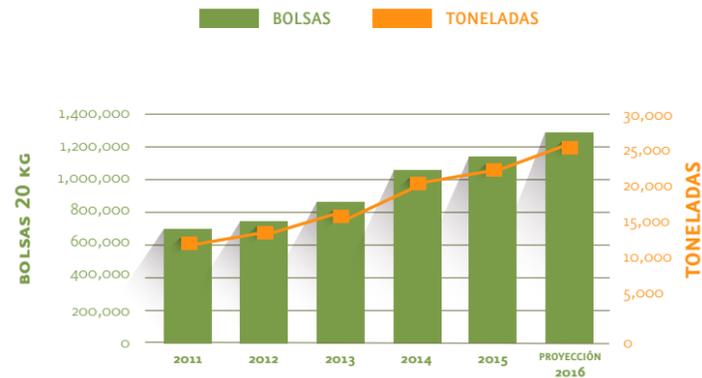
Se ha conformado una cadena de producción de semillas que conecta el mejoramiento y desarrollo de semillas con la producción y distribución comercial. Los mejoradores de CIMMYT, el INIFAP y las empresas desarrollan nuevos híbridos que son probados en los ensayos de la Red de Evaluación de MasAgro. Las empresas semilleras multiplican y comercializan las semillas, incluyendo los nuevos híbridos probados en la Red de Evaluación.

El CIMMYT capacita a las empresas en tecnologías de producción, administración de negocios de semillas, calidad de semilla y tecnologías de mejoramiento, como el uso de dobles haploides (DH), y desde 2015, también en la evaluación de la calidad de la semilla, lo que aporta herramientas que les permitirán monitorear la calidad de sus productos con un criterio uniforme alineado a normas internacionales (ISTA).



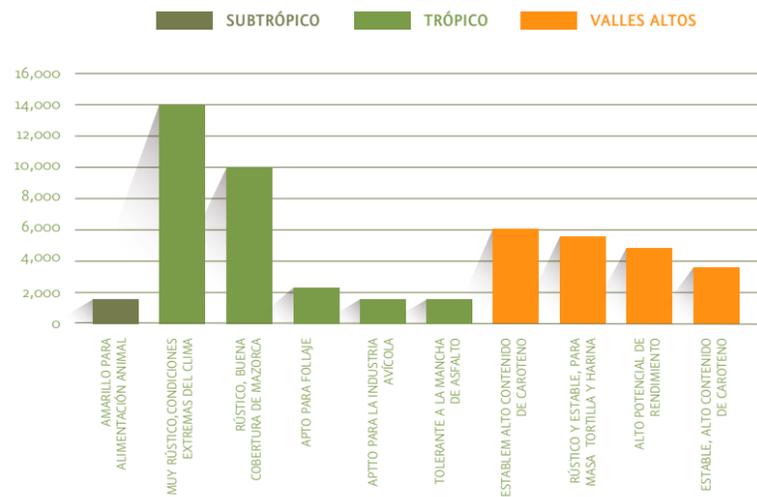
Localización de las empresas Semilleras participantes en el Consorcio MasAgro. FUENTE: CIMMYT, CHESAIGNE-DONNET, REPORTE FINAL 2015

### VENTAS DE SEMILLAS 2015 PROYECCIÓN 2016 EMPRESAS CONSORCIO MASAGRO



Crecimiento en ventas de semilla 2011-2015 y proyección ventas 2016 de las empresas del Consorcio MasAgro. FUENTE: CIMMYT. CHESSAIGNE-DONNET, REPORTE FINAL 2015

### HÍBRIDOS MASAGRO-CIMMYT MÁS VENDIDOS POR LAS EMPRESAS EN 2015



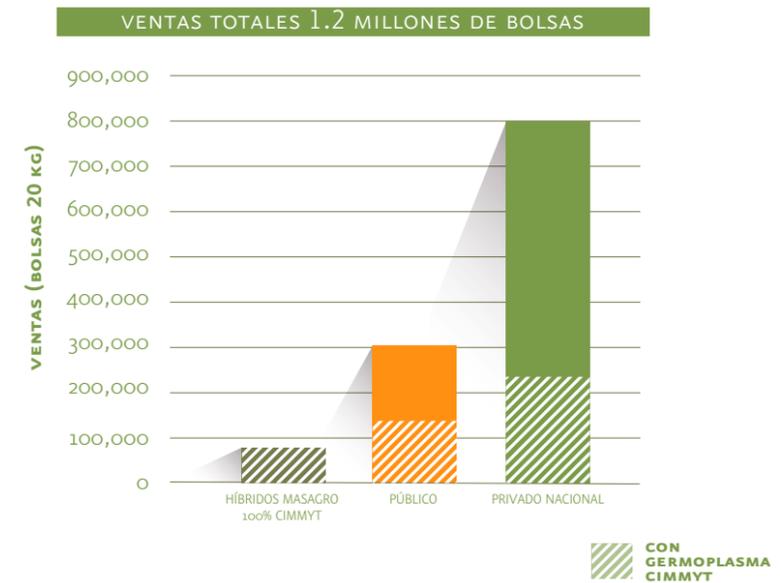
Híbridos MasAgro más vendidos en 2015. FUENTE: CIMMYT. CHESSAIGNE-DONNET, REPORTE FINAL 2015

Las compañías semilleras produjeron en 2015 aproximadamente 1.2 millones de bolsas de maíz híbrido de 20 kg y que contiene 60 mil semillas. De 2014 a 2015, las compañías semilleras participantes aumentaron 44% las ventas de semilla híbrida de MasAgro, comercializando 26 híbridos de MasAgro bajo 100 nombres comerciales diferentes en 19 estados, 78 regiones y 257 municipios de México.

En conjunto, en 2015 las compañías semilleras comercializaron 26 híbridos MasAgro (semilla desarrollada por CIMMYT de 2014 a 2015), bajo 100 nombres comerciales diferentes, en 19 estados (78 regiones y 257 municipios).

Además, produjeron 1 164 399 de bolsas de maíz híbrido (bolsas de 20 kg con 60 mil semillas), lo que representa un aumento de 5% con respecto a 2014, pero un aumento acumulado de 65%

### PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO DE SEMILLAS POR TIPO DE GERMOPLASMA 2015



Participación en el Mercado de semillas por tipo de germoplasma. FUENTE: CIMMYT. CHESSAIGNE-DONNET, REPORTE FINAL 2015

con respecto a 2011.<sup>58</sup> En el mismo año aumentaron su venta 44%. La participación de mercado de estas empresas es de 30%. Las empresas multinacionales (Monsanto, Pioneer, Dow y Syngenta) representan 65% del mercado, y otras empresas nacionales solo 5%.<sup>59</sup>

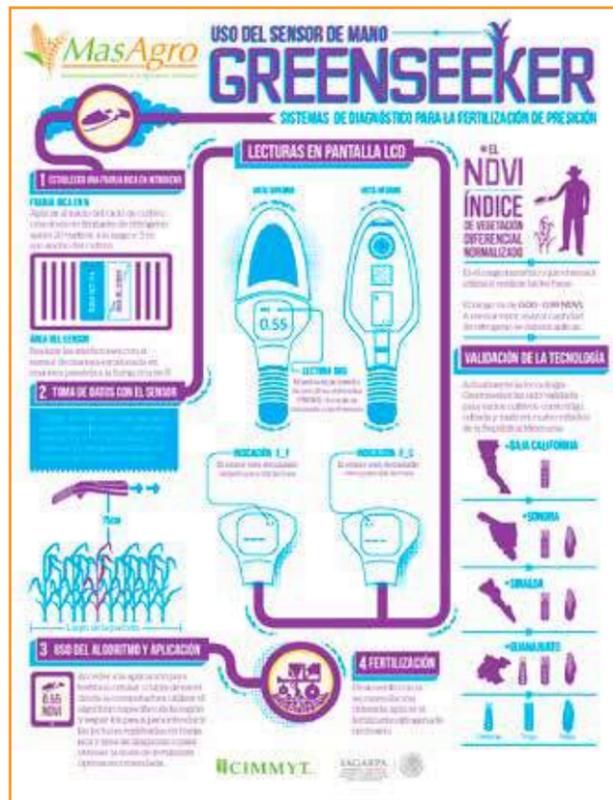
En 2015, las empresas del Consorcio MasAgro vendieron-comercializaron los siguientes productos híbridos:<sup>60</sup>

- 26 híbridos MasAgro, 100% genética de CIMMYT: 5 subtrópicos, 10 tropicales y 11 para Valles Altos. Además de 6 cruza simples (2 en subtrópico, 3 en Trópico y 1 en Valles Altos) desarrolladas en el CIMMYT, que multiplicaron y comercializaron directamente las empresas.

- 8 combinaciones MasAgro propias desarrolladas por las empresas en sus programas de mejoramiento genético, conteniendo líneas de CIMMYT.

De alrededor de 1.2 millones de bolsas de semillas vendidas por las empresas del consorcio en 2015:<sup>61</sup>

- 67 083 bolsas corresponden a híbridos MasAgro, 100% germoplasma CIMMYT.
- 291 078 bolsas corresponden a germoplasma público (propiedad del INIFAP, COLPOS, UNAM, etc.)
- 806 238 bolsas de semilla contienen germoplasma privado.



Greenseeker

Es importante resaltar que el germoplasma de CIMMYT no solo está presente en los híbridos MasAgro, sino también en las semillas públicas y privadas, es decir, alrededor del 42% de las semillas vendidas por el consorcio.<sup>62</sup>

### TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN. GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

Para potenciar las herramientas de toma de decisiones y de acompañamiento técnico que están a disposición de los diferentes actores clave de MasAgro, se han implementado diversas tecnologías de información y comunicación útiles para la captura, análisis y disseminación de la información, que ofrecen información de gran valor para el monitoreo del impacto de MasAgro, pero también, y sobre todo, para que productores y técnicos puedan tomar mejores decisiones a partir de información objetiva, capturada, procesada y analizada por MasAgro.

Después de 4 años de operación, Bitácora Electrónica MasAgro (BEM) —el principal sistema de captura— se ha logrado consolidar como una herramienta de uso cotidiano entre la mayoría de los técnicos que brindan asistencia a productores. La BEM es utilizada para el seguimiento y monitoreo de las actividades que la red de colaboradores de MasAgro realiza en cada una de las parcelas

(módulos, áreas de extensión e impacto), además de entregar información específica a cada productor. La integración de los datos de cada parcela permite la extracción de conocimiento para soportar las decisiones de las actividades en otros niveles del proyecto. A través de la BEM se han atendido a 8 725 usuarios, y se encuentran registradas 4 009 bitácoras.<sup>63</sup>

Con los sistemas de divulgación digital para la toma de decisiones —Conservation Earth, MasAgro Móvil y GreenSat—, los usuarios tienen la oportunidad de evaluar y combinar diferentes variables.

La integración de herramientas permite la creación de mapas en tiempo real sobre actividades en campo capturadas en la BEM y genera comparativos entre rendimientos y clima, costo de transporte, actividades agronómicas y uso de tecnologías, entre otros.

MasAgro Móvil utiliza la Plataforma Esoko, plataforma de información y comunicación de contenidos que ayuda a transformar cadenas de valor agropecuarias. En 2015, la red de proveedores de contenido estaba conformada por 55 proveedores de información de carácter técnico, 16 de información acerca de eventos y 3 para proveer información de precios y financiera (entre ellos se encuentran INIFAP, Fundación PRODUCE, gobiernos municipales e institutos tecnológicos, entre otros).<sup>64</sup> Adicionalmente, los formadores MasAgro sugieren contenidos y nuevos usuarios a la operación de la plataforma; la mayoría de sus aportes de contenido se refieren a información técnica útil para el agricultor e información sobre eventos de capacitación y manejo de nuevas herramientas.

### RESULTADOS MASAGRO EN INFRAESTRUCTURA, CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

- 12 hubs o nodos de innovación.
- 43 Plataformas de Investigación.
- 452 Módulos Demostrativos.
- 807 Áreas de Extensión.
- 40,982 ha en áreas de Extensión e Impacto.
- 14 puntos de maquinaria.
- 43 Formadores MasAgro.
- 294 Técnicos Certificados.
- 26 prototipos de herramientas de agricultura de conservación.
- 1,224 Eventos de Capacitación a Productores en los hubs (2011-15).
- 435 eventos de capacitación a técnicos (2010-15).
- 4,009 bitácoras en la BEM.
- 3,436 usuarios activos de MasAgro Móvil.
- 8, 725 usuarios de las herramientas de toma de decisiones y acompañamiento técnico.
- 11,300 personas siguen el programa en redes sociales.
- 6,500 suscriptores de la Revista Enlace..
- 150 mil materiales de información impresos y distribuidos.

### IMPACTOS MASAGRO

- Alrededor de 17 mil productores beneficiados.
- Área de impacto total 246,482 ha en Otoño-Invierno y 970,419 ha en Primavera-Verano.
- Rendimiento maíz 67% mayor con respecto a testigos, pasando de 2.39 toneladas/ha a un promedio de 4 Ton/ha.\*
- El ingreso de los productores de maíz es mayor en 23%.
- La rentabilidad promedio en trigo es mayor, de 4 a 25%.
- 56 compañías semilleras participan en la Red de Semilleros.
- La red de Semilleros produjo 1.2 bolsas de maíz híbrido y comercializaron 26 híbridos MasAgro.
- Producción de 10,027 kg de semilla básica y 20,196 kg de semilla precomercial de híbridos de maíz MasAgro.
- Producción de semilla básica de 5 variedades de trigo de alto potencial de rendimiento y resiliencia climática.
- Registro de 11 líneas de maíz candidatas a variedades al Sistema de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

\* Análisis de más de 1300 parcelas registradas en la BEM

\* FUENTE: Elaboración con información del CIMMYT

### RESULTADOS MASAGRO EN EVALUACIÓN, GENOTIPIFICACIÓN

- Red Nacional de evaluación integrada por 113 sitios de evaluación.
- Se establecieron 16 ensayos de mejoramiento participativo de maíces nativos en 6 localidades de 5 municipios de Oaxaca.
- Se evaluaron 5 tecnologías de almacenamiento de grano en 25 ensayos de manejo poscosecha con productores participantes.
- Se evaluaron más de 126 líneas avanzadas de triticale y se escogieron 4 líneas para liberación comercial.
- Se identificaron 11 híbridos nuevos de maíz con alto potencial de rendimiento y calidad de grano.
- 2 híbridos de maíz MasAgro destacaron por su calidad de procesamiento para la industria nixtamalizada.
- Se evaluó la resistencia de 230 híbridos de maíz a enfermedades. Se seleccionaron 27 de ellos por su resistencia.
- Se mapeó el QTL (locus de carácter cuantitativo) que confiere resistencia al Complejo Mancha de Asfalto del maíz.
- Genotipificación de 4 610 muestras de ADN de maíz.
- Liberación al público más de 2 mil millones de datos genotípicos de maíz cargados en el repositorio Dataverse.
- Genotipificación de 5 324 accesiones de trigo.
- Liberación al público 2 600 millones de datos genotípicos de trigo.

A través de MasAgro Movil se han enviado 147 199 mensajes de texto a los 3 436 usuarios.<sup>65</sup>

Con el fin de evaluar el nivel de servicios e impacto de MasAgro Movil, se realizan encuestas telefónicas a usuarios, con los siguientes resultados: 48% de los usuarios encuentra que la información que les llega es muy confiable, y un 46% la encuentra lo suficientemente confiable como para tomar decisiones; 73% afirma haber obtenido nuevos conocimientos gracias a los mensajes enviados y 59% afirma que ha aplicado al menos 2 de los consejos recibidos; 51% de los usuarios considera que los mensajes ofrecen información oportuna de acuerdo con el ciclo agrícola y es suficiente como para aplicarla en su parcela, en este sentido, 63% de los usuarios manifiesta que no ha encontrado dificultad alguna en implementar los consejos que ha recibido.<sup>66</sup>

Conservation Earth es un sistema de información geográfica en línea que puede ser consultado por cualquier persona con acceso a internet, donde se muestran diferentes capas de información, incluidas las que han sido generadas dentro de la operación MasAgro. Esta información, enlazada con la Bitácora Electrónica (BEM), contiene datos georreferenciados de módulos, áreas de extensión e impacto, así como datos agroeconómicos de las distintas tecnologías MasAgro. Proporciona información estadística, edafológica, climatológica, geográfica e índices socioeconómicos, mediante capas geoespaciales de diversas fuentes públicas que pueden ser sobrepuestas en un mapa interactivo para su análisis. Es posible visualizar información a nivel de *hub*, estatal y nacional, así como acceder a herramientas de medición de superficie y a la calculadora GreenSat. La frecuencia del uso de la herramienta se encuentra monitoreada y en 2015 arrojó 6 156 visitas, con 3 880 usuarios nuevos.<sup>67</sup>

GreenSat es una herramienta de información para el manejo de nitrógeno de trigo a partir del análisis de imágenes satelitales. A través del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) se obtienen las imágenes satelitales provenientes de los satélites spot que se pueden utilizar para parcelas de hasta 30 por 30 metros, lo que muestra un nivel de precisión bastante alto.

El trabajo que comprende GreenSat se basa en la metodología y los conceptos del sistema GreenSeeker, ambos desarrollados

por el CIMMYT. El uso más importante de GreenSeeker es generar recomendaciones para el manejo del nitrógeno y fósforo en el trigo a partir de una medición hecha con dispositivos terrestres portátiles bajo condiciones claras y nubladas; GreenSat solamente puede obtener mensajes cuando no hay nubes, sin embargo tiene la ventaja de realizar comparaciones dentro de la misma parcela y entre parcelas, y permite un ahorro de tiempo, ya que no es necesario caminar por todo el terreno para hacer las mediciones del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés), que cuantifica el grado de verdor y cantidad de biomasa de la planta mediante reflectancia en las longitudes de onda del rojo e infrarrojo.

En 2015 el GreenSat fue instalado en el servidor del SIAP, que controla la adquisición de las imágenes, el procesamiento y la entrega de los mapas en el sitio web.<sup>68</sup> Durante 2015, el GreenSat fue visitado por 792 personas, 80% mexicanos, para tomar decisiones en fertilización.<sup>69</sup>

#### COLABORACIONES INTERINSTITUCIONALES

El éxito del CIMMYT se basa en las alianzas duraderas que establece con sistemas de investigación agrícola del sector público y privado nacional e internacional, con empresas privadas, institutos de investigación avanzada, universidades, organizaciones de la sociedad civil y asociaciones de productores, y en la confianza que estos aliados le tienen.

Para las acciones realizadas en México, el CIMMYT ha establecido alianzas con organizaciones de productores, instituciones de educación, centros o institutos de investigación nacionales, centros de investigación internacionales, universidades extranjeras, empresas, empresas globales e internacionales, organizaciones de la sociedad civil, el sector público y patrocinadores (Véase el Anexo 2. Colaboraciones interinstitucionales).

#### FORMACIÓN DEL CAPITAL HUMANO

El CIMMYT participa continuamente en la formación de recursos humanos por medio de cursos diversos y trabajos de investigación multidisciplinaria que ayudan a los investigadores internacionales a lograr las metas de seguridad alimentaria y conservación de recursos naturales en sus propios países.

El CIMMYT capacita a los investigadores compartiendo los conocimientos generados por las investigaciones para crear “comunidades de conocimiento agrícola” en los países menos desarrollados. Egresados de Asia, África y América Latina se benefician con los datos que los programas internacionales de investigación recopilan, analizan y comparten. Más de 10 000 científicos han recibido cursos altamente especializados en el Centro.

Los conocimientos son también difundidos por medio de publicaciones diversas y artículos científicos en revistas especializadas.

El CIMMYT ofrece y apoya el desarrollo profesional de estudiantes de los países en desarrollo, en la obtención de un grado académico (licenciatura, maestría, doctorado) en sus propios países o en el extranjero con becas parciales o becas que forman parte de proyectos especiales, y les brinda acceso a sus propios recursos de investigación o a los de los programas nacionales con los cuales coopera. También proporciona las facilidades y el asesoramiento necesario para llevar a cabo sus proyectos de investigación de tesis. Hasta el 2007, el CIMMYT había apoyado la elaboración de 884 tesis<sup>70</sup> presentadas en 176 instituciones académicas de 45 países, de las cuales, 293 tesis fueron de mexicanos.

CIMMYT contempla una inversión importante de recursos humanos y financieros en la capacitación de actores claves que facilitan la experimentación e implementación de nuevas tecnologías con los agricultores a través de la llamada Red de Innovación, conformada por técnicos, profesores, alumnos, integrantes de instituciones de gobierno, iniciativa privada, sociedad civil e investigadores de plataformas de investigación, entre otros.

El CIMMYT capacita en el mundo a miles de estudiantes, agentes de extensión y agricultores mediante cursos, talleres y días de campo.

A través de la capacitación, se generan capacidades en actores de la cadena productiva de maíz, trigo y cultivos asociados, para la innovación, difusión y adopción de soluciones sustentables que permitan incrementar los rendimientos y, por ende, los ingresos de los productores. De esta manera se potencia su papel como agentes de cambio para el desarrollo sustentable.

La capacitación de actores clave en México tiene como objetivos:



Utilización de MasAgro Móvil.

- Profundizar en el conocimiento científico y técnico de los componentes de producción.
- Formar recursos especializados en los equipos técnicos de apoyo a MasAgro y en los *hubs*.
- Generar un mayor vínculo con la investigación aplicada: el investigador asesora directamente al técnico y establece contacto con los productores, lo que le permite recoger demandas nuevas de investigación.

Dependiendo del perfil de los actores se establecen diversas capacitaciones: formación especializada, técnico certificado y formación de formadores. La formación presencial se complementa con cursos a distancia. Gracias a la colaboración del International Plan Nutrition Institute, a través de Webinar se desarrollan conferencias y/o seminarios que se transmiten por internet y que permiten la interacción entre los participantes en tiempo real.



Capacitación a técnicos



Escuela Rural

Solo en 2015, el Programa MasAgro realizó 183 capacitaciones en los diferentes hubs, con un total de 2 102 participantes y más de 17 mil productores beneficiados.<sup>71</sup>

#### FORMACIÓN DE TÉCNICOS CERTIFICADOS EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

Los técnicos certificados en agricultura sustentable son los responsables de aumentar la productividad agrícola en su ámbito de influencia, facilitando la transmisión e implementación de los conocimientos de punta adquiridos en agricultura de conservación, para su adaptación, adopción y difusión por todos los directamente involucrados de la red del nodo de innovación.

Se convoca y selecciona a profesionales del campo que cuenten con formación comprobable en agronomía o carrera afín y capacidad e interés por llevar un desarrollo profesional vinculado al extensionismo rural en una determinada región agroecológica, para trabajar directamente con los productores de granos básicos (maíz, trigo y sus cultivos asociados) de un determinado hub o nodo de innovación.

Los profesionistas seleccionados reciben un curso de capacitación y entrenamiento intensivo en tecnologías sustentables para cultivos básicos. Durante un año, los participantes asisten a sesiones regulares teórico-prácticas impartidas por expertos nacionales e internacionales, para desarrollar capacidades y habilidades en tecnologías y prácticas agronómicas sostenibles de vanguardia adaptadas a una región específica.

Durante su capacitación el participante:

- Aprende tecnologías innovadoras para el manejo sustentable de los sistemas de producción de los granos básicos de maíz, trigo y sus cultivos asociados.
- Desarrolla capacidades y habilidades para implementar y difundir sistemas agrícolas sustentables en su región, basados en principios de agricultura de conservación.
- Genera habilidades para convertirse en agente del cambio para la estrategia de extensionismo de MasAgro.

Entre los materiales que se desarrollaron para el programa de entrenamiento destacan las herramientas interactivas Dr. Maíz y Dr. Trigo, que proporcionan un método simple, paso a paso, para identificar los problemas de producción, plagas y enfermedades del maíz y del trigo, al mismo tiempo que sugieren métodos para resolver problemas.

Los profesionistas que cursan el Técnico Certificado en Agricultura Sustentable, son becados por el CIMMYT y la SAGARPA. Al término del año de curso de capacitación y entrenamiento intensivo en tecnologías sustentables para cultivos básicos, se gradúan como Técnico Certificado en Agricultura Sustentable.

El curso del programa de capacitación Técnico Certificado en Agricultura Sustentable con base en Agricultura de Conservación está dividido en bloques de estudio que se desarrollan en 14 sesiones teórico-prácticas, en las que se abordan los siguientes temas:<sup>72</sup>

- Introducción a la agricultura sustentable.
- Gestión para la innovación.
- Estrategias de comunicación para la innovación y el desarrollo agrícola.
- Diagnóstico y manejo en año cero.
- Siembra bajo el sistema de agricultura de conservación.
- Fertilidad de suelos y nutrición de cultivos.
- Manejo agroecológico de malezas.
- Manejo agroecológico de plagas y enfermedades.
- Cosecha y manejo de residuos.
- Experimentación aplicada y trabajo con datos.
- Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Perfil de variedades con base en agricultura de conservación.
- Manejo de agua y suelo.
- Poscosecha y calidad de grano
- Maquinaria especializada para agricultura de conservación.
- Aspectos socioeconómicos en la producción.

#### FORMACIÓN ESPECIALIZADA

Son cursos específicos que tienen como propósito principal actualizar y fortalecer los conocimientos y habilidades de los actores de la cadena agrícola, incluyendo a técnicos de estrategias y programas gubernamentales para favorecer la implementación de tecnologías sustentables en la producción agrícola de granos básicos.

Los talleres teórico-prácticos, son impartidos por expertos na-

cionales e internacionales. El gerente del hub y sus colaboradores identifican y solicitan los cursos de capacitación de acuerdo con las necesidades específicas de cada grupo o región, con el objetivo de mejorar sus prácticas agrícolas e implementar nuevas tecnologías.

Los temas impartidos abarcan una tipología amplia, destacando los siguientes: manejo avanzado de poscosecha; manejo de sistemas de información geográfica; agricultura de conservación; extensionismo agrícola; manejo de la Bitácora Electrónica MasAgro; manejo de GreenSeeker; suelos ácidos; manejo integrado de plagas en el maíz; manejo agronómico; manejo de laderas; manejo integrado de malezas; y fitopatología, entre otros. En 2015 se impartieron 58 cursos en los diferentes hubs a un total de 1 576 técnicos, de los cuales, 22% fueron mujeres.<sup>73</sup>

#### CAPACITACIÓN DE FORMADORES PARA EL ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO MASAGRO

Está dirigido, entre otros públicos, a formadores y coordinadores de asesores técnicos de diversas estrategias (programas federales, estatales, de concurrencia, iniciativa privada, sociedad civil, etc.), quienes se comprometen a diseñar y ejecutar un plan de capacitación para su grupo de técnicos, y consiste de cursos, talleres, días de campo y/o eventos demostrativos.

Los formadores para el Acompañamiento Técnico MasAgro tienen como objetivo principal desarrollar competencias técni-

Número de Técnicos Certificados por año en Agricultura de Conservación	
Año	Técnico Certificado en Agricultura de Conservación
2010	4
2011	28
2012	66
2013	83
2014	67
2015	46
<b>TOTAL</b>	<b>294</b>

Fuente: SAGARPA, 2016. MasAgro Productor, un novedoso y eficaz esquema de extensionismo en el campo mexicano



Identificación de textura del suelo



Curso de malezas



Manejo agroecológico de plagas

cas, de formación, de transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades en un grupo de técnicos, que permitan potenciar su papel como agentes de cambio y como participantes activos de la estrategia de extensionismo del programa MasAgro, a través del desarrollo de talleres teórico-prácticos impartidos por expertos nacionales e internacionales.

Los formadores reciben un programa de capacitación y entrenamiento en temas específicos presenciales, que son replicados por ellos con los técnicos y productores de los hubs en que estén establecidos. Los cursos y entrenamientos contemplan, entre otros, los siguientes temas:<sup>74</sup>

- Principios de la agricultura sustentable.
- Calibración de maquinaria.
- Planes de formación.
- Fertilidad integral.
- Agua y su manejo
- Maquinaria especializada.
- Sistemas de información geográfica.
- Manejo agroecológico de plagas y enfermedades.
- Manejo agroecológico de malezas.
- Mejoramiento participativo de maíces nativos.
- Herramientas de comunicación y capacitación.
- Cosecha y manejo de residuos.
- Poscosecha y tecnologías herméticas de almacenamiento.
- Uso de la Bitácora Electrónica MasAgro.
- Herramientas para el análisis de datos del Sistema BEM.
- Determinación de rendimientos.

### FORMACIÓN DE TÉCNICOS

En coordinación estrecha con el CIMMYT y la red de colaboradores de MasAgro, los formadores asumen el compromiso de generar y fortalecer capacidades en los técnicos, potenciando su papel como agentes de cambio para el desarrollo rural sustentable y contribuyendo a que cada vez más productores conozcan, adapten y adopten las tecnologías MasAgro.

Los 43 formadores MasAgro dan asistencia técnica y capacitación al grupo de técnicos a su cargo. Con ese fin, cada formador diseña y ejecuta un plan de capacitación compuesto por cursos, talleres, días de campo y/o eventos demostrativos. Además, los formadores son responsables de acompañar y supervisar el establecimiento de módulos y/o áreas de extensión por parte de los técnicos a su cargo; de esta manera, los formadores contribuyen a la estrategia de integración entre las plataformas, los módulos y las áreas de extensión.

En 2015, los formadores, distribuidos en 10 hubs o nodos de innovación, realizaron 100 talleres para técnicos y 29 talleres para productores, con un total de 3 072 personas capacitadas. Atendieron a un universo de 434 técnicos o prestadores de servicios profesionales, que a su vez brindaron asistencia a más de 17 000 productores que implementaron al menos una tecnología y/o práctica de manejo agronómico sustentable promovida por la estrategia de extensionismo del componente MasAgro Productor, en una superficie de 487 246.32 hectáreas en 17 entidades federativas (Campeche, Coahuila, Chiapas, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas).<sup>75</sup>

De 2011 a 2015, MasAgro impartió 1 213 capacitaciones, a las que asistieron 50 mil 549 personas.<sup>76</sup>

### GENERACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Para el CIMMYT es fundamental documentar y divulgar los conocimientos generados a través de investigaciones y actividades tecnológicas diversas.

Muestra de la calidad y utilidad de la investigación actual es la publicación de artículos en las revistas científicas más reconocidas a nivel internacional. El Centro mantiene una base de datos sobre artículos publicados en revistas científicas que fueron generados por el Centro y sus colaboradores a partir de 1966. Hasta el 2007, se habían publicado un total de 218 artículos.<sup>77</sup>

Los conocimientos generados gracias a las investigaciones o experiencias técnicas del CIMMYT y sus colaboradores, también se divulgan tanto en forma de ponencias publicadas en memorias de conferencias, cursos y talleres, como en capítulos de libros, boletines, infografías y documentos de trabajo del Centro. En el caso de México, el número de este tipo de publicaciones que informan los resultados de estudios en disciplinas diversas directamente relacionados con las investigaciones de los cultivos de maíz y trigo, contabilizaban 369.<sup>78</sup>

La divulgación se realiza también año con año mediante la presentación de los resultados obtenidos en las investigaciones en Foros Nacionales e Internacionales. Tan sólo en 2015 se llevaron a cabo ponencias en la Universidad de Barcelona, en el Symposium Plant Phenotyping realizado en Barcelona, en la 9ª Conferencia Internacional del Trigo, en Sidney, Australia, en el Global Plant Council/Stress Resiliense Symposium y en el Taller Técnico Trigo (Wheat) Yield Potential Workshop, en Ciudad Obregón, Sonora.

Además, se presentan los resultados mediante carteles científicos o posters en foros internacionales y se publican artículos científicos en revistas de alto impacto internacional.

La divulgación permanente potencia la operación en los hubs o nodos de innovación, la generación de oferta, el fortalecimiento de capacidades y la investigación estratégica de forma transversal, ya que es acción previa y permanente en estas actividades.

Para fortalecer las capacidades de técnicos, la apropiación de prácticas y las actitudes o habilidades de técnicos y agricultores, se generan recursos didácticos que facilitan la transmisión de la información.

Las prácticas de la agricultura sustentable son difundidas entre los productores mediante las historietas del personaje ilustrado Don Crecencio y los rotafolios temáticos para uso en campo.

La revista *Enlace*, es una publicación bimestral sobre agricultura de conservación y el programa MasAgro, editada, publicada y distribuida por el CIMMYT. En ella, los diferentes colaboradores



Extensionistas y evento de capacitación en un módulo



Publicaciones CIMMYT

Revista Enlace, publicación bimestral del CIMMYT

de diversos centros de investigación y representantes de los diferentes componentes MasAgro comparten información institucional. Con un tiraje de 18 000 ejemplares, es distribuida en eventos de capacitación, eventos de campo, exposiciones, foros y ferias agrícolas. La versión electrónica de *Enlace* cuenta con más de 6 500 suscriptores.<sup>79</sup>

A través del sitio «<http://conservacion.cimmyt.org/revista-enlace>» se puede acceder a todos los números publicados. Adicionalmente, cada semana se distribuye por internet el boletín *Enlace*. Las redes sociales permiten incrementar la difusión del programa MasAgro y se han convertido en una plataforma de intercambio de información colectivo. En 2015 se alcanzó una cifra de más

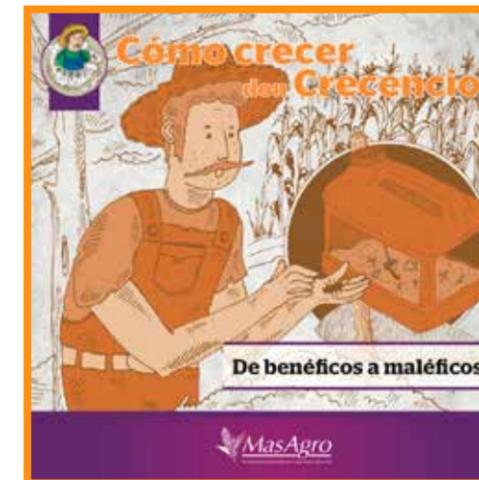
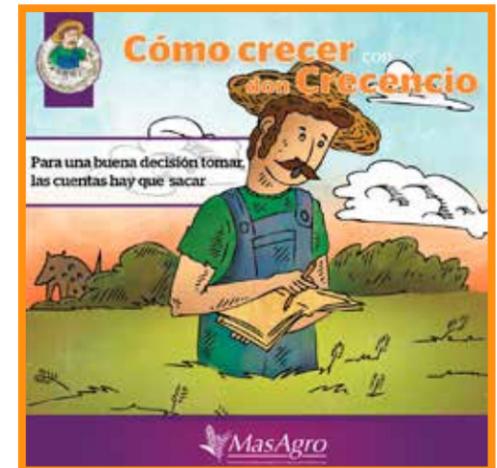
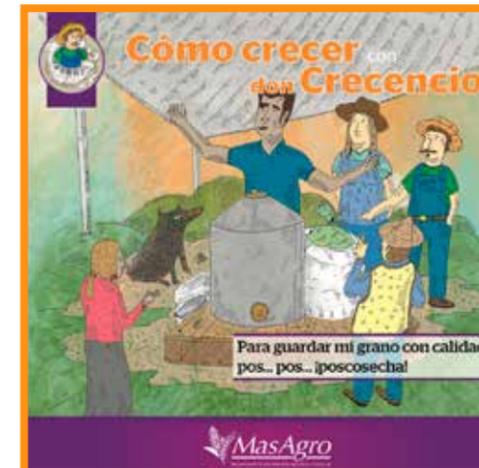
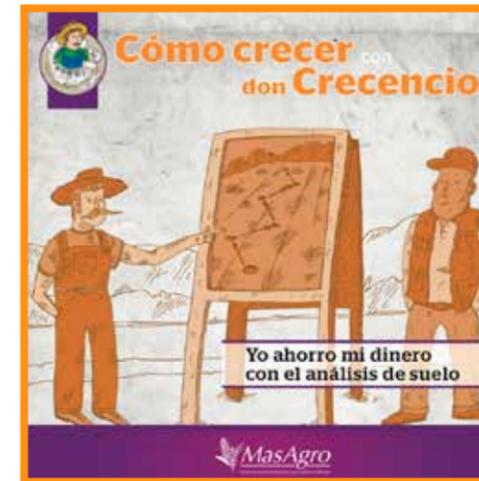
de 11 300 seguidores en redes sociales, entre Facebook, twitter y Youtube.<sup>80</sup>

Adicionalmente, para MasAgro Productor se generan infografías y fichas informativas que cubren los eventos programados en los hubs, como exposiciones, capacitaciones y sesiones informativas, entre otras.

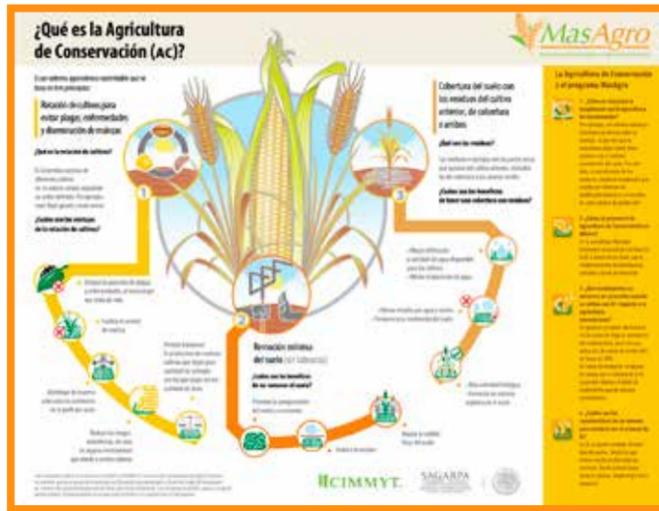
Cada año se desarrollan diversas campañas de información con el objetivo de que el productor atienda alguna contingencia o prevenga posibles circunstancias adversas. En 2015, los temas fueron la no quema del rastrojo, el rendimiento por conservación de suelo y los resultados de 4 años de MasAgro, información que en 2015 llegó a cerca de 4 millones de personas.<sup>81</sup>



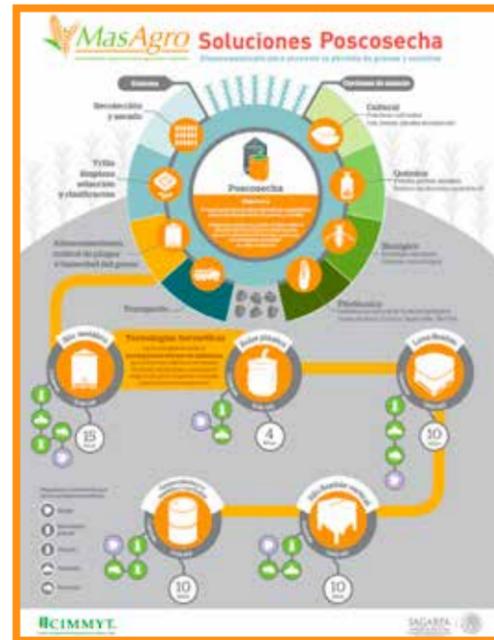
Boletín semanal Enlace



Serie de historietas de Don Crecencio sobre prácticas de Agricultura sustentable



Infografías



NOTAS

- 1 SAGARPA. Disponible en [www.SAGARPA.gob.mx/saladeprensa/boletines2/2011/diciembre/.../2011B790.pdf](http://www.SAGARPA.gob.mx/saladeprensa/boletines2/2011/diciembre/.../2011B790.pdf).
- 2 SAGARPA. Disponible en <http://www.SAGARPA.gob.mx/asuntosinternacionales/cooperacioninternacional/Documents/Febrero%202014/Programa%20Sectorial%20de%20Desarrollo%20Agro%20Pesq%20%20y%20Alim%20%202013-2018.pdf>.
- 3 Revista Enlace N°26, junio-julio 2015.
- 4 CIMMYT. MasAgro Informe de actividades 2011-2012.
- 5 *Ibid.*
- 6 Con la que México se integra dentro de un consorcio internacional de investigación para aumentar los rendimientos de trigo a nivel mundial. CIMMYT. MasAgro Informe de Actividades 2011-2012.
- 7 MEXPLAT. Inicio sus actividades en 2011. Es un sistema de fenotipado aéreo basado en sensores remotos acoplados a una plataforma.
- 8 CIMMYT. MasAgro. Loc. cit.
- 9 Claridades Agropecuarias. Mayo 2013, pp. 13.
- 10 CIMMYT. Revista Enlace N° 26. Junio-Julio 2015.
- 11 *Ibid.*
- 12 CIMMYT. Resumen 2015: metas, actividades, resultados e impactos de MasAgro.
- 13 CIMMYT. Hearne, Sara. Reporte final 2015.
- 14 CIMMYT. Revista Enlace. Op. cit.
- 15 *Ibid.*
- 16 *Ibid.*
- 17 *Ibid.*
- 18 *Ibid.*
- 19 CIMMYT. Chessaighe-Donnet. Reporte final 2015.
- 20 CIMMYT. Chessaighe-Donnet. Op. cit.
- 21 CIMMYT. Reporte Anual cimmyt 2015.
- 22 CIMMYT. Silva, Arturo. Reporte final 2015.
- 23 CIMMYT. Reporte anual 2014.
- 24 CIMMYT. Silva, Arturo. Op. cit.
- 25 CIMMYT. Revista Enlace. Op. cit.
- 26 Como parte del Consorcio Internacional para Aumentar el Rendimiento del Trigo. cimmyt. MasAgro. Informe de Actividades 2011-2012.
- 27 CIMMYT. Revista Enlace. Op. cit.
- 28 CIMMYT. MasAgro. Op. cit.
- 29 *Ibid.*
- 30 CIMMYT. Resumen. Op. cit.
- 31 CIMMYT. Programa de socioeconomía. TTF-MEX-SEP. Informe sobre documentación y revisión del proceso de implementación en los nodos de innovación (HUBS) 2015/12/21.
- 32 *Ibid.*
- 33 *Ibid.*
- 34 *Ibid.*
- 35 CIMMYT. Resumen 2015. Op. cit.
- 36 CIMMYT. Programa de socioeconomía. Op. cit. Hall, 2016.
- 37 Hall, 2016.
- 38 CIMMYT. López-Saavedra. Reporte final 2015.
- 39 *Ibid.*

- 40 CIMMYT. Ramirez, Gerardo. Reporte final 2015.
- 41 CIMMYT. Disponible en <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/hubs/1836-las-tecnologias-poscosecha-que-promueveemasagro>.
- 42 *Ibid.*
- 43 MÉXICO. GOBIERNO DE LA REPÚBLICA. Diario Oficial. Consultado en Feb. 2016. Disponible en [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5424267&fecha=03/02/2016](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5424267&fecha=03/02/2016).
- 44 CIMMYT. Disponible en <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/hubs/1836-las-tecnologias-poscosecha-que-promueveemasagro>.
- 45 CIMMYT. Ramirez, Gerardo. Reporte final 2015.
- 46 CIMMYT. Rodríguez, Horacio. Reporte final 2015.
- 47 CIMMYT. Gardeazabal, Andrea. Reporte final 2015.
- 48 CIMMYT. López-Saavedra. Op. cit.
- 49 CIMMYT. Resumen. Op. cit.
- 50 CIMMYT. López-Saavedra. Op. cit.
- 51 CIMMYT. Gardeazabal, Sandra. Reporte final 2015.
- 52 CIMMYT. Revista Enlace N 26. Junio-Julio 2015.
- 53 Fuente: SAGARPA, 2016. Atlas Molecular del Maíz.
- 54 CIMMYT 2016. TTF-MEX-SEP. Reporte final Foro orientado al intercambio entre productores y mercados.
- 55 CIMMYT. Van-Loon. Reporte final 2015.
- 56 *Ibid.*
- 57 CIMMYT. Chessaighe-Donnet. Reporte final 2015.
- 58 CIMMYT. Chessaighe-Donnet. Op. cit.
- 59 *Ibid.*
- 60 *Ibid.*
- 61 *Ibid.*
- 62 *Ibid.*
- 63 CIMMYT. López-Saavedra. Op. cit.
- 64 CIMMYT. Gardeazabal, Andrea. Reporte final 2015.
- 65 CIMMYT. Resumen. Op. cit.
- 66 CIMMYT. Gardeazabal, Andrea. Op. cit.
- 67 *Idem.*
- 68 *Idem.*
- 69 *Idem.*
- 70 CIMMYT, 2008. México y el CIMMYT.
- 71 CIMMYT. Resumen. Op. cit.
- 72 CIMMYT. Vega, Daniela. Reporte final 2015.
- 73 CIMMYT. Resumen. Op. cit.
- 74 CIMMYT. Rodríguez, Karla. Reporte final 2015.
- 75 CIMMYT. López-Saavedra. Op. cit.
- 76 Revista Enlace N° 30. Febrero-marzo 2016.
- 77 CIMMYT. 2008. Op. cit.
- 78 *Idem.*
- 79 CIMMYT. Resumen Op. cit.
- 80 CIMMYT. López-Saavedra. Op. cit.
- 81 CIMMYT. Resumen. Op. cit.

## UN MODELO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA EN ATENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

### EL MODELO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL

La cooperación técnica en México entre CIMMYT y SAGARPA y su focalización nacional mediante Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional, MasAgro, es una estrategia para el “fortalecimiento y desarrollo de capacidades endógenas para la producción científica, la asimilación, difusión y transferencia de tecnología”.<sup>1</sup> La experiencia MasAgro constituye un marco de referencia, un ejemplo de cooperación internacional, transexenal y plurianual (2010-2020) con el siguiente objetivo:

Elevar las capacidades productivas de los pequeños productores de maíz y trigo, asegurar mejores rendimientos que contribuyan a la suficiencia alimentaria en ambos cultivos y hacer frente a los efectos del cambio climático, a través de prácticas agronómicas sustentables, además de tener impacto en el ingreso, el empleo y el arraigo en el medio rural.

La experiencia acumulada y el conocimiento científico y tecnológico generados por MasAgro en el devenir de su vida operativa a través de ya casi seis años, constituyen la base que da sustento al Modelo de Cooperación Internacional en Innovación Agroalimentaria en atención al Cambio Climático y la Seguridad Alimentaria.

El modelo está integrado por 4 componentes: MasAgro Biodiversidad, MasAgro Maíz, MasAgro Trigo y MasAgro Productor; y por nodos de innovación que integran plataformas, módulos, experimentos de fertilidad, ensayos poscosecha, puntos de entrenamiento poscosecha, fabricación de silos poscosecha, áreas de extensión y una red de evaluación colaborativa.

En este modelo destacan innovaciones centrales o estratégicas, como un atlas molecular; la vinculación de productores pequeños con mercados nuevos, investigación colaborativa, redes de innovación, desarrollo de capacidades y acompañamiento técnico, tecnología de información y gestión del conocimiento.

El modelo posibilita el logro de resultados concretos en el sector agroalimentario nacional en términos de mejoramiento de semillas, incremento en la producción y productividad, incremento en los ingresos para los productores, democratización de la productividad, atención a las necesidades del mercado, incremento a la sustentabilidad, fortalecimiento de capacidades de investi-

MODELO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL CIMMYT-SAGARPA: ESTRATEGIA MASAGRO, DE MÉXICO AL MUNDO

Componentes MasAgro	Innovaciones Centrales	Resultados	Indicadores	Impactos Globales
<ul style="list-style-type: none"> <li>MasAgro Biodiversidad</li> <li>MasAgro Maíz</li> <li>MasAgro Trigo</li> <li>MasAgro Productor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atlas Molecular</li> <li>Vinculación de productores pequeños con mercados nuevos</li> <li>Investigación colaborativa, Redes de innovación, Desarrollo de Capacidades y Acompañamiento técnico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejoramiento de semillas</li> <li>Incremento en producción y productividad</li> <li>Incremento de ingresos para el productor</li> <li>Democratización de la productividad</li> <li>Atención de necesidades del mercado: semillas, maquinaria</li> <li>Incremento de la sustentabilidad</li> <li>Fortacimientode capacidades e investigación</li> <li>Desarrollo de metodologías</li> </ul>	<p>Varietades de maíz resistentes a la Mancha de Asfalto Metodología de Mejoramiento Participativo de Criollos Red de Sitios de Evaluación de Nuevas Variedad</p> <p>Hectáreas de influencia Hectáreas de Adopción Número de productores Aumento del rendimiento Aumento de la rentabilidad</p> <p>Presencia en Municipios en Pobreza o Pobreza Extrema</p> <p>Número de semillas nacionales Semilleras Nacionales aprovechando Resultados Bolsas de Semillas Nacionales de M Número de Prototipos de Mecanización Inteligente</p> <p>Hectáreas con tecnologías y prácticas agronómicas sustentables</p> <p>Número de técnicos Incorporados Número de técnicos certificados Número de talentos jóvenes investigadores capacitados Número de publicaciones científicas Incidencia de líneas de investigación Número de líneas candidatas de variedades de trigo Número de muestras biodiversidad caracterizada Número materiales liberados con resistencia a sequía y enfermedades</p> <p>Asistencia técnica efectiva Agricultura de precisión Mejoramiento participativo de criollos</p>	<p>Seguridad Alimentaria</p> <p>Cambio Climático</p>
<p><b>Nodos de Innovación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Plataformas</li> <li>Módulos</li> <li>Experimentos de fertilidad</li> <li>Ensayos poscosecha</li> <li>Plataformas poscosecha</li> <li>Puntos de Entrenamiento</li> <li>Postcosecha</li> <li>Fabricación de silos poscosecha</li> <li>Áreas de extensión</li> <li>Red de Evaluación Colaborativa MasAgro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnología de la información. Gestión del conocimiento</li> </ul>			

Modelo de cooperación internacional MasAgro

gación; desarrollo de metodologías para una asistencia técnica efectiva, para la promoción de la agricultura de precisión y el mejoramiento participativo de criollos. Dicho enfoque, centrado en resultados, facilita los procesos de planificación, programación, seguimiento, evaluación y rendición de cuentas; asimismo, favorece la identificación de lecciones aprendidas y la mejora continua de los procesos y metodologías.

Por último, el modelo asegura el impacto del país en la atención de los desafíos nacionales y globales de seguridad alimentaria y cambio climático.

Este modelo, requiere de la coordinación y colaboración estrecha entre autoridades e instituciones públicas (nacionales y subnacionales), institutos de investigación nacionales e internacionales, empresas (nacionales, internacionales y globales), instituciones educativas nacionales e internacionales, proveedores de maquinarias e insumos, instituciones financieras, fundaciones (nacionales e internacionales), la sociedad civil organizada, agentes de extensión o prestadores de servicios de extensión y los

productores para la construcción de capacidades de innovación en los diferentes eslabones de la cadena agroalimentaria, desde la producción primaria hasta la comercialización y consumo (Ver Anexo 2: Colaboración Interinstitucional).

El modelo de cooperación internacional CIMMYT MasAgro tiene las siguientes características:

- Un enfoque que articula los ámbitos global, internacional y nacional con estrategias diferenciadas por país, que a través del MasAgro respeta las particularidades y prioridades nacionales en el marco de los objetivos estratégicos del CIMMYT MasAgro.
- El aprovechamiento de alianzas estratégicas y del trabajo en redes nacionales e internacionales para una mayor eficacia y eficiencia del trabajo científico y el desarrollo tecnológico en atención a desafíos globales vinculados al maíz y al trigo.
- La participación activa de los principales actores públicos y privados del sistema nacional de innovación y del sistema

MODELO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL CIMMYT-SAGARPA: ESTRATEGIA MASAGRO, DE MÉXICO AL MUNDO

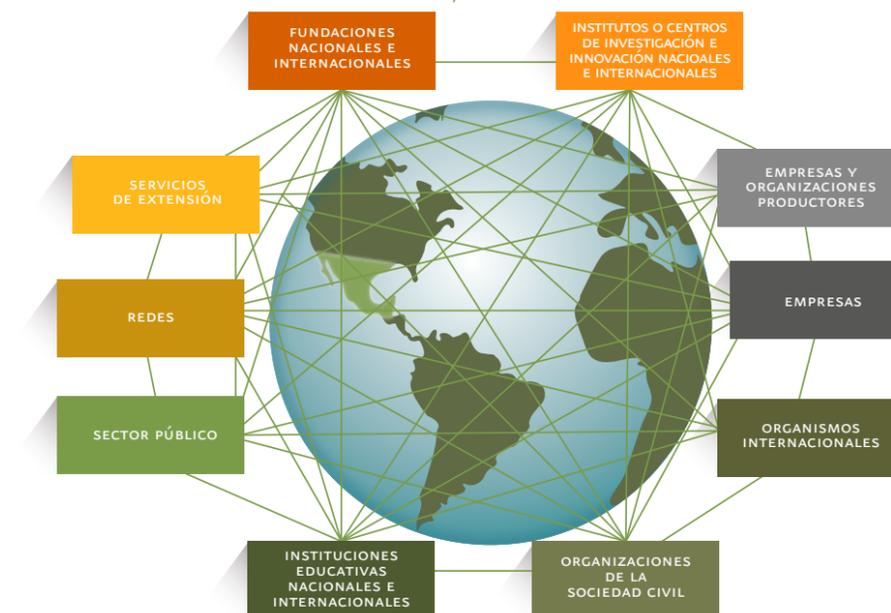


Fig. 23. Construyendo redes de colaboración para la innovación

de innovación agroalimentario global en la identificación de problemas, en la búsqueda de soluciones, en el diseño y ejecución de los procesos de investigación básica y aplicada, respetando conocimientos y sabiduría ancestral.

- El trabajo colaborativo, las alianzas estratégicas nacionales e internacionales y el desarrollo de capacidades y formación de talento humano en servicios de investigación y extensión agrícola que facilitan el logro de objetivos de largo plazo con un enfoque territorial del desarrollo sustentable y de cadenas de valor en maíz y trigo.
- El respeto a la sustentabilidad ambiental, a los conocimientos locales y la sabiduría ancestral, a la interdisciplinariedad y al desarrollo del capital humano.
- Desarrollo y aplicación de metodologías e instrumentos en los diferentes componentes de MasAgro para avanzar en la investigación y extensionismo para contribuir a la biodiversidad, la seguridad alimentaria y la adaptación a los efectos del cambio climático en sistemas productivos en maíz y trigo.
- Un sistema de extensión con enfoque científico y tecnológico que asegura la cocreación de conocimientos y la apropiación de tecnologías, que permite aprovechar la diversidad genética del maíz y el trigo, aumentar los rendimientos,

reducir los costos de producción, favorecer la inclusión de los productores de subsistencia, de las mujeres productoras y de la población rural más pobre del país, contribuyendo a la seguridad alimentaria de las comunidades marginadas.

- La gestión del conocimiento (sistematización, intercambio de información y comunicación) a través de herramientas tecnológicas modernas y servicios de telecomunicaciones que facilitan el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos en un mundo digital global, entre los diferentes actores públicos y privados, para su utilización efectiva en la toma de decisiones y en la solución de problemas vinculados a los sistemas productivos, los territorios y las cadenas de valor en maíz y trigo.
- Una intensa actividad de comunicación y divulgación de información, experiencias y resultados, facilitando el acceso al conocimiento útil y al desarrollo científico y tecnológico.
- El apego a la transparencia y a la rendición de cuentas.

EL MODELO INTERNACIONAL CIMMYT MASAGRO-SAGARPA, UN BIEN PÚBLICO DISPONIBLE

Los recursos genéticos constituyen la base para el desarrollo de nuevas variedades de las cuales depende el desarrollo del sector

agroalimentario y de otros sectores como farmacéutico, cosmético, industrial, bioenergía y biorremediación, entre otros.

En este contexto, México aporta al mundo una gran biodiversidad, pues se caracteriza por un alto endemismo, es decir, especies solamente presentes en forma natural en México, así como por una gran variedad de semillas localmente adaptadas, lo que determina una gran riqueza dada por la variabilidad y diversidad genética presentes en el territorio nacional.

Durante más de 50 años, El CIMMYT y la SAGARPA han trabajado en alianza para conservar y utilizar la amplia gama de diversidad genética en maíz y trigo para ofrecer soluciones al mundo que permitan responder a los retos futuros.

El trabajo del CIMMYT, en colaboración con instituciones nacionales, principalmente el INIFAP y la SAGARPA, ha beneficiado significativamente al país en el desarrollo de germoplasma para generar variedades e híbridos de maíz y trigo, para la formación de recursos humanos, en los recursos ahorrados gracias al fitomejoramiento de maíz y trigo, y en la investigación en agronomía y agricultura de conservación, entre otras.

A este trabajo conjunto que ambas instituciones han desarrollado, ahora suman herramientas y metodologías, a través del Programa MasAgro, que aseguran la repetibilidad del modelo en otras naciones, como son: un atlas molecular; el desarrollo de prácticas agronómicas sustentables basadas en la agricultura de conservación y de precisión; la transferencia de tecnología sustentable e innovadora en los nodos de innovación; el desarrollo de las capacidades de productores, investigadores, semilleros y técnicos que forman parte de las cadenas de valor agroalimentarias de trigo y maíz.

Así, este modelo provisto por la SAGARPA y el CIMMYT, probado en México con resultados importantes, constituye un bien público disponible para todos los países del mundo como una contribución a la lucha por la seguridad alimentaria y por la adaptación al cambio climático.

Las aportaciones en maíz de México al mundo a través de esta alianza han sido:

- El banco de germoplasma más grande de América Latina, que incluye semillas de variedades o accesiones, razas criollas y parientes silvestres.
- Germoplasma de variedades e híbridos.
- Variedades e híbridos con mayor calidad de proteína (QPM).

En trigo, las aportaciones de México han sido:

- Banco de germoplasma.
- Variedades mejoradas de trigo de mayor rendimiento y nutrición que se siembran mundialmente.

Además, MasAgro acerca a la comunidad científica del sector agroalimentario estudios, herramientas y metodologías que, mediante un sistema de extensión con enfoque científico y tecnológico, asegura la cocreación de conocimientos, la apropiación de tecnologías, permite aprovechar la diversidad genética del maíz y el trigo, aumentar los rendimientos, reducir los costos de producción, favorecer la inclusión de los productores de subsistencia, de las mujeres productoras y de la población rural más pobre del país, contribuyendo a la seguridad alimentaria de las comunidades marginadas.

Por último y, no menos importante, ofrece una estrategia para impulsar la industria semillera nacional que asegura la accesibilidad a semilla mejorada a bajo costo.

Los resultados alcanzados al 2016 por MasAgro en México se observan en mejoramiento de semillas, incrementos en la productividad y en el rendimiento, los ingresos de los productores, la democratización de la productividad aumentando su presencia y cobertura en los municipios más pobres del país, en la atención a las necesidades del mercado, el incremento a la sustentabilidad, el fortalecimiento de capacidades y de investigación y el desarrollo de metodologías.

#### EL MODELO EN EL MARCO DEL SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROALIMENTARIO Y LA ATENCIÓN A LOS DESAFÍOS NACIONALES

Desde una perspectiva analítica? MasAgro tiene un enfoque de sistemas de innovación agroalimentarios, ya que promueve el intercambio activo en la creación y uso de conocimientos de diferentes actores relacionados con la investigación, el desarrollo y la innovación en el sector. En el marco del Sistema Mexicano de Innovación Agroalimentaria se puede observar la participación de una red de actores que interactúan con diferentes funciones:

- Los que tienen como responsabilidad principal la definición de políticas, la orientación y el financiamiento a nivel federal en diferentes niveles: la Secretaría de Agricultura, Ganadería,



Resultados del MasAgro en el Sistema Nacional de Innovación de México  
ELABORACIÓN PROPIA CON INFORMACIÓN DE CIMMYT

Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), los gobiernos subnacionales (estados y municipios), así como los fondos privados nacionales e internacionales.

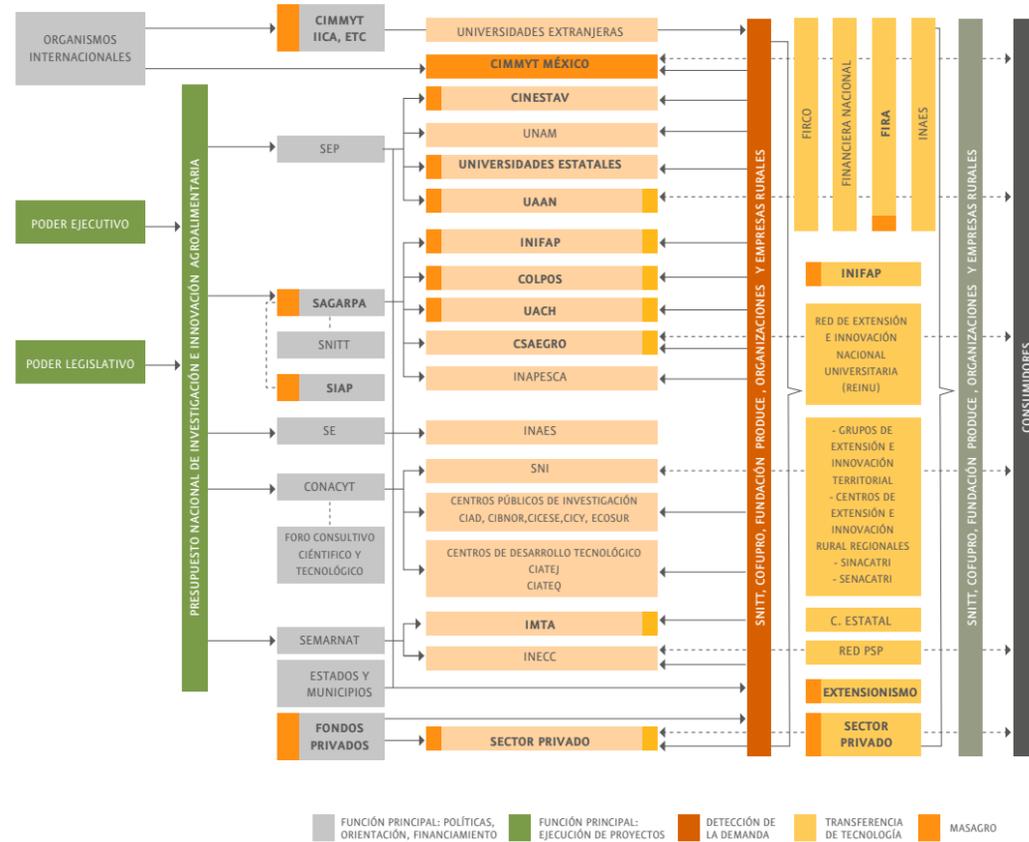
- Los organismos ejecutores de los proyectos de investigación e innovación: Institutos de Investigación, Centros Públicos de Investigación y de Desarrollo Tecnológico y Universidades.
- Las instituciones cuya función es la gestión de la innovación: Fundaciones Produce, Coordinadora Nacional de Fundaciones Produce, Organizaciones de Productores y Empresas Rurales, quienes detectan la demanda y establecen el vínculo entre los productores y las instituciones del Sistema, para la atención de la demanda.
- Los institutos y centros de investigación, universidades, instituciones financieras, productores y empresas con diversos mecanismos, instrumentos y programas, que tienen a su

cargo la transferencia de tecnología para, finalmente, lograr la adopción de la nueva tecnología y el uso rutinario de ésta por los productores u organizaciones de productores.

- Una alta participación del sector privado, productores individuales, organizaciones de productores, empresas agroalimentarias, empresas semilleras, empresas proveedoras de insumos y maquinaria, corporaciones transnacionales, etc.,
- Todo ello en beneficio de los productores, los consumidores y la población.

Así, el sistema se caracteriza por su alto grado de diversidad institucional, por la presencia del sector público (federal, estatal y municipal), el sector académico, las empresas y organizaciones de productores. El Estado participa activamente tanto en la definición de políticas y financiamiento, como en la investigación,

MASAGRO EN EL SISTEMA MEXICANO DE INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA



validación, transferencia de tecnología e innovación. Su marco legal (normas y leyes vigentes) destaca la importancia de la coordinación intersecretarial y mutlisectorial.<sup>3</sup>

En este enfoque, la innovación integra la investigación (básica y aplicada) y por lo tanto la generación de conocimiento, pero se basa en procesos que contribuyen a su utilización efectiva, como la investigación-acción, el aprendizaje, la cocreación de conocimiento, la difusión y gestión de conocimientos para conservar la biodiversidad y promover su uso sustentable, responder a las nuevas y crecientes demandas de los consumidores, y a los grandes desafíos globales que enfrenta el sector agroalimentario, como son la seguridad alimentaria y el cambio climático.

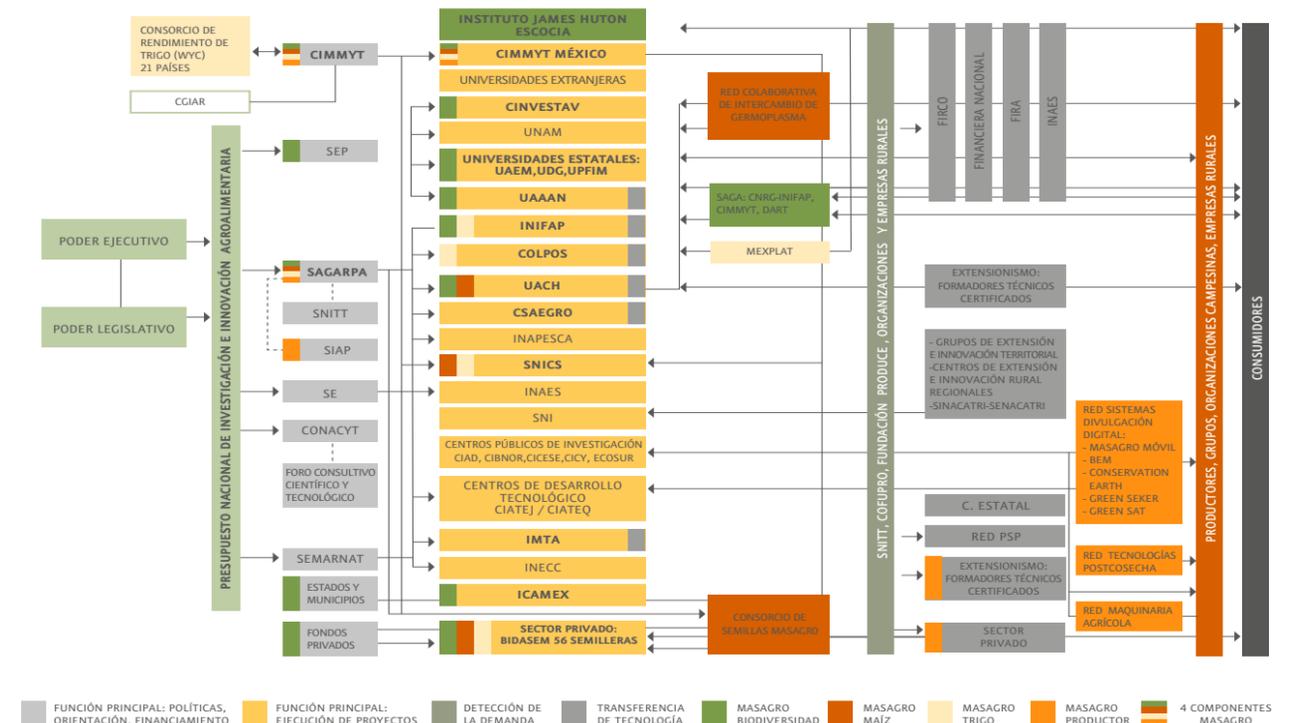
El papel del CIMMYT ha sido de gestor sistémico<sup>4</sup> de la innovación, estimulando la interacción de los diferentes actores en el sistema nacional de innovación agroalimentario. Ha trabajado como facilitador, mediador o intermediario para los diferentes actores o instituciones que participan en los procesos, promoviendo vínculos con actores

que proporcionan asesoría, financiamiento y apoyo para lograr los resultados de MasAgro; a la vez, ha prestado servicios técnicos y de investigación que, desde la frontera del conocimiento, contribuyen a la solución de problemas y al logro de resultados.

El CIMMYT, como gestor sistémico, ha impulsado visiones compartidas, vínculos y flujos de información bien establecidos entre los diferentes actores, incentivos institucionales propicios para aumentar la cooperación y atender las necesidades del mercado, y capital humano bien desarrollado

Por su parte, la SAGARPA, con su política de innovación y su visión de largo plazo ha sido determinante para respaldar el aprendizaje institucional y la experimentación, así como para asegurar las condiciones institucionales propicias, los incentivos y recursos financieros que permitan alcanzar resultados e impactos para la seguridad alimentaria y el cambio climático en el ámbito nacional, y con ello contribuir a la solución de los grandes desafíos del sector agroalimentario.

COMPONENTES DE MASAGRO EN EL SISTEMA MEXICANO DE INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA



Como se observa en la figura, en cada uno de los componentes de MasAgro participan diferentes actores, según su función y especialidad.

En esta alianza estratégica entre SAGARPA y CIMMYT, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP, sectorizado en la SAGARPA, ha tenido particular relevancia en todo lo relacionado con la investigación científica y la generación de conocimiento y de nuevas tecnologías.<sup>5</sup> Su trabajo en investigación básica y aplicada, adaptación, validación y transferencia de tecnología, ha contribuido de manera importante a los resultados alcanzados por MasAgro en maíz y trigo en el país. Su participación le ha permitido a MasAgro contar con una cobertura nacional en materia de investigación, adaptación, validación y transferencia de tecnología. La participación del INIFAP está acordada y definida por medio de 223 proyectos que se han convenido con el CIMMYT del 2011 al 2016.

En forma global, el INIFAP ha apoyado con personal investigador y de apoyo, así como con su estructura directiva y administrativa. Participan cerca de 105 investigadores, de los cuales, 55% cuentan con

doctorado y 38% con maestría con amplia experiencia en los cultivos y temas estratégicos que atiende MasAgro, como son maíz, trigo, frijol, otros cultivos estratégicos para la seguridad alimentaria y los temas de agricultura de conservación, control de plagas, mejoramiento genético, producción de semillas mejoradas, caracterización fenotípica de germoplasma, aprovechamiento de la biodiversidad, biotecnología y genética molecular, biodiversidad y recursos genéticos, fertilización química y biofertilizantes, y modelos de transferencia de tecnología.

Asimismo, el INIFAP ha puesto a disposición de MasAgro sus campos y sitios experimentales con su infraestructura de terrenos para la investigación, invernaderos y laboratorios; en el programa participan 22 campos experimentales y 6 subseeds de éstos, lo que le aporta una cobertura en 24 estados de la república mexicana en forma directa y a los 7 restantes en forma indirecta. INIFAP participa de manera importante en los 4 componentes de MasAgro: Biodiversidad, Maíz, Trigo y Productor.

La participación del sector privado ha sido estratégica para compartir y potenciar conocimientos. MasAgro ha contribuido a capitalizar los recursos, conocimientos y la capacidades innovadoras del sector privado (productores individuales, organizaciones de productores,

empresas agroalimentarias, empresas semilleras, empresas proveedoras de insumos y maquinaria, corporaciones transnacionales, etc.), así como a facilitar las condiciones propicias para la atención de la oferta y demanda del mercado en la cadena de valor de maíz y trigo.

### COMPONENTE MASAGRO BIODIVERSIDAD

En el componente MasAgro Biodiversidad participan cerca de 24 organizaciones, entre las que destacan la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), de Guadalajara (UDG), Politécnica Francisco I. Madero (UPFIM), el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la compañía de semillas BIDASEM.<sup>6</sup> Particular relevancia tiene la colaboración de investigadores del INIFAP, CIMMYT y Universidad Autónoma de Chapingo en mejorar la seguridad alimentaria en las comunidades marginadas en Oaxaca, con participación de los productores para mejorar variedades locales, aumentar su rendimiento y conservar la calidad culinaria del grano.

De 2011 a la fecha, el INIFAP ha trabajado con CIMMYT en 57 proyectos para este componente, que se orientaron a los temas de: a) en maíz (caracterización molecular y fenotípica de germoplasma, así como la evaluación de líneas y mestizos con respecto a la mancha de asfalto, tolerancia a sequía y materiales para usos especiales del maíz) y b) en trigo (fenotipación, pruebas de adaptación a ambientes contrastantes y tolerancia al carbón).

Asimismo, destaca el Servicio de Análisis Genético para la Agricultura (SAGA), que facilita el uso y aprovechamiento genético mediante una plataforma tecnológica de análisis molecular en la que participan el INIFAP, el CIMMYT y la empresa australiana Diversity Arrays Technologies (DART), siendo el primer laboratorio de análisis genéticos en Latinoamérica que emplea la metodología GBS para la caracterización genética de germoplasma de cultivos. Asimismo, destaca la participación del Instituto James Hutton de Escocia que, junto con el CIMMYT, desarrolla herramientas informáticas que sistematiza datos para incrementar el rendimiento y la tolerancia a factores adversos en maíz y trigo.

### COMPONENTE MASAGRO MAÍZ

En el componente MasAgro Maíz participan en la Red Colaborativa de Evaluación e Intercambio de Germoplasma el INIFAP, la Universidad Autónoma de Chapingo y mejoradores de la industria semillera

nacional. Además, destaca el Consorcio de Semillas MasAgro con la participación de SAGARPA, CIMMYT y 56 empresas semilleras que multiplican y comercializan las semillas.

Particular relevancia tiene la colaboración de investigadores del INIFAP, CIMMYT y la Universidad Autónoma de Chapingo en mejorar la seguridad alimentaria en las comunidades marginadas en Oaxaca, con participación directa de los productores, para mejorar variedades locales, aumentar su rendimiento y conservar la calidad culinaria del grano.

### COMPONENTE MASAGRO TRIGO

En el componente MasAgroTrigo participan en la Plataforma de Fenotipado de México (MEXPLAT) investigadores del CIMMYT, del INIFAP y del COLPOS, con un sistema aéreo basado en sensores remotos que compara temperatura, hidratación, composición de pigmentos y biomasa, entre otras características, de las líneas que desarrolla el Consorcio de Rendimiento de Trigo (WYC, por sus siglas en inglés), con la participación de 33 centros públicos de investigación y privados de 21 países.

Tanto en maíz como en el trigo, el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) órgano desconcentrado de la SAGARPA encargado de normar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en materia de semillas y variedades vegetales, ha jugado un papel importante en la liberación y certificación de semilla.

Las empresas semilleras venden las semillas certificadas, que requieren previamente caracterización y registro en el catálogo nacional de variedades. CIMMYT realiza esta función y comparte el resultado de las caracterizaciones con los semilleros de la red.

### MASAGRO PRODUCTOR

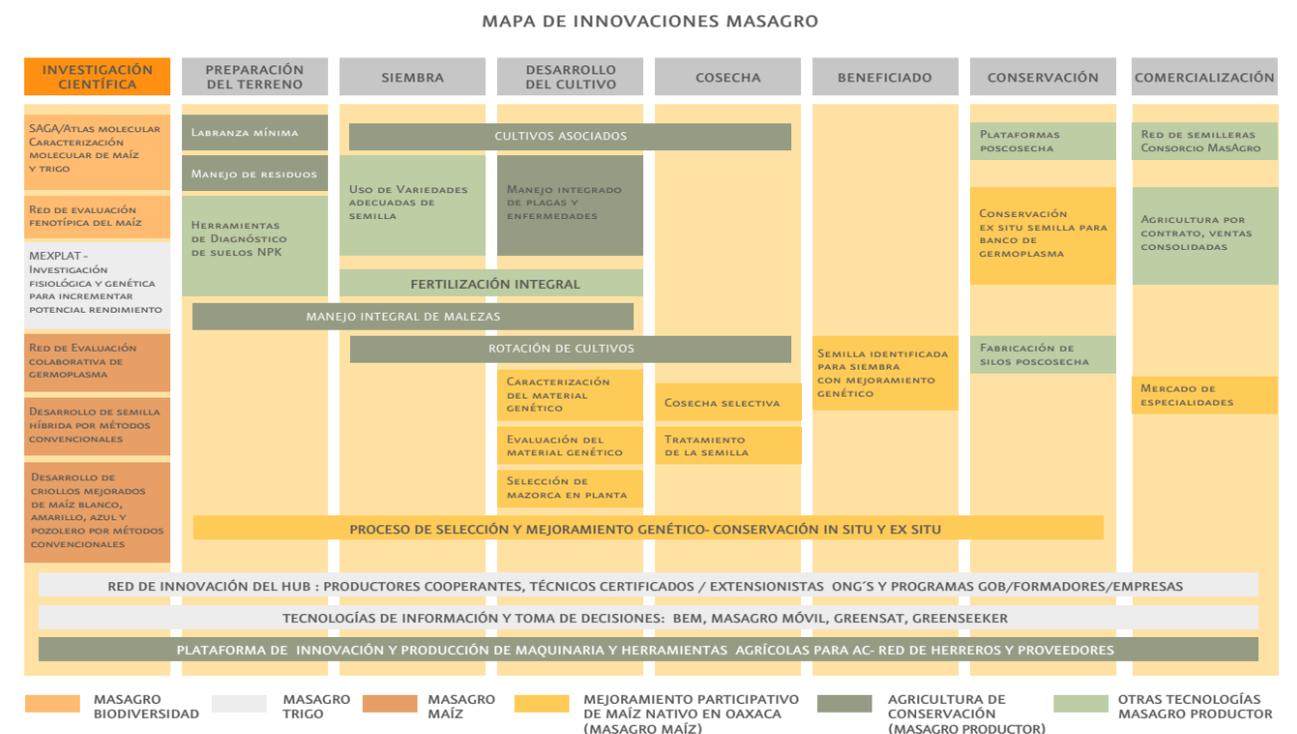
El cuarto componente, MasAgro Productor, vincula diferentes actores: universidades, instituciones o centros de investigación responsables de la investigación a lo largo de 5 a 10 años, y los formadores, técnicos y técnicos certificados que trabajan con los productores en los nodos de innovación. Asimismo, se incluye una red de maquinaria agrícola, una red de tecnología poscosecha y una red de actores que participa en el sistema de divulgación digital: MasAgro móvil; Bitácora electrónica MasAgro (BEM); Plataforma Conservation Earth, Sistemas Greenseeker y Green Sat (apoyado por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP).

### PRINCIPALES INNOVACIONES EN MASAGRO

En los cuatro componentes de MasAgro –MasAgro Biodiversidad, MasAgro Maíz, MasAgro Trigo, MasAgro Productor– se identifican innovaciones tanto tecnológicas como organizativas e institucionales, que se observan en la siguiente figura y a continuación se describen:

- **MasAgro Biodiversidad.** Investiga la composición genética de las semillas para aprovechar la biodiversidad. Utiliza herramientas de análisis molecular de última generación para estudiar la composición genética de las semillas de maíz y trigo, y acelerar así el proceso que permite identificar las razas y variedades con genes útiles para llevar a cabo un proceso de mejoramiento no transgénico. El Servicio de Análisis Genético para la Agricultura (SAGA) es el primer laboratorio de análisis genéticos en Latinoamérica que emplea la metodología de genotipificación por secuenciación (GBS, por sus siglas

en inglés) para la caracterización genética de germoplasma de cultivos. Como resultado del trabajo de SAGA, se ha logrado mapear genéticamente el 97% de la colección de la diversidad genética existente de maíz en México, la cual ha sido compilada en una plataforma electrónica denominada Atlas Molecular del Maíz, que permitirá a los investigadores desarrollar nuevas líneas élite para la creación de nuevos híbridos que eleven la productividad y competitividad de los productores. La Red de Caracterización Fenotípica de Maíz de MasAgro evalúa el desempeño de las progenies, es decir de las semillas obtenidas a partir de los cruzamientos, en condiciones reales de campo en distintas regiones del país. La Red está integrada por INIFAP, las Universidades Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Autónoma del Estado de México (UAEM), de Guadalajara (UDG), Politécnica Francisco I. Madero (UPFIM), el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Esta-



do de México (ICAMEX), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la compañía de semillas BIDASSEM.

- **MasAgro Trigo.** Es la investigación para elevar el potencial de rendimiento del trigo que responde a la iniciativa internacional Consorcio de Rendimiento del Trigo (WYC, por sus siglas en inglés). La Plataforma de Fenotipado de México (MEXPLAT) es un sofisticado sistema de fenotipado aéreo basado en sensores remotos acoplados a una plataforma que permite evaluar un gran número de características a nivel de hoja y dosel, de miles de variedades de trigo sembradas en extensas parcelas de evaluación. En MEXPLAT participan investigadores de CIMMYT, INIFAP y COLPOS. Adicionalmente, desarrolla capacidades de científicos en métodos de mejoramiento e investigación de campo.
- **MasAgro Maíz.** Desarrolla y distribuye semillas de maíz (criollos, variedades e híbridos) y fortalece las capacidades de la industria semillera nacional. La red colaborativa de evaluación para estreses biótico y abiótico e intercambio de germoplasma cuenta con 160 localidades de prueba establecidas, con la participación de 75 colaboradores en las 3 principales zonas productoras de maíz, donde se evalúan un total de 90 híbridos del sector público y privado nacional. Está integrada por INIFAP, la Universidad Autónoma de Chapingo y mejoradores de la industria semillera nacional del sector privado. El Consorcio de Semillas MasAgro (SAGARPA, CIMMYT y empresas semilleras mexicanas) es una cadena de producción de semillas que conecta el mejoramiento y desarrollo de semillas con la producción y distribución comercial. Las empresas semilleras multiplican y comercializan las semillas, incluyendo los nuevos híbridos probados en la Red de Evaluación. MasAgro maíz desarrolla en comunidades altamente marginadas de Oaxaca procesos de mejoramiento genético participativo de semillas nativas y su conservación, en las que los agricultores participan activamente en la caracterización, evaluación y selección del material genético; CIMMYT apoya con el tratamiento de las semillas para su conservación. Los excedentes de maíz nativo están siendo comercializados en mercados de especialidades (restaurantes) por sus características de sabor, textura y color.

- **MasAgro Productor.** Desarrolla una estrategia de extensión agrícola basada en redes de innovación para fomentar la innovación, la transferencia de tecnologías y la adopción de semillas mejoradas de maíz, trigo y cultivos asociados, así como de prácticas agronómicas sustentables entre productores de pequeña escala, que en conjunto permitan tener rendimientos altos y estables, generar un menor impacto en el medio ambiente y tener mayores ingresos.

Los hubs o nodos de innovación contemplan tres elementos clave: la región agroecológica; la red de actores; y la infraestructura mediante la cual se conforma la red de innovación. La infraestructura comprende plataformas, módulos y áreas de extensión. La red de actores de la cadena agroalimentaria integra a productores cooperantes (productor innovador que aporta una parcela de innovación con el uso de tecnologías MasAgro y una parcela testigo), técnicos certificados en agricultura de conservación, formadores de técnicos, extensionistas (de programas de gobierno, organizaciones de la sociedad civil o empresas y organizaciones de productores), científicos y técnicos de la plataforma y proveedores.

Las prácticas agronómicas sustentables que promueve MasAgro productor son las asociadas a la agricultura de conservación: labranza mínima, manejo de residuos, cultivos asociados, manejo integrado de plagas y enfermedades, manejo integral de malezas, rotación de cultivos. Adicionalmente, promueve otras tecnologías como son: el uso de variedades adecuadas de semillas; la fertilización integral, el uso de herramientas de diagnóstico NPK, y tecnologías de poscosecha.

Las plataformas poscosecha tienen el objetivo de reducir pérdidas de granos en el proceso de almacenamiento. Crean y mejoran diversas tecnologías y herramientas sustentables y establecen protocolos para la conservación y mejor manejo del grano de maíz. Dentro de las tecnologías herméticas probadas y difundidas se encuentran el silo metálico, la bolsa plástica y la lona flexible de PVC.

La plataforma de innovación de maquinaria y equipos, identifica, desarrolla y optimiza soluciones de mecanización para la agricultura de conservación, accesibles para productores de diferentes estratos, de alta precisión y eficiente. Diseña prototipos, que permiten a los proveedores de maquinaria, diseñar, comercializar y proporcionar acompañamiento técnico. En ella colabo-

ran la red de herreros, proveedores, importadores y entidades públicas especializadas en ingeniería agrícola.

Las tecnologías de información asociadas a MasAgro incentivan a los actores involucrados a tomar mejores decisiones. La Bitácora Electrónica MasAgro permite el seguimiento y monitoreo de las actividades en cada una de las parcelas de cada productor. La integración de la BEM con Conservation Earth ofrece la creación de mapas en tiempo real sobre actividades en campo y la generación de comparativos entre rendimientos y clima, costo de transporte, actividades agronómicas y uso de tecnologías, entre otros. A partir del análisis de imágenes satelitales, GreenSat ofrece información sobre el nitrógeno y fósforo en los cultivos. Por último, MasAgro Movil proporciona información (mensajes por celular) de carácter técnico, sobre eventos de capacitación, de precios y financiera.

#### MASAGRO A TRAVÉS DE LOS NODOS DE INNOVACIÓN O HUBS

Los nodos de innovación o hubs representan el medio para el despliegue de la estrategia metodológica del modelo MasAgro para el desarrollo sustentable de la agricultura mediante el desarrollo de capacidades de los actores involucrados en las cadenas agroalimentarias, principalmente de maíz y trigo: productores, técnicos, investigadores, fabricantes de maquinaria y equipos agrícolas, productores y comercializadores de semillas e insumos para la producción, entre otros.

El acercamiento a la operación de los nodos de innovación o hub permite denotar uno de los principales atributos del modelo MasAgro: la flexibilidad para adaptarse a las condiciones agroecológicas, sociales y económicas de cada región. Esta característica hace posible que en la infraestructura física de los hubs (plataformas de investigación, módulos de innovación y áreas de extensión), la cooperación entre investigadores, técnicos y productores dé lugar al diseño de soluciones tecnológicas provenientes de la Agricultura de Conservación que toman en cuenta el conocimiento científico y empírico para que sean pertinentes a los contextos de realidad donde ocurren los procesos de la agricultura.

El Hub Pacífico Sur y el proyecto MasAgro Guanajuato son ejemplo de cómo la flexibilidad del modelo permite su adaptación y adopción a las condiciones presentes en las escalas estatal y municipal. En el primero, ha sido clave la alianza entre el gobierno federal vía SAGARPA, el gobierno estatal representado por

la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal, Pesca y Acuicultura (SEDAFPA) y el CIMMYT, que asumieron el reto de acercar a la base de productores servicios de asistencia técnica de alta calidad científica y tecnológica en el estado de Oaxaca, ambiental y culturalmente diverso y que, de acuerdo con CONEVAL<sup>7</sup> ocupa el 5º lugar en pobreza entre las 32 entidades federativas del país.

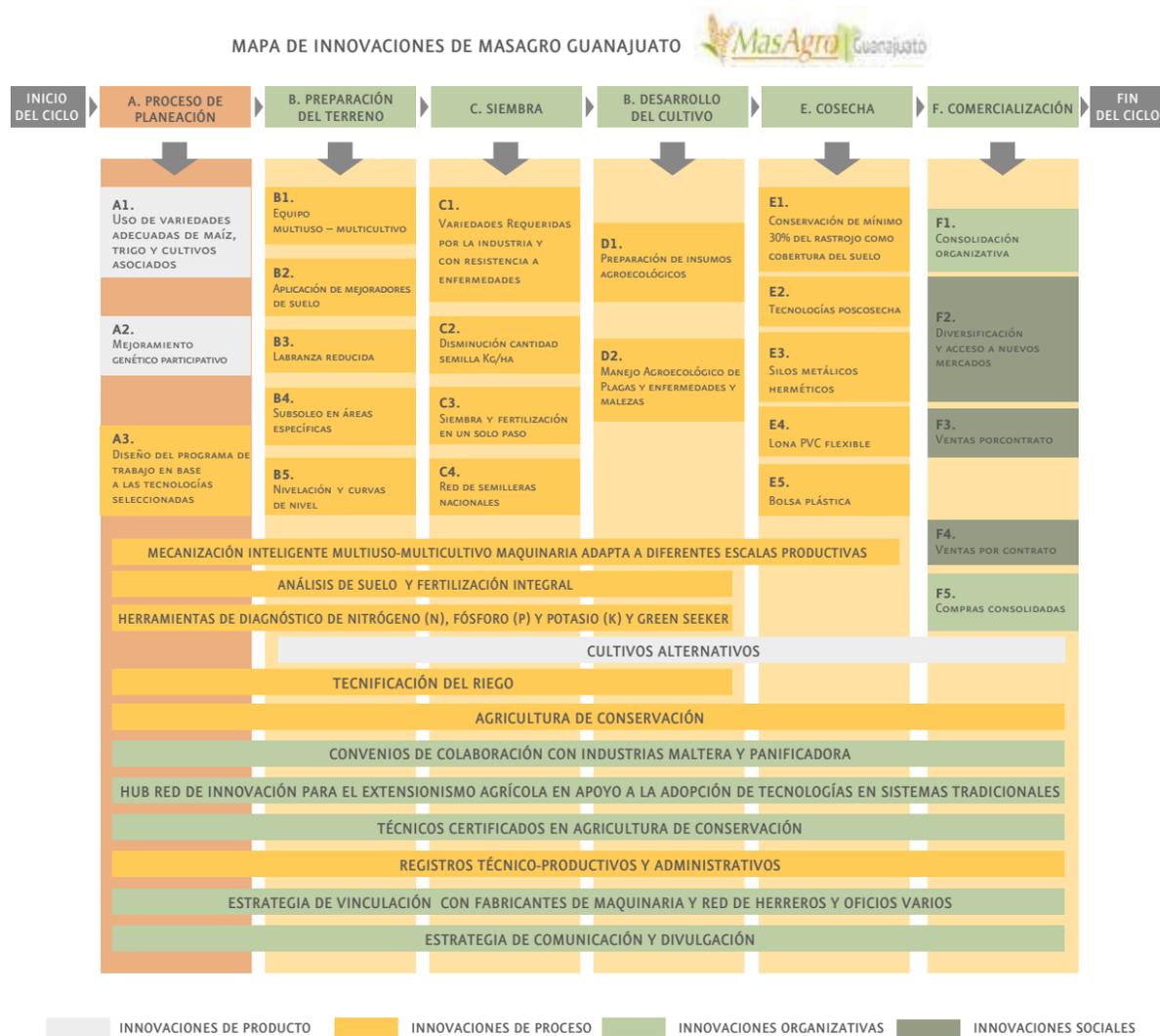
El proyecto MasAgro Guanajuato surgió como respuesta al interés del gobierno del estado que identificó en el modelo MasAgro un medio para instrumentar la estrategia de extensión en materia de desarrollo agropecuario planteada en el Plan Integral del gobierno del estado de Guanajuato 2012-2018. Así, en el marco de un convenio con CIMMYT en noviembre de 2013, surgió este proyecto con el objetivo de validar e implementar una metodología de trabajo que permita y fomente el desarrollo, la validación, la transferencia y la difusión de técnicas agrícolas innovadoras con mejoras en todo el proceso productivo,<sup>8</sup> cuya característica es la de ser un nodo de innovación incorporado al Hub Bajío cuando éste ya tenía 3 años de operar en una cobertura territorial que abarca los estados de Jalisco, Querétaro, Michoacán y, desde luego, Guanajuato.

El desarrollo del modelo MasAgro en Oaxaca y Guanajuato está impregnado de las características de cada ámbito estatal, sin embargo, los resultados en ambos territorios abonan al objetivo de incrementar la rentabilidad y estabilidad de los rendimientos de maíz, trigo y otros granos como medio para que los productores aumenten sus ingresos mediante el desarrollo de las capacidades que necesitan para adaptar y/o adoptar las técnicas y tecnologías de la Agricultura de Conservación y de Precisión que resguardan la sustentabilidad de los sistemas de producción.

En la siguiente sección se presentan los mapas de las innovaciones que los agricultores de manera paulatina han adaptado y/o adoptado, así como los impactos que han tenido en la mejora de los cultivos. Al final de la misma, se presenta un análisis que aborda las oportunidades para su replicabilidad en otros territorios estatales o de países con base en las características del Hub Pacífico Sur y el proyecto MasAgro Guanajuato.

#### MASAGRO GUANAJUATO

El proyecto MasAgro Guanajuato, se da a partir del Programa Estatal de Gobierno de Guanajuato basado en el Plan Estatal de Desarrollo 2035, que contempla acciones en el eje Economía de las personas, que se basa en el conocimiento y la innovación; dicho



programa promueve el desarrollo agropecuario mediante programas productivos y de financiamiento para las comunidades rurales.

Es así como a finales de 2013, la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural, por medio de la Dirección de Innovación Tecnológica y Agrícola, conoce los resultados obtenidos por el Programa de Modernización de la Agricultura Tradicional (MasAgro) en el Hub Bajío y concierta trabajar a nivel estatal como parte del programa de extensionismo.

El convenio se firma en noviembre de 2013 y acuerda trabajar en 6 líneas de acción:

- Investigación y desarrollo de tecnología agrícola y extensionismo en sistemas de maíz, cereal grano pequeño y cultivos asociados.

- Apoyo a la adopción de innovaciones tecnológicas en sistemas de producción tradicionales.
- Capacitación, desarrollo de capacidades y formación de agentes de cambio y productores.
- Fomento a procesos de vinculación de la cadena con la red de innovación.
- Desarrollo de la red de organizaciones de productores innovadores.
- Fomento a la diversificación de cultivos y producción de cultivos alternativos.

Las condiciones que han favorecido el éxito de esta iniciativa son:

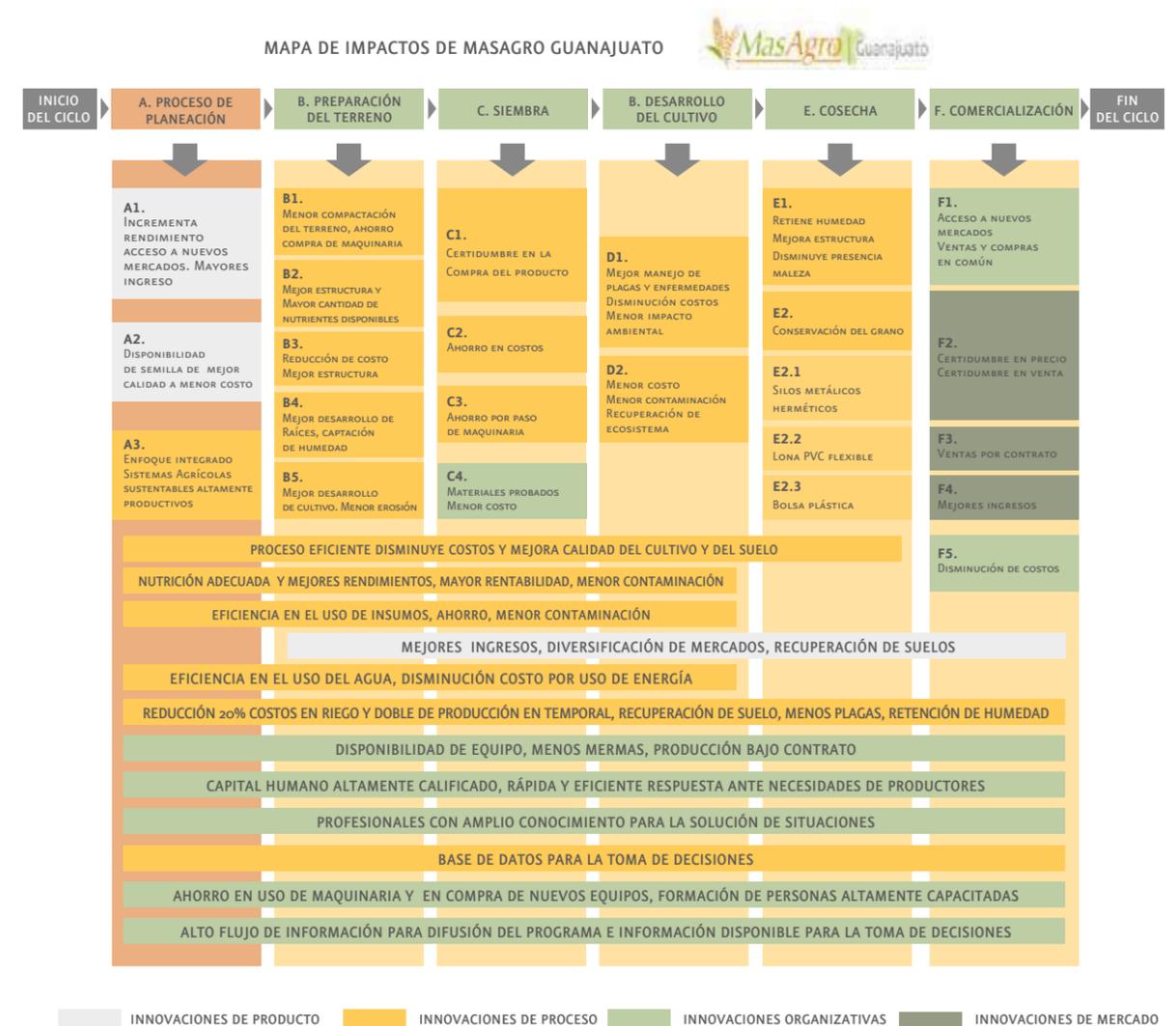
- La visión a largo plazo de las acciones emprendidas, por lo que no se encuentran sujetas a aprobaciones anuales.

- El respaldo de expertos de centros de investigación y universidades nacionales e internacionales, así como de empresas privadas y organizaciones de la sociedad civil (ONGs).
- El enfoque del extensionismo como un proceso dinámico, multisectorial y multidimensional, cuyos principios adoptan diferentes metodologías dependiendo del entorno político, socioeconómico y agroecológico del territorio, así como del perfil de los actores involucrados. Los extensionistas son los agentes de cambio que aceleran y dinamizan las acciones y es en ellos que se centra una parte de la intervención, al desarrollar un sistema de tutorío por parte de profesionales experimentados, investigadores y coordinadores de diferentes áreas; además, son constantemente capacitados en con-

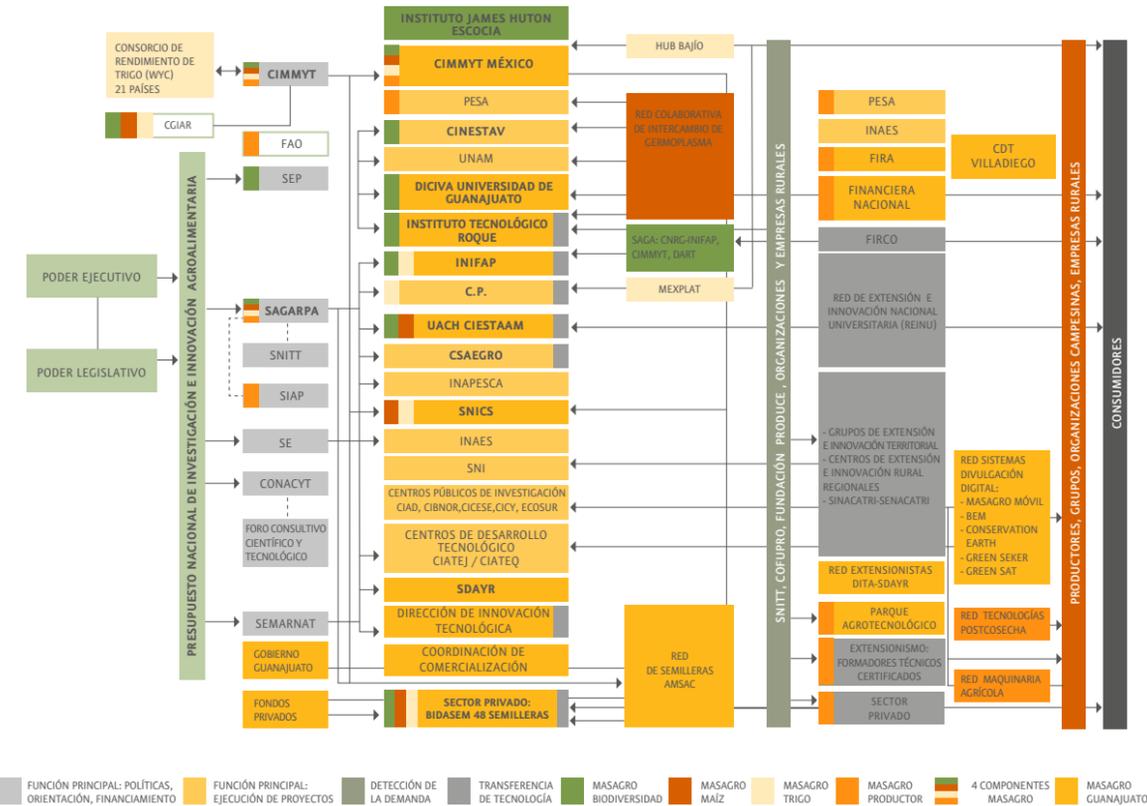
diciones de trabajo para lograr el desarrollo de habilidades en la toma de decisiones con soluciones científicas.

- La interacción entre los participantes es directa y hace accesible el conocimiento a todos los niveles, dando gran flexibilidad al programa y el enfoque integrado para definir las soluciones tecnológicas que se adoptarán en cada sitio.
- Las redes colaborativas integradas en MasAgro Guanajuato benefician a todos los participantes y se extienden a la producción y prueba de semillas, el diseño y modificación de maquinaria de precisión, a la fertilización y riego eficientes, al acceso a nuevos mercados y nuevos modelos de negocio y a la red para la información y divulgación de las innovaciones implementadas.

Las innovaciones dentro del Proyecto MasAgro Guanajuato se presentan en el Mapa de innovaciones:



## UBICACIÓN DE MASAGRO GUANAJUATO EN EL SISTEMA MEXICANO DE INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Las innovaciones propuestas inciden en todo el proceso y son: a) de producto, con variedades requeridas por la industria así como cultivos alternativos; b) de proceso, con el empleo de técnicas de la agricultura de precisión y de conservación y el uso de equipos multiso y multicultivos; c) de organización, al integrar a los participantes en figuras legales y con conocimiento de los diferentes mercados; d) las innovaciones de mercadotecnia incluyen la venta por contrato, la venta a nuevos mercados y la venta a mercados especializados.

Estas innovaciones se han implementado para mejorar la competitividad de los sistemas e impactar positivamente en el cambio climático y la conservación de la biodiversidad, pues contemplan el uso sustentable de los recursos naturales como suelo, agua y aire e integran prácticas agroecológicas para el manejo de los sistemas.

La agricultura de conservación y la agricultura de precisión integradas favorecen la retención, captación e infiltración de la humedad del suelo, la recuperación de la fertilidad y estructura de la capa arable y el menor uso de insumos que contaminan el ambiente.

El proyecto MasAgro Guanajuato se integra en el Sistema Mexicano de Innovación Agroalimentaria, con la concertación de acciones entre el Programa de Modernización de la Agricultura Tradicional (MasAgro) de la SAGARPA y el CIMMYT con el Gobierno de Guanajuato y la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural.

La demanda de innovaciones y transferencia de tecnología la realizan los productores a través de los nodos de innovación también llamados *hub*, donde participan instituciones de investigación como el INIFAP y enseñanza superior como la Universidad de Guanajuato, la División de Ciencias de la Vida, el Instituto Superior de Roque, organizaciones de la sociedad civil como el Parque Agrotecnológico Xonotli y la Asociación de Semilleros de México, y la iniciativa privada con empresas como Syngenta y Sembradoras del Bajío, entre otras.

Un ejemplo del involucramiento del gobierno a otros niveles es el caso del programa MasAgro Guanajuato, programa estatal que tomó el modelo de extensionismo de MasAgro para promover prácticas innovadoras a través de investigación y desarrollar capacidades en actores clave. Este programa fomenta la cultura del dato para la toma de decisiones, utiliza herramientas de so-

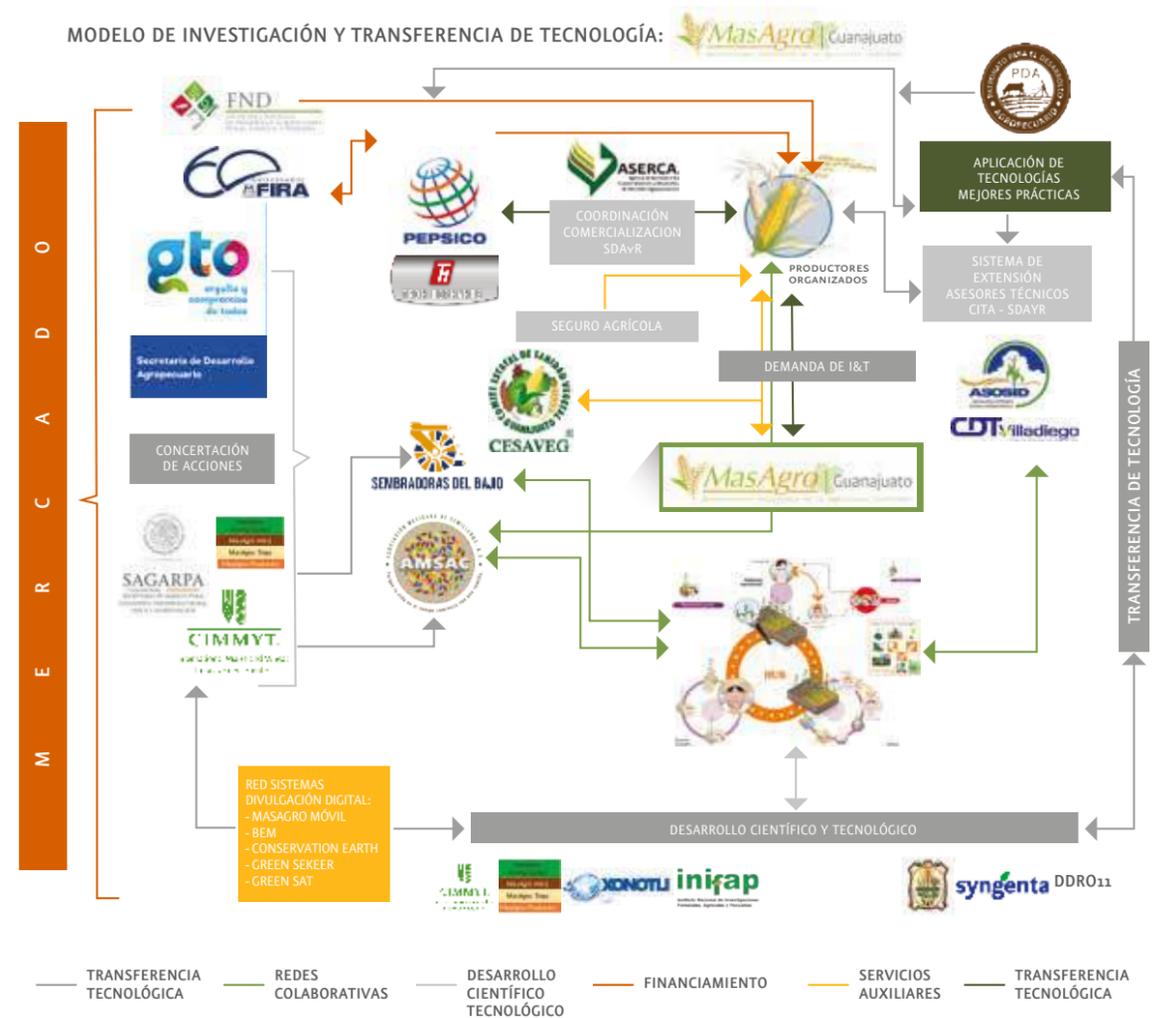
porte para dinamizar el flujo de información y toma de decisiones; cuenta con un equipo multidisciplinario capacitado para operar el proyecto, y a nivel estatal vincula y hace alianzas con actores e instituciones clave para multiplicar impactos.

El modelo de investigación y transferencia tecnológica MasAgro Guanajuato surge al concertarse acciones para el desarrollo agropecuario entre el Gobierno del Estado de Guanajuato a través de la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural (SDAYR) y el CIMMYT.

Se compone de una red de agentes que generan el desarrollo científico y tecnológico, en la que participan INIFAP, CIMMYT

MasAgro con sus 4 componentes, la División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato, el Instituto Tecnológico de Roque, el Distrito de Desarrollo Rural 011 Irapuato, el Parque Agrotecnológico Xonotli y Syngenta; todos ellos colaboran de manera interactiva atendiendo la demanda tecnológica de los productores.

La validación y adopción de las propuestas se hace a través del modelo *hub*, a través de la RED de Extensionistas DITA-SDAYR. Existen convenios de colaboración con industriales a través de PepsicoCo, Tron Hermanos e Impulsora Agrícola, SA de CV, por transferir innovaciones a través de red de asesores que atienden



El modelo de investigación y transferencia tecnológica MasAgro Guanajuato se da al concertarse acciones para el desarrollo agropecuario entre el Gobierno del Estado de Guanajuato a través de la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural (SDAYR) y el CIMMYT. Se compone de una red de agentes que generan el desarrollo científico y tecnológico en el que participan INIFAP, CIMMYT MasAgro con sus 4 componentes, la División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato, el Instituto Tecnológico de Roque, el DDRO11 Irapuato, el Parque Agrotecnológico Xonotli y Syngenta, todos ellos colaboran de manera interactiva atendiendo la demanda tecnológica de los productores. La validación y adopción de las propuestas se hace a través del modelo HUB, a través de la RED DE EXTENSIONISTAS DITA-SDAYR, existen convenios de colaboración con industriales a través de PepsicoCo, Tron Hermanos e Impulsora Agrícola, SA de CV, quien transfiere innovaciones a través de red de Asesores que atiende a las organizaciones que lo proveen bajo el esquema parafinanciero fondado con FIRA. Otras fuentes de financiamiento son las cajas de Ahorro y la Financiera Nacional financiando a las organizaciones que se han constituido a través de la Coordinación de Comercialización de la SDAYR y que comercializan el grano en el esquema de Agricultura bajo contrato. Las redes colaborativas se dan con la AMSAC (Red de semilleros), los fabricantes de maquinaria, los Proveedores de insumos y los organismos auxiliares, potenciando la comunicación entre los participantes la Red de Sistemas de Divulgación que incluye la página WEB, la BEM, Conservation Earth y Green Seeker y Green Sat.

REGIONES DE OAXACA EN HUB PACÍFICO SUR.



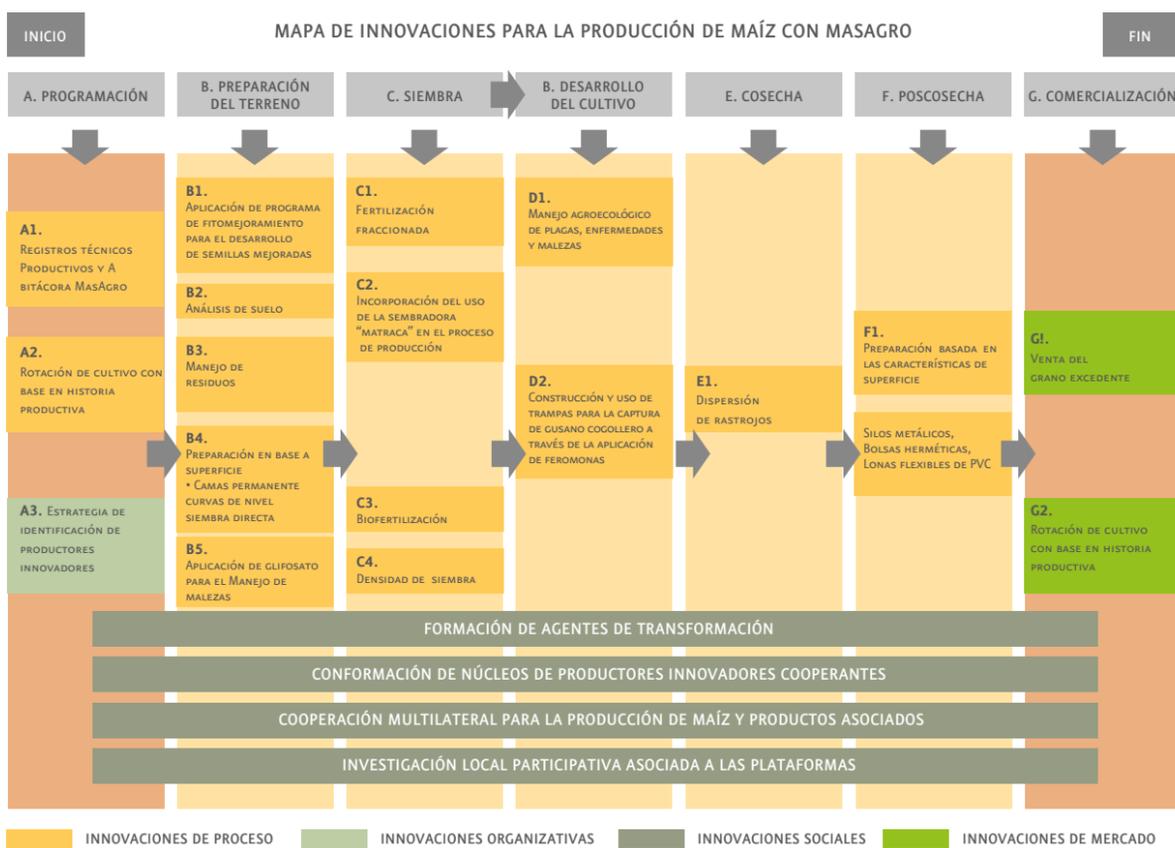
a las organizaciones que lo proveen bajo el esquema parafinanciero fondado con FIRA.

Otras fuentes de financiamiento son las cajas de ahorro y la Financiera Nacional, financiando a las organizaciones que se han constituido a través de la Coordinación de Comercialización de la SDAyR y que comercializan el grano en el esquema de agricultura bajo contrato. Las redes colaborativas se dan con la AMSAC (red de semilleros), los fabricantes de maquinaria, los proveedores de insumos y los organismos auxiliares, potencializando la comunicación entre los participantes la Red de Sistemas de Divulgación,

que incluye la página web, la BEM, Conservation Earth y Green Seeker y Green Sat.

MASAGRO OAXACA

En el marco del convenio con la SAGARPA se desarrolló el hub Sistemas de Maíz y Cultivos Asociados Trópico Bajo Pacífico (Hub Pacífico Sur) en el mes de marzo del año 2013, con el propósito de construir una estrategia de escalamiento de prácticas y tecnologías de la agricultura de conservación junto con los actores clave vinculados a la cadena agroalimentaria de maíz, mediante



una estrategia de desarrollo de capacidades para la mejora de los procesos técnico-productivos, sociales y comerciales orientados a la seguridad alimentaria y el cambio climático.

La presencia en los 3 macro ambientes del estado de Oaxaca –valles altos, sub trópicos y trópicos– hacen que la adaptación y adopción de las innovaciones sean un reto que hasta la fecha se ha ido librando con impactos tangibles. En estas regiones se trabaja con productores de autoconsumo, algunos de nivel de producción intermedio o de transición y, los menos, con productores de alto rendimiento.

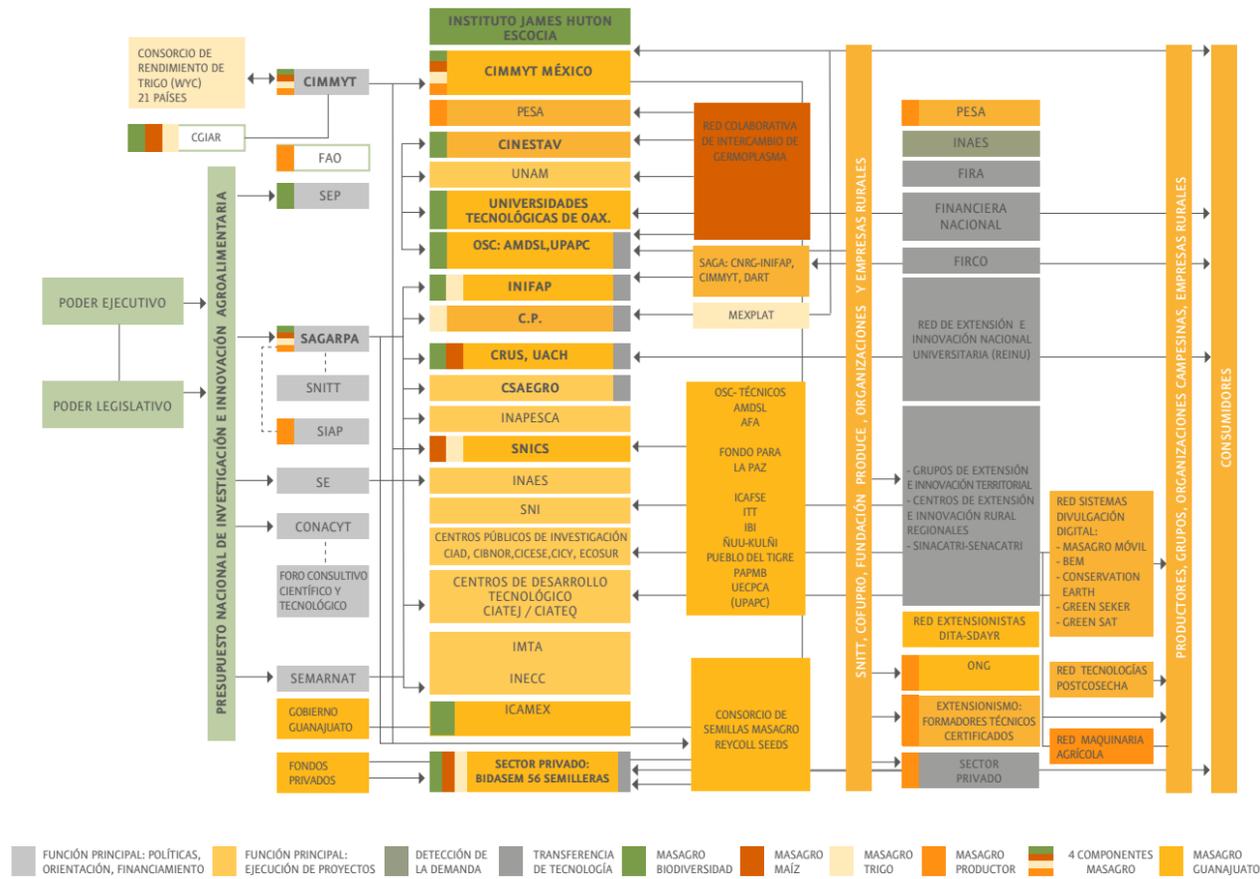
En 3 años de operación el Hub Pacífico Sur ha crecido de acuerdo con su dinámica propia y pasó de tener presencia en 3 regiones del estado de Oaxaca a estar presente en 8 en 2016: Valles Centrales, Mixteca, Papaloapan, Sierra Norte, Sierra Sur, Cañada, Istmo y Costa. Se presenta el mapa de innovaciones del

proceso productivo para el cultivo de maíz y las actividades que implementan los productores del modelo MasAgro en el Hub Pacífico Sur.

La innovaciones que se proponen responden al análisis específico de cada lugar; los técnicos certificados se encargan de la implementación de innovaciones con tecnologías probadas. El cultivo objetivo de las investigaciones en todas las plataformas es el maíz y los demás cultivos que se manejan son para efectos de vincularlos con el maíz, ya sea en cultivo asociado o de rotación, por ejemplo: frijol, garbanzo y mucuna.

Los vínculos que se generan desde el nodo de innovación o hub, facilitan que las tecnologías se concreten directamente con los productores, acompañados por los técnicos, quienes mantienen comunicación permanente con los científicos investigadores que desarrollan y proponen nuevas innovaciones basadas en los

UBICACIÓN DEL HUB PACÍFICO SUR EN EL SISTEMA MEXICANO DE INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

principios básicos de la agricultura de conservación.

Los técnicos certificados tienen la misión de proponer a los productores –mediante la validación/adaptación de las innovaciones– las acciones de mejora que se plantean para la cobertura territorial del Hub Pacífico Sur, como aquellas probadas en otros hub, pero con potencial para la zona.

La actividad en el hub también involucra aquella que propicia la interacción entre los actores de las cadenas agroalimentarias para fomentar el trabajo en equipo y producir impactos significativos en relaciones de ganar-ganar en lo productivo, económico, ambiental, social. Éstas surgen a partir de la identificación de problemas y la definición de objetivos comunes que orientan el

diseño y puesta en marcha de acciones para el desarrollo de la red de innovación.

El mapa de impactos del proceso productivo para el cultivo de maíz muestra los impactos relacionados con la ejecución de las actividades de innovación que implementan los productores del modelo MasAgro en el Hub Pacífico Sur.

El proyecto Hub Pacífico Sur surge del acuerdo entre el Programa de Modernización de la Agricultura Tradicional (MasAgro) de la SAGARPA y el CIMMYT; a través del tiempo distintos actores se han involucrado en el proyecto: instituciones académicas, de investigación, programas apoyados con recursos gubernamentales como el Programa Especial de Seguridad Alimentaria (PESA de la

FAO), Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC), empresas semilleras y la red de maquinaria. La participación de diferentes actores en el proyecto MasAgro Hub Pacífico Sur se observa en la figura del Sistema Mexicano de Innovación Agroalimentaria.

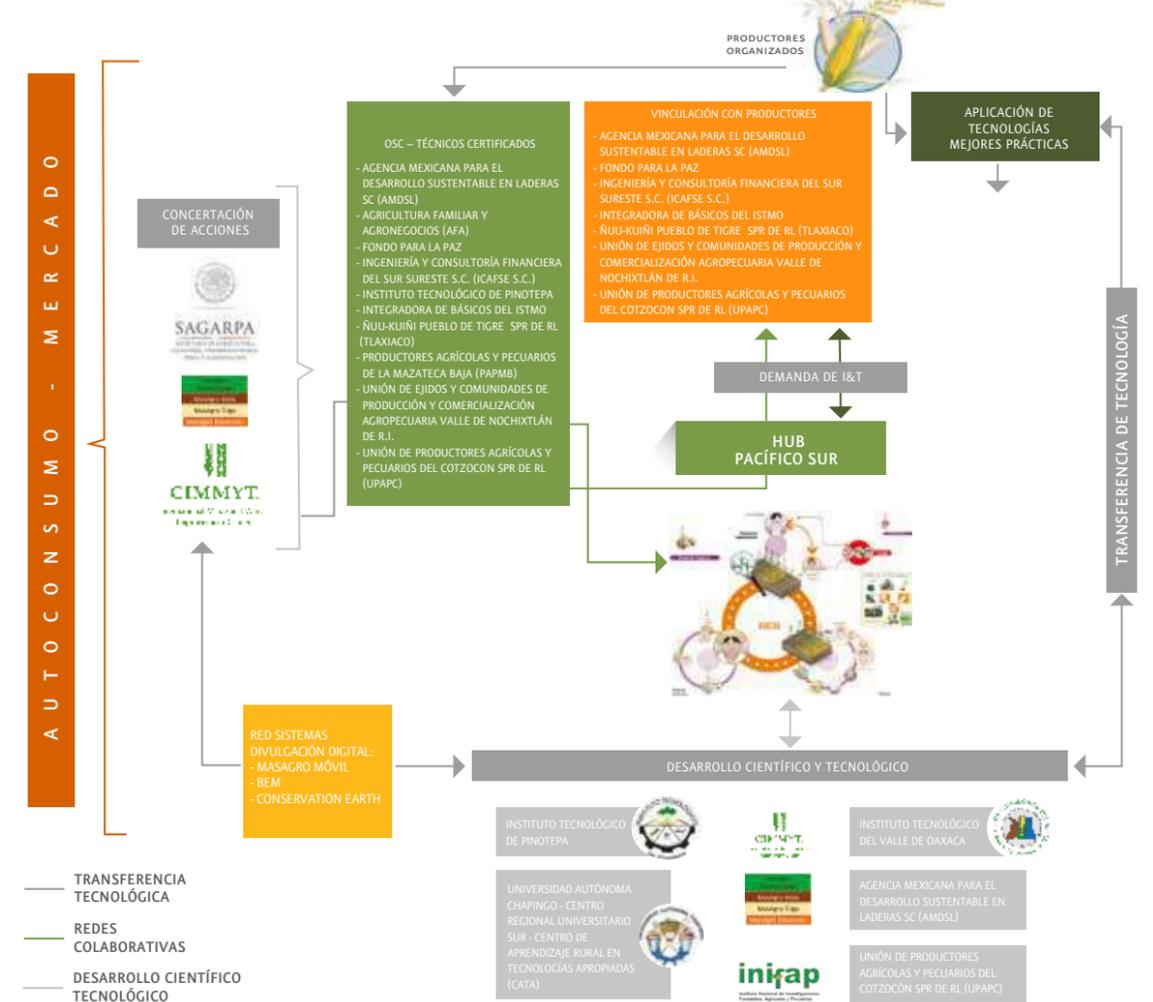
El componente MasAgro Maíz en Oaxaca se ha trabajado con el Consorcio Reycoll seeds, quienes han mejorado semillas de criollos, la cuales se siembran en varias parcelas del Hub Pacifico Sur. La variedad San José se cultiva principalmente en Valles Centrales. El uso de semillas criollas o nativas permite tener semillas

para los próximos ciclos y no depender de la compra de semillas cada año.

En Oaxaca se cultiva principalmente el maíz nativo. Estos maíces incluyen los de colores (azul, negro, rojo, morado) que utilizan en festividades específicas según las costumbres y tradiciones locales, y el bolita que utilizan para la preparación de pozole.

Las actividades de mejoramiento participativo de MasAgro en comunidades marginadas de Oaxaca dio comienzo en 2014 como un proyecto piloto que busca contribuir a la seguridad alimen-

MODELO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA:



taria en las comunidades marginadas a través del mejoramiento genético del maíz colectado dentro de las comunidades marginadas con mejores prácticas agronómicas, dentro de sus sistemas agrícolas. Con la participación directa de la comunidad, se mejoran las variedades locales para el rendimiento y otras características, conservando la calidad culinaria del grano. El proyecto tiene lugar en 5 municipios de Oaxaca, con la participación activa de 550 productores de 60 comunidades en la selección de granos y en los experimentos. En 2014 se logró la venta consolidada de maíces nativos con la empresa Mazienda, de Nueva York, donde se comercializaron 100 toneladas para el Chef Enrique Olvera.

Con relación a la maquinaria, actualmente se realizan pruebas de adaptación con maquinaria neumática de dos y cuatro surcos. Para pequeñas áreas se está probando maquinaria de tiro animal, además de las matracas para la siembra de precisión y fertilización de fondo.

El Hub Pacífico Sur representa el medio para ejecutar la metodología del componente MasAgro Productor, facilita la construcción de una estrategia de escalamiento de prácticas y tecnologías junto con instituciones académicas y científicas. Las plataformas de investigación conectadas con módulos, áreas de extensión e impacto, son el medio para llevar esas nuevas tecnologías hasta el productor. Los resultados generados en campo son sistematizados y llevados a una base de datos que guarda y comparte por medios electrónicos toda la información.

Son las organizaciones de la sociedad civil quienes vinculan a MasAgro con técnicos locales, y es MasAgro quien fortalece por medio de capacitación a los técnicos locales, para poder atender a los productores que son representados y avalados por organizaciones sociales.

Para lograr lo anterior, el equipo del Hub Pacífico Sur desarrolló una estrategia para la identificación de productores innovadores.

El gerente del Hub Pacífico Sur estableció comunicación con contactos que laboraban en organizaciones de la sociedad civil o en programas de gobierno del estado de Oaxaca que tuvieran vínculo directo con productores en las diferentes regiones del estado.

A los técnicos asesores se les proporcionó capacitación de inducción al MasAgro, enfocando en características, objetivo, metas y resultados que se deseaban alcanzar en el estado de Oaxaca.

El equipo Hub Pacífico Sur elaboró mapas de las zonas donde se ubicaban los posibles productores cooperantes señalados por los excolaboradores del gerente.

Los productores identificados fueron contactados en sus comunidades de origen para ponerlos al tanto de los antecedentes y objetivos de MasAgro e invitarlos a participar en el programa como productores cooperantes.

Con los productores que aceptaron el reto se dio paso a la instrumentación del Hub Pacífico Sur.

A partir de la gestión de estos vínculos se busca asegurar la producción de alimento de calidad sin detrimento del medio ambiente, y llevarlo al consumidor final, que en el caso del Hub Pacífico Sur puede ser la misma familia del productor o el mercado.

El gerente del Hub Pacífico Sur y los funcionarios que dirigen este nodo de innovación administran recursos que provienen de CIMMYT-SAGARPA y gestionan relaciones para integrar la red de colaboración y transferencia de tecnología.

El modelo establece la vinculación de distintas iniciativas tanto públicas como privadas, gubernamentales y de la sociedad civil, que persiguen el fin común de mejorar el medio ambiente a través de la implementación de acciones que fomentan la Agricultura de Conservación (AC).

Uno de los vínculos que sobresale en el Hub Pacífico Sur, es el que les relaciona con organizaciones de la sociedad civil, quienes contratan los técnicos que operan el modelo MasAgro en este *hub*, para con ello asegurar su continuidad en el programa. Son las organizaciones de la sociedad civil las que vinculan a MasAgro con técnicos locales y es MasAgro quien fortalece por medio de capacitación a los técnicos locales para poder atender a los productores que son representados y avalados por organizaciones sociales.

Algunas de estas organizaciones se encargan de las plataformas de desarrollo científico y tecnológico, avaladas y respaldadas por científicos investigadores; otras plataformas están lideradas por instancias dedicadas a la investigación y la docencia.

El capital humano es el principal elemento de éxito del Hub Pacífico Sur, ya que, con perfiles diversos se encarga de gestionar un sistema de innovación agrícola a través de la estructura de plataformas de investigación y módulos de innovación para promover la adaptación y adopción de tecnologías de la agricultura de conservación en áreas de extensión y de impacto. Esta estructura constituye un espacio para la gestión del conocimiento a través del intercambio de saberes tácitos y explícitos durante la reflexión que surge al analizar procesos involucrados en las prácticas culturales tradicionales y las que surgen de la investigación básica, en la operación de maquinaria y equipos pertinentes a las condiciones locales, y en la utilidad y aplicación de tecnologías de la información para conectar a los territorios.

Otro factor que ha definido el logro de impactos del Hub Pacífico Sur son las relaciones interinstitucionales, organizaciones de la sociedad civil junto a instancias académicas que han fungido como medio para la concreción de las propuestas de innovación.

El cabildeo y gestión para la coordinación de iniciativas requiere de actores comprometidos y con experiencia pero, sobre todo, con sensibilidad para identificar a los actores claves desde lo institucional hasta lo individual (productor). El equipo involucrado en el trabajo para lograr los avances es multidisciplinario, involucra a profesionales de las ciencias agrícola, pecuaria y social, atributo que le confiere una visión ampliada para abordar el análisis de las condiciones de realidad para la identificación e implementación de acciones. En estos análisis participan los productores involucrados en módulos y áreas de extensión, quienes representan al capital humano de las comunidades oaxaqueñas que conviven con la naturaleza y enfrentan la problemática socioeconómica que caracteriza a la pobreza.

#### FACTORES DE ÉXITO DE MASAGRO EN LOS NODOS DE INNOVACIÓN

El análisis de las experiencias en los nodos de innovación de MasAgro en Guanajuato y Oaxaca devela ciertos factores de éxito que deben considerarse para su replicabilidad en otros territorios:

- El modelo se centra en dos agentes de cambio: el productor como implementador y difusor, que participa activamente

en la planeación de su desarrollo; y el asesor técnico, un profesional altamente especializado y profesionalizado que cuenta con los conocimientos y herramientas científicas y tecnológicas al momento de realizar su labor, ya que no es una persona que sólo aprendió en el aula, sino que su formación como Técnico Certificado en Agricultura Sustentable se da en situación de trabajo fortaleciendo su capacidad de respuesta y agilidad en la toma de decisiones. Este agente de cambio tiene un enfoque integrado de la Agricultura de Conservación y Agricultura de Precisión que impacta favorablemente en la gestión de Sistemas Agrícolas Sustentables y Altamente Productivos.

- Una estrategia de desarrollo de capacidades que facilita desplegar en el territorio estatal el capital humano dotado de las capacidades tanto para detonar los procesos del modelo MasAgro que conllevan a la construcción de la infraestructura física del nodo de innovación o *hub*, con el consecuente desarrollo de la Red de Innovación para la mejora de las cadenas agroalimentarias a través de la agricultura de conservación, basado en diagnósticos de necesidades de capacitación y realizado por especialistas en la materia que fortalecen la estructura y aceleran los procesos. Técnicos Certificados en Agricultura Sustentable y las organizaciones de productores en Guanajuato son un ejemplo que antes de MasAgro trabajaban de manera individual y que en la actualidad se encuentran legalmente constituidos; son organizaciones profesionalizadas y cubren las necesidades contables, fiscales, financieras, técnicas y operativas demandadas por mercado.
- La voluntad política de gobiernos estatales, que a través de la correspondiente secretaría de gobierno y en alineación con los objetivos del plan estatal de desarrollo para el sector agroalimentario, posee capacidad y medios para establecer los acuerdos con el CIMMYT y canalizar los recursos económicos, humanos y de infraestructura para poner en marcha el modelo MasAgro en su territorio.
- Una estrategia de extensionismo insertada en el modelo CIMMYT que asegura la adaptación al marco de requisitos de

la oferta de programas públicos, privados o de la sociedad civil, que contemplan la contratación de técnicos dentro de sus objetivos medios, por lo que es factible lograr la conformación de la red de extensionistas asociada a MasAgro en otros territorios estatales.

- La existencia de una red de técnicos que posibilita procesos de transferencia de tecnología. MasAgro cuenta con un método de trabajo adecuado para lograr el desarrollo de una red adecuadamente articulada, generar sinergias y trabajo coordinado (CIMMYT, INIFAP, las universidades estatales, los institutos tecnológicos, los servicios auxiliares como los comités estatales de sanidad vegetal, las Fundaciones Produce, los centros de desarrollo tecnológico, los seguros agrícolas y/o pecuarios, los asesores técnicos y los prestadores de servicios; así como la iniciativa privada, a través de la industria, los fabricantes de equipo e insumos y las fuentes financieras), que aporta conocimiento científico y tecnológico para posibilitar procesos de transferencia de tecnología a partir del involucramiento real de la base de productores en ejercicios de diagnóstico de sus parcelas y de las condiciones agroecológicas regionales, para elaborar planes específicos de atención al suelo y los cultivos.
- La presencia en territorios estatales de instituciones de investigación que cuentan con investigadores dispuestos a establecer vínculos directos con la población que habita en el campo. De esta manera, es factible llevar la investigación al campo y al investigador, quien cuenta con seguridad laboral, como también protocolos de investigación en el marco de la Agricultura de Conservación, y sólo debe vincularse con los actores del nodo y organizarse para liderar una o más plataformas experimentales.
- La base de conocimientos que tenga la red de científicos y expertos en las cadenas a atender, representados por el CIMMYT, y las instituciones de investigación y académicas nacionales y estatales, como son el INIFAP, las universidades estatales, los institutos tecnológicos, organizaciones de la sociedad civil, los servicios auxiliares como los comités estatales de sanidad vegetal, las Fundaciones PRODUCE, los centros de desarrollo tecnológico, los seguros agrícolas y/o pecuarios, los asesores técnicos y los prestadores de servicios, así como la iniciativa privada a través de la industria, los fabricantes de equipo e insumos y las fuentes financieras.

- Empresas asentadas en los territorios que demandan determinadas calidades y atributos en los productos agrícolas, para satisfacer los estándares de calidad que solicitan sus clientes y que están dispuestas a realizar alianzas e inversiones encaminadas a satisfacer sus necesidades. MasAgro procura que los vínculos de estas empresas con los productores se lleven a cabo con transparencia y equidad para ambas partes, quienes en todo momento deben resguardar que las acciones que emprendan conjuntamente y tomarán en cuenta los principios de la agricultura de conservación.
- Un menú de tecnologías probadas para poner en marcha la agricultura de conservación. MasAgro cuenta con tecnologías factibles de ser adaptadas a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de los productores. Por lo tanto, el menú es flexible, adaptable a cada territorio con el soporte de las acciones de investigación y el de la relación que se establece con empresas, instituciones de educación, instituciones de investigación y desarrollo, gobiernos municipales, redes de empresas de servicios al campo (semilleras, maquinaria, equipo, insumos, financieros, otros) y otros que, por sus características y las del medio donde opere el modelo, sean necesarios de incorporar.
- La construcción de redes colaborativas al interior del nodo, que agilizan la toma de decisiones, la implementación de acciones, el logro de resultados y la difusión de los alcances. El impacto de esto radica en el crecimiento exponencial de adoptantes de las innovaciones, que pueden ser contabilizados a través de las áreas de impacto. En Guanajuato, por ejemplo, dentro de estas redes colaborativas se encuentran la red de semilleras constituida actualmente como AMSAC e integrada por 56 empresas, la alianza hecha con Sembradoras del Bajío, S.A. de C.V. para la prueba de equipos, la Impulsora Agrícola, S.A. de C.V., que realiza el desarrollo de proveedores de la industria cervecera con agricultura de precisión en donde convergen la red de asesores de los programas de fomento tecnológico de FIRA, que son capacitados por MasAgro Guanajuato en coordinación con el Centro de Desarrollo Tecnológico Villadiego en el manejo de sensores de rayos infrarrojos conocidos como GreenSeeker, que además de contribuir a que la cebada cumpla con los requisitos de la industria con menos del 12.5% de proteína, significa un ahorro económico cercano a los 1 000 pesos/ha en fer-

tilizantes, lo que también impacta en el ambiente al usar menos fertilizante nitrogenado.

- El impacto sobre la población objetivo vinculada a la producción de maíz, trigo y/o cereales básicos para la alimentación con un gran número de agentes productivos.
- La importancia de atender las demandas territoriales no sólo de la multiplicación de semillas de maíz y trigo, sino también de semillas de los cultivos alternativos, pues de ello depende que se puedan o no implementar los nuevos cultivos en escala comercial.

Además de los factores de éxito destacados, es importante señalar que la replicabilidad del modelo en otros territorios deberá tomar en cuenta:

- Los propósitos que se deseen alcanzar, así como a la población objetivo y las cadenas agroalimentarias, para de esta manera orientar el desarrollo de las redes colaborativas.
- Considerar el mercado de destino de los productos y servicios, los cuales deben tener demanda local, regional, nacional e incluso internacional.
- El soporte económico que respalda el trabajo de los técnicos y de los actores de la estructura del nodo es la base para la provisión de los recursos humanos, económicos, técnicos, científicos y de comunicación, quienes juegan un rol fundamental, pues a partir de ellos es que se pueden desarrollar las actividades requeridas con y para los productores.
- La proyección y consolidación de modelos de negocio que representen ingresos propios al proyecto y que en el mediano y largo plazo aseguren permanencia y autonomía en la toma de decisiones.

#### **FACTORES CLAVES PARA LOGRAR LA REPLICABILIDAD DEL MODELO EN OTRO PAÍS<sup>9</sup>**

##### **IDENTIFICACIÓN DE ACTORES PÚBLICOS Y PRIVADOS PARTICIPANTES**

El punto de partida para el éxito del modelo en otro país es la identificación de líderes públicos, privados y académicos. Liderazgo público con el fin de lograr un involucramiento importante y arropar el programa MasAgro con programas gubernamentales e incentivos. Liderazgo privado para asegurar su permanencia y

sostenibilidad. Líderes académicos y de investigación para desarrollar capacidades y generar procesos de investigación en la acción y acción en la investigación.

##### **VISIÓN DE LARGO PLAZO**

El desarrollo de la estrategia MasAgro a nivel nacional supone la convergencia de muchas funciones y actores con una visión de largo plazo. Dicha convergencia es posible planificando, gestionando y promoviendo programas de apoyo con visión de largo plazo y objetivos estratégicos que van más allá de coyunturas políticas y de cambios de gobierno.

En sus propósitos, objetivos, mecanismos, etc., se resume el rumbo, la directriz que MasAgro debe seguir, teniendo como objetivo final alcanzar los resultados esperados en términos de productividad y sustentabilidad, mismos que se traducen en soluciones a los grandes desafíos de seguridad alimentaria y cambio climático.

Al respecto, se recomienda un acuerdo de colaboración de 10 años entre el CIMMYT y el gobierno (encabezado por la Secretaría o Ministerio de Agricultura) para la aplicación de las 4 líneas de acción del programa MasAgro: MasAgro Biodiversidad, MasAgro Maíz, MasAgro Trigo y MasAgro Productor; así como la alineación de los programas relevantes a la implementación de MasAgro.

##### **FORTALEZA INSTITUCIONAL EN EL PAÍS**

La fortaleza institucional es clave para la replicabilidad del modelo en un país. Establecer mecanismos para que el MasAgro se instituya debe ser el resultado de un conjunto de acciones inscritas en el marco institucional del sector agroalimentario nacional, con una plataforma legal y legítima.

##### **ATENCIÓN A LA DEMANDA**

La investigación y las intervenciones de extensionismo deben dar respuesta a las demandas y retos que enfrentan los productores, considerando las particularidades de cada región agroecológica, los sistemas agrícolas y la escala de producción. Responder a las necesidades de los productores y encontrar soluciones a ellas para incrementar su productividad, competitividad, sustentabilidad y/o inclusión, es una garantía para lograr su participación activa en el programa y para la adopción de las tecnologías y las innovaciones.

#### TRABAJO COLABORATIVO EN REDES

La solución integral al problema de la productividad y la intensificación sustentable en el maíz y el trigo supone un trabajo intenso en la generación, manejo y uso del conocimiento desarrollado; por ello, el trabajo colaborativo debe ser en redes, privilegiando la sinergia y la cooperación entre los diferentes actores (red de innovación, técnicos, profesores, alumnos, integrantes de instituciones de gobierno, iniciativa privada y sociedad civil, investigadores de plataformas de investigación, entre otros), las diferentes disciplinas (red de formadores, red de proveedores de contenido en Plataforma Esoko, app MasAgro móvil) y especialidades científicas (redes de sitios de evaluación de nuevas variedades de maíz), redes técnicas (red de herreros, red de empresas de semillas) y experiencias de los participantes (dentro de la red de innovación).

#### APROPIACIÓN DE LA BITÁCORA MASAGRO

El principal sistema de captura, la Bitácora Electrónica MasAgro (BEM), es una herramienta de uso cotidiano entre los técnicos que brindan asistencia a productores. La BEM es utilizada para el seguimiento y monitoreo de las actividades que la red de colaboradores de MasAgro realiza en cada una de las parcelas (módulos, áreas de extensión e impacto), además de entregar información específica a cada productor. Los datos de cada parcela integrados entre sí, permiten la extracción de conocimiento para soportar las decisiones de las actividades en otros niveles del proyecto. La BEM facilita la participación y continuidad del trabajo de los técnicos y asegura el logro de resultados con los productores en los diferentes ciclos productivos.

#### APROPIACIÓN DE LA METODOLOGÍA: INVESTIGACIÓN EN LA ACCIÓN Y ACCIÓN EN LA INVESTIGACIÓN

Tanto la investigación como las acciones de extensionismo requeridas deben ser diseñadas, planeadas y/o ejecutadas con un alto nivel de participación de diferentes actores, a diferentes niveles, y promovidas a través de canales de retroalimentación constante.

Las tecnologías y prácticas agronómicas propuestas deben ser acordes con los sistemas productivos de cada región y tipo de productor.

Los productores aprenden principalmente de otros productores, y el mayor aprendizaje se genera a partir del intercambio de información y conocimientos entre ellos. La mejor forma de ga-

rantizar la validación y ajuste de nuevas tecnologías, así como de incrementar la velocidad de la difusión, es mediante la instalación de los módulos en las parcelas de los productores, que son reconocidos por ser fuente de información y de aprendizaje. La metodología integra desarrollo tecnológico, adaptación tecnológica y escalamiento en un mismo territorio.

#### PARTICIPACIÓN DE AUTORIDADES DE LOS DIFERENTES ÓRDENES DE GOBIERNO: FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL

Por tratarse de una estrategia nacional, la participación y articulación de los diferentes órdenes de gobierno –federal, estatal y municipal– es de vital importancia. Requiere del apoyo político y la alineación de programas tanto del gobierno nacional como de los gobiernos subnacionales. De esta manera, el programa impulsa la colaboración entre los distintos actores públicos y privados de los sistemas producto maíz, trigo y cultivos asociados, suma esfuerzo sin dar apoyos directos, y promueve la complementariedad de los programas dirigidos al campo.

#### RENDICIÓN DE CUENTAS

En la estrategia de MasAgro, son fundamentales los informes mensuales, trimestrales y anuales que el CIMMYT entregue a la Secretaría o Ministerio de Agricultura del país, sobre la aplicación de las actividades, las metas realizadas, los impactos logrados y los gastos ejercidos; de tal modo se resguarda la información comprobatoria y se cumple con las obligaciones establecidas en el país.

#### FLEXIBILIDAD PARA LA ADAPTACIÓN A LAS POLÍTICAS NACIONALES Y A LA REALIDAD LOCAL Y RESPETO A LA LÍNEA METODOLÓGICA DE SUSTENTABILIDAD Y DE ATENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

MaAgro es flexible y se adapta a las políticas nacionales y a la realidad local, a la vez que salvaguarda el principio de la sustentabilidad, la atención al cambio climático y el enfoque de protección y conservación de los recursos naturales (suelo y agua).

#### ENFOQUE TERRITORIAL.

Promover un enfoque territorial a través de los hubs o nodos de innovación en los que participan activamente los actores locales involucrados en la cadena agroalimentaria de una zona agroecológica, para establecer una interacción y la puesta en común de conocimientos, información, tecnologías, prácticas

agrícolas e instrumentos de política. Los productores tienen un papel fundamental para lograr los objetivos, siendo reconocidos como agentes activos del cambio y no como receptores pasivos de ayuda externa.

Los resultados alcanzados en México a través de la alianza SAGARPA-CIMMYT en materia de investigación genómica son una gran aportación al gran reto global del 2050 de la seguridad alimentaria, a través de dos alimentos básicos como el maíz y el trigo.

Asimismo, los logros de MasAgro y su metodología en relación a la vinculación de pequeños productores con mercados nuevos, el desarrollo de proveedores (maquinaria, semilla, etc), la investigación colaborativa, la generación de redes de innovación, el desarrollo de capacidades y el acompañamiento técnico son importantes para la replicabilidad en otros países.

Por último, es importante considerar en la replicabilidad del modelo, el análisis de las condiciones estructurales vinculadas a la fortaleza y consolidación del sistema nacional de innovación y del financiamiento posible con una visión de largo plazo (10 años). La investigación sobre genómica y en general la investigación básica son muy exigentes de condiciones institucionales propicias, financiamiento de largo plazo y de una masa crítica de científicos. En los países en donde no existan dichas condiciones la alianza con el CIMMYT y el CGIAR en Maíz y Trigo (a través de los CGIAR Research Program) es estratégica para aumentar la producción de dichos alimentos básicos.

#### PRINCIPALES APORTACIONES DEL MODELO AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

La evidencia relativa al cambio climático y sus impactos en el contexto global aportada por los investigadores, ha dado lugar a mecanismos de colaboración entre países para construir estrategias que enfocan sus objetivos a lograr la identificación de qué y cómo hacer en materia de prevención, mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático.

Los efectos del cambio climático tienen una alta incidencia en la agricultura, por lo que la base de productores dedicados al cultivo de básicos como el maíz y el trigo deben aprender y aplicar rápidamente nuevas formas de relación con sus parcelas para crecer en las capacidades que les permitan adaptarse, y

es en este rubro en el que el modelo MasAgro de CIMMYT promueve una agricultura climáticamente inteligente, con importantes aportaciones:

- Una metodología que conecta al conocimiento científico que surge de la investigación básica, con el conocimiento empírico de productores y técnicos. Esta amalgama conduce a la generación de semillas tolerantes a efectos del cambio climático y a plagas y enfermedades, así como de tecnologías y prácticas agronómicas sustentables que responden a las necesidades sentidas de la población y que son pertinentes con las condiciones de la realidad agroecológica y social de los territorios. Los resultados de MasAgro 2014 muestran que “los híbridos MasAgro resisten mejor los efectos del calentamiento global y los factores bióticos (mancha de asfalto), y superan 20%, en promedio, los rendimientos locales”.<sup>10</sup>
- Gisladottir y Stocking (2005)<sup>11</sup> señalan que “se ha demostrado que la degradación de la tierra está vinculada a la pérdida de biodiversidad y al cambio climático, en una relación de causa-efecto; que los efectos directos incluyen pérdidas en el carbono orgánico de la tierra, nutrientes, almacenamiento y regulación de agua subterránea y la biodiversidad subterránea”. El proceso de degradación de la tierra también se ve favorecido por las prácticas de la agricultura convencional (quema de residuos, mecanización del suelo, etc.) que “incrementan las emisiones de CO<sub>2</sub>, especialmente de materia en partículas y otros contaminantes”, tal como indican Galanter y otros (2000).<sup>12</sup>

Una alternativa para desacelerar el proceso de degradación del suelo es la Agricultura de Conservación (AC), que a decir de la FAO tiene como característica principal que, bajo formas específicas y continuadas de cultivo, la regeneración del suelo es más rápida que su degradación, de modo que la intensificación de la producción agrícola es económica, ecológica y socialmente sostenible.<sup>13</sup>

Las tecnologías MasAgro que provienen de la AC impactan de manera favorable en la reducción de la velocidad de los procesos de erosión hídrica y eólica. Estas tecnologías (cultivos de cobertura, conservación de rastrojo en el suelo, menor mecanización y movimiento del suelo, entre otras) favorecen la infiltración de agua

hacia los mantos acuíferos, la formación de suelo por el incremento de materia orgánica, con condiciones para el desarrollo de la microfauna benéfica que captura carbono. MasAgro ha desarrollado 26 prototipos de herramientas de AC y denota el impacto de las tecnologías a través del índice de adopción de las mismas, cuyo valor para 2014 fue determinado en 2.79 tecnologías por productor.<sup>14</sup>

- Las tecnologías para la elaboración de compostas que utilizan los desechos fisiológicos de ganado menor y mayor, también son de alta relevancia para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero como el metano. A esto debe agregarse la reducción en el consumo de combustibles fósiles para la movilización de fertilizantes químicos hacia las unidades de producción, que paulatinamente dejan de comprar este tipo de insumos.
- El nitrógeno en el suelo tiene un índice de asimilación muy bajo por los cultivos, ya que del total que se aplica al suelo y dependiendo del manejo y tipo de fertilizante aplicado, más del 50% (hasta 80%) se pierde en el suelo por la lixiviación. MasAgro promueve el uso de tecnologías como el sensor GreenSeeker, que diagnóstica la necesidad de nitrógeno y prácticas de la AC como los biofertilizantes que contribuyen a disminuir la dispersión de nitritos al ambiente y reducen la contaminación de cuerpos de agua por efecto de la lixiviación, a lo que se agrega el impacto económico por la reducción del gasto en la compra de fuentes de nitrógeno.<sup>15</sup>

Ortiz-Monasterio (2015), con base en el análisis del GreenSeeker en Sinaloa determinó que “en maíz la dosis de fertilización se puede reducir de 60 a 100 unidades de nitrógeno por hectárea... que en función de la superficie que se establece normalmente y el precio de la urea como principal fuente de nitrogenada, puede representar un ahorro de hasta mil pesos por hectárea. Y que en trigo se han logrado reducir las aplicaciones de nitrógeno entre 70 y 80 kg N/ha, sin reducir su rendimiento; esto se traduce en un ahorro de entre 600 y 1 200 pesos por hectárea, según el precio del fertilizante de cada año”.<sup>16</sup> MasAgro también hace evidente los aportes de las tecnologías de la AC a través del incremento del ingreso promedio de los agricultores: los de autoconsumo dedicados al maíz o btienen 31% más, y los del estrato intermedio 9% más; y para el caso de trigo la rentabilidad promedio es 25% mayor.<sup>17</sup>

- El manejo agroecológico de los cultivos que se logra con la agricultura de conservación impacta positivamente en la restauración de los ecosistemas y su biodiversidad, al favorecer el incremento de la población de insectos benéficos como las abejas para la polinización y de otros que son enemigos naturales de aquellos que son considerados plagas. Ejemplo de esto es la promoción del uso de feromonas sexuales para la captura de la fase adulta del gusano cogollero del maíz amarillo. Las parcelas experimentales para el trapeo de palomillas develan que aquellas parcelas que tienen más de dos ciclos aplicando tecnologías y prácticas de la AC que incluyen el uso de feromonas tienen mayor presencia de organismos benéficos como los hongos que atacan a los gusanos.<sup>18</sup>

Los efectos del cambio climático también impactan en la seguridad alimentaria ante la cada vez más frecuente presencia de largos periodos de lluvia, sequías prolongadas u otros fenómenos meteorológicos como tornados, trombas o huracanes, que afectan el desarrollo de los cultivos de subsistencia y de aquellos que aportan materias primas a las cadenas agroalimentarias. A esto debe agregarse el incremento de la población que demanda la producción de más alimentos. MasAgro también hace aportes para lograr la seguridad alimentaria:

- El mejoramiento de semillas criollas y las variedades generadas por la red de semilleras nacionales incide en el incremento de los rendimientos por unidad de superficie, en la reducción de costos por la compra de semilla y en el fortalecimiento del mercado local y nacional. En este último rubro, 56 compañías entre pequeñas y medianas empresas que forman la red MasAgro, indicaron una producción de 680 084 bolsas de semilla de maíz, de las cuales 96 295 bolsas corresponden a híbridos del CIMMYT obtenidos en el marco de MasAgro.<sup>19</sup>

Los aportes de MasAgro en el mejoramiento de semillas y generación de variedades se ven reflejados en los resultados reportados para 2014:<sup>20</sup>

- Semilla precomercial para sembrar 2 803 hectáreas de parcelas demostrativas.
- Semilla básica para producir híbridos para sembrar 2 millones de hectáreas.

- 2 millones de toneladas adicionales de maíz disponibles para los mexicanos.
- 40 000 toneladas adicionales de semilla híbrida de calidad.

- La rotación de cultivos promueve la diversificación de la dieta para una mejor disponibilidad de alimentos nutritivos, así como menor dependencia al ingreso que proviene de la venta de la producción que se obtiene del monocultivo.
- La adopción de la Bitácora Electrónica de Campo (BEM), que constituye un mecanismo de registro de información de forma periódica, con el tiempo genera una base de datos histórica, útil para el diseño de investigaciones y para la toma de decisiones de investigadores y productores que pueden planear su intervención en el corto, mediano y largo plazo. Para 2015, MasAgro ya contaba con 4 009 bitácoras registradas en la BEM.
- La inclusión de la base de productores en condiciones de pobreza y pobreza extrema en una estrategia que busca la democratización de la productividad para crear o mejorar los canales de acceso a semillas mejoradas por métodos convencionales, a tecnologías de punta e información de mercado que son imprescindibles en el diseño de alternativas tácticas para lograr la seguridad alimentaria. En 2014 MasAgro ya contaba con más de 200,000 productores vinculados a MasAgro, de los cuáles 21% eran mujeres.<sup>21</sup>
- Una estrategia de extensionismo que revaloriza el papel del Asesor técnico como el agente de cambio que gestiona de manera sistémica la innovación, a través de facilitar la interacción de los productores involucrados en MasAgro con los investigadores, los proveedores de insumos agrícolas, instituciones públicas, privadas y de la sociedad civil, así como con otros productores y agentes de extensión.
- Una estrategia de formación integral de asesores técnicos orientada a que desarrollen el conocimiento científico, tecnológico y didáctico necesario en la facilitación del desarrollo de las capacidades que requieren los productores para adoptar la agricultura de conservación y de precisión como medio que impacte favorablemente en la seguridad alimen-

taria, y con acciones de capacitación incluyentes de los saberes locales y por lo tanto, participativas. En 2015 MasAgro logró la certificación de 294 Técnicos y la conformación de una red de 43 formadores.

- La incorporación de un conjunto de tecnologías de la información diseñadas para MasAgro con el propósito de involucrar a los productores y otros actores de las cadenas agroalimentarias en una nueva forma de tomar de decisiones asertivas basadas en el análisis de información relevante y en tiempo real implicada en las actividades que llevan a cabo durante la producción, cosecha, manejo poscosecha y comercialización. Tecnologías que por su diseño son retroalimentadas con la experiencia de los actores desde el campo.
  - 3 436 usuarios activos de MasAgro Móvil.
  - 8 725 usuarios de las herramientas de toma de decisiones y acompañamiento técnico.
  - 11 300 personas siguen el programa en redes sociales.
  - 6 500 suscriptores de la Revista Enlace.
- La proveeduría de material didáctico impreso (150 mil materiales de información impresos y distribuidos) como estrategia de promoción de MasAgro y sus resultados, así como información de programas de fomento públicos y privados a través de la distribución gratuita de folletos, revistas, presentaciones electrónicas, infografías, trípticos, posters, etcétera.

Lograr que un país enfrente estrategias como MasAgro (especializada en maíz y trigo) en atención a los grandes desafíos del cambio climático y la seguridad alimentaria, con la participación de los diferentes actores que integran el sistema de innovación agroalimentario, exige un gran compromiso y voluntad política del gobierno y de aquellos que encabezan este esfuerzo en el ámbito nacional.

SAGARPA y CIMMYT han trabajado durante 50 años aliados para construir este modelo que hoy se presenta como un bien público internacional y una gran oportunidad para impulsar procesos de cooperación internacional en innovación agroalimentaria en los países de las Américas.

Dicha alianza expresada nacionalmente a través de MasAgro contribuye mediante la intervención de un conjunto de actores nacionales e internacionales en investigación, innovación y extensión a:

- Implementar, a través de instituciones públicas y privadas, procesos de innovación tecnológica, institucional y comercial orientados a incrementar la productividad y la competitividad de la agricultura, así como la producción de alimentos de calidad nutricional, específicamente del maíz y trigo
- Aumentar la capacidad de las instituciones públicas y privadas para fomentar e implementar medidas de adaptación de la agricultura al cambio climático
- Mejorar la eficacia y la eficiencia de los programas de seguridad alimentaria y nutricional

Por ello el IICA está decidido a apoyar la replicabilidad del modelo en las Américas, en conjunto con sus socios, con el fin de impulsar el desarrollo de dichas contribuciones y coadyuvar a las transformaciones esperadas en los países miembros: incremento de la calidad y cantidad de productos agrícolas, adopción y difusión de prácticas innovadoras, incorporación de principios y prácticas sostenibles de producción en las cadenas agrícolas; reducción de los niveles de vulnerabilidad y mejora en la calidad nutricional en el maíz y trigo.



## NOTAS

- 1 Fundación Gases de Occidente. s.f. Guía de Cooperación Internacional para el sector privado. Colombia. Disponible en: [http://www.gestrategica.org/guias/cooperacion/guia\\_cooperacion.pdf](http://www.gestrategica.org/guias/cooperacion/guia_cooperacion.pdf).
- 2 Deschamps y Escamilla. 2010. Hacia la Consolidación de un Sistema Mexicano de Innovación Agroalimentaria. IICA. México.
- 3 *Ibid.*
- 4 El término "gestor sistémico de innovación" ha sido desarrollado por Laurens Klerkx. Laurens, Klerkx. 2013. Red INNOVAGRO. Obtenido de [http://www.redinnovagro.in/documentosinnov/Enhancing\\_ag\\_innovation\\_capacity-brokers.pdf](http://www.redinnovagro.in/documentosinnov/Enhancing_ag_innovation_capacity-brokers.pdf).
- 5 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. "INIFAP 2004-2009: Evolución, Logros y Retos". Octubre 2009.
- 6 Claridades Agropecuarias, mayo 2013, pp. 13.
- 7 CONEVAL. 2012. Informe de pobreza y evaluación en el estado de Oaxaca, 2012. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México, D.F. Disponible en: [http://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes%20de%20pobreza%20y%20evaluación%202010-2012\\_Documentos/Informe%20de%20pobreza%20y%20evaluación%202012\\_Oaxaca.pdf](http://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes%20de%20pobreza%20y%20evaluación%202010-2012_Documentos/Informe%20de%20pobreza%20y%20evaluación%202012_Oaxaca.pdf).
- 8 Mata, G. M. G. 2014. Visión compartida y con resultados en Guanajuato. Revista Enlace, la revista de la agricultura de conservación. No. 25 [abril-mayo de 2015]. Distribución gratuita. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/boletin-ac>.
- 9 Entrevista al Dr. Bram Govaerts, representante regional de CIMMYT en América Latina, del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT. 20 de Agosto de 2016.
- 10 CIMMYT. 2015. Resultados MasAgro 2014. Enlace la revista de la agricultura de conservación. Año VI. No. 25. Abril-mayo/2015. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/revista-enlace>.
- 11 Citado en PNUMA, 2007. Perspectivas del medio ambiente mundial GEO 4 medio ambiente y desarrollo. Primera edición realizada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. ISBN: 978-92-807-2838-5 (Edición en tapa dura PNUMA DEW/0964/NA).
- 12 *Ibid.*
- 13 FAO. (2015). Agricultura de Conservación. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ca/es/1a.html>
- 14 CIMMYT. 2015. Resultados MasAgro 2014. Enlace la revista de la agricultura de conservación. Año VI. No. 25. Abril-mayo/2015. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/revista-enlace>.
- 15 Martínez, López, Ormeño, et al (2015). Manual teórico-práctico Los biofertilizantes y su uso en la Agricultura. Elaborado con el apoyo de SAGARPA-COFUPRO-UNAM. Disponible en: <http://www.bioenergeticos.gob.mx/wp-content/uploads/2015/06/Manual.-Los-biofertilizantes-y-su-uso-en-la-agricultura.pdf>.
- 16 Díaz, M. 2015. GreenSeekerTM: una herramienta que genera ahorros al productor. Enlace la revista de la agricultura de conservación. Año VI. No. 25. Abril-mayo/2015. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/revista-enlace>
- 17 CIMMYT. 2015. Resultados MasAgro 2014. Enlace la revista de la agricultura de conservación. Año VI. No. 25. Abril-mayo/2015. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/revista-enlace>.
- 18 Sánchez, R. E. 2016. Captura de Spodoptera frugiperda Smith (Lepidoptera: Noctuidae) con feromona sexual en Querétaro. Enlace la revista de la agricultura de conservación. Año VII. No. 31. Abril-mayo/2016. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/revista-enlace>.
- 19 CIMMYT. 2015. Resultados MasAgro 2014. Enlace la revista de la agricultura de conservación. Año VI. No. 25. Abril-mayo/2015. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/revista-enlace>.
- 20 *Ibid.*
- 21 *Ibid.*

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### PARTICIPACIÓN DEL INIFAP EN MASAGRO, 2010-2016

Desde los inicios del Programa MasAgro en el año 2011, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), es la Institución mexicana de investigación y transferencia de tecnología que ha participado con mayor intensidad en esta iniciativa de SAGARPA-CIMMYT. Su participación le ha permitido a MasAgro contar con una cobertura nacional en materia de Investigación, adaptación, validación y transferencia de tecnología. La participación del INIFAP está acordada y definida por medio de 223 proyectos que se han convenido con CIMMYT del 2011 al 2016.

En forma global, el CIMMYT ha apoyado con personal investigador y de apoyo, así como con su estructura directiva y administrativa. Podemos destacar la participación de cerca de 105 investigadores, de los cuales 55 % cuentan con doctorado y 38 % con maestría con amplia experiencia en los cultivos y temas estratégicos que atiende MasAgro, como son maíz, trigo, frijol, otros cultivos estratégicos para la seguridad alimentaria y los temas de agricultura de conservación, control de plagas, mejoramiento genético, producción de semillas mejoradas, caracterización fenotípica de germoplasma, aprovechamiento de la biodiversidad, biotecnología y genética molecular, biodiversidad y recursos genéticos, fertilización química y biofertilizantes, y modelos de transferencia de tecnología.

Asimismo, el INIFAP ha puesto a disposición de MasAgro sus campos y sitios experimentales con su infraestructura de terrenos para la investigación, invernaderos y laboratorios; en el programa participan de 22 campos experimentales y 6 subse-des de éstos, lo que le aporta una cobertura en 24 estados de la república mexicana en forma directa y a los 7 restantes en forma indirecta.

#### PARTICIPACIÓN DEL CIMMYT EN LOS COMPONENTES DEL PROGRAMA

El INIFAP participa activamente en todos los componentes del programa: MasAgro Biodiversidad, MasAgro Maíz, MasAgro Trigo y MasAgro Productor.

##### MASAGRO BIODIVERSIDAD

El componente estudia y caracteriza la diversidad genética del maíz y del trigo para aprovecharla en programas de mejoramiento convencional que desarrollan variedades de trigo e híbridos de maíz por métodos convencionales mejor adaptados a condiciones climáticas adversas, más resistentes a plagas y enfermedades y con mayor potencial de rendimiento.

De 2011 a la fecha se han convenido con CIMMYT 57 proyectos para este componente, que se orientaron a los temas de: a) en maíz con la caracterización molecular y fenotípica de germoplasma, así como la evaluación de líneas y mestizos con respecto a la mancha de asfalto, tolerancia a sequía y materiales para usos especiales del maíz; y b) en trigo con fenotipificación, pruebas de adaptación a ambientes contrastantes y tolerancia al carbón.

Durante varios años se logró apoyar por medio del CNRG al Laboratorio de Servicios de Análisis Genéticos para la Agricultura (SAGA), por medio de un convenio de cooperación entre el INIFAP, el CIMMYT y la empresa DART, siendo el primer laboratorio de análisis genéticos en Latinoamérica que emplea la metodología GBS para la caracterización genética de germoplasma de cultivos.

##### MASAGRO MAÍZ

Promueve el desarrollo sostenible de los productores de maíz, tanto de grano como de semillas, mediante el mejoramiento participativo de maíces nativos y el desarrollo de semilla híbrida mejorada por métodos convencionales. Los maíces mejorados de MasAgro se evalúan en colaboración con el sector semillero nacional que comercializa los materiales mejor adaptados en las principales regiones productivas del país.

Durante los 5 años y medio que ha durado MasAgro, se han convenido 47 proyectos para este componente, orientados a apoyar principalmente la producción de semillas y la obtención de híbridos, variedades y criollos mejorados de maíz blanco, amarillo, azul y pozolero para las regiones de Valles Altos, Bajío, Subtropicales, Trópico Seco y Trópico Húmedo. Los principales objetivos del mejoramiento genético fueron la tolerancia a la sequía, a la mancha de asfalto y al acame, alto rendimiento y buena calidad de grano. Se está avanzando en el aprovechamiento de herramientas genómicas para acelerar la ganancia genética de maíz.

Para catalizar el mejoramiento genético se aprovechó la experiencia de los genetistas y la base genética del INIFAP formada durante décadas por maíces nativos, criollos, germoplasma mejorado creado por el INIFAP y líneas desarrolladas por el CIMMYT.

##### MASAGRO TRIGO

Este componente desarrolla líneas de investigación fisiológica y genética complementarias para mejorar la estructura del trigo, aumentar su capacidad de adaptación climática y su resistencia a enfermedades, e incrementar su potencial de rendimiento en México y el mundo.

En el período que nos ocupa, se han convenido 6 proyectos de trigo orientados a aumentar el potencial de rendimiento en México y el incremento de semillas de variedades de reciente creación y de líneas para evaluarlas en principales regiones productoras de trigo. Es importante resaltar que desde la época del doctor Norman Ernest Borlaug ha existido una alianza permanente CIMMYT-INIFAP para la obtención de variedades de trigo, por lo que más de 95% de las variedades mejoradas de trigo que se usan en México son resultado de esta alianza y son registradas en el SNICS por el INIFAP. Asimismo, el INIFAP tiene una alianza en Sonora con el Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora, que produce la mayor parte de la semilla de variedades mejoradas de trigo que usan los agricultores del noroeste de México.

##### MASAGRO PRODUCTOR

Desarrolla una estrategia de intensificación sustentable de la producción de maíz, trigo y granos asociados mediante redes de innovación compuestas por plataformas de investigación, módulos demostrativos y áreas de extensión donde se evalúan, desarrollan y adaptan tecnologías y prácticas agronómicas sostenibles.

La tecnología y conocimientos generados por el INIFAP durante décadas en las diferentes regiones ecológicas del país para maíz, frijol, trigo, así como los de otros cultivos estratégicos que se aprovechan para la rotación y fomentar mejores opciones de producción, ha sido puesta a disposición de este componente. Otra aportación importante para MasAgro Productor lo constituye toda la información que en las últimas dos décadas el INIFAP ha generado del potencial productivo de cultivos estratégicos para el país, información que ha sido aprovechada para precisar las regiones agrícolas del México donde MasAgro pudiera tener mayor impacto.

Este es el componente con el mayor número de proyectos que ha convenido el INIFAP con el CIMMYT a la fecha, con un total de 113 proyectos que han fortalecido significativamente a MasAgro Productor. Los proyectos se orientan a apoyar la intensificación sustentable de la producción de maíz al generar, adaptar, validar y transferir tecnología, así como fortalecer la capacitación para la adopción de la agricultura de conservación, la rehabilitación de suelos degradados, el control de plagas prioritarias, el diagnóstico y aplicación de fertilizantes químicos y biofertilizantes, la rotación y asociación de cultivos, así como la validación y transferencia de tecnología de cultivos alternativos que constituyan mejores opciones de producción. Lo anterior le ha permitido a MasAgro, además de lograr impactos importantes en maíz y trigo (fortalezas del CIMMYT), ampliar su impacto a diez sistemas producto agrícolas prioritarios para la SAGARPA.

La mayoría de los proyectos y actividades mencionados con respecto a MasAgro Productor se llevan a cabo en los 12 hubs que tiene MasAgro en las diferentes regiones ecológicas del país.

ORGANIZACIONES DE PRODUCTORES		
Asociación de Organismos de Agricultores del Sur de Sonora A.C., AOASS	Productores Agrícolas y Pecuarios de la Mazateca Baja, S.C. de R.L. de C.V.	Productores Dobladores, Guanajuato
A.A. del Río Sinaloa Poniente A.C.	Productores de la Herradura de Penjamo SPR de RL, PRODHEPE	Itanoni, Oaxaca
AARFS A.C	Asociación de Productores Agremiados de Chiapas	CNC, Campesinos de América Unidos
Colectivo ISITAME A.C., ISITAME	Federación de Productores de Maíz del Estado de México	CONATRIGO
Unión de Productores Agrícolas y Pecuarios de Cotzocon, S.P.R. de R.L.	Asociación de Agricultores del Río Fuerte Sur, Sinaloa	SIS PROTRIGO
Unión Rural de Productores de Cuautempan y Tetela S.P.R. de R.L.	Grupo de Productores Innovadores Espinal de Morelos, Chiapas	
INSTITUCIONES DE EDUCACION		
Colegio de Postgraduados, COLPOS	Universidad Autónoma Metropolitana, UAM	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey
Universidad Autónoma Chapingo	Universidad de Guadalajara	Escuela De Estudios Agropecuarios Mezcalapa, Universidad Autónoma De Chiapas
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, UAAAN	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto Tecnológico de Comitán
Universidad Autónoma Chapingo / Centro Regional Universitario Sur - Oaxaca	El Colegio de la Frontera Norte	Instituto Tecnológico de Pinotepa
Universidad Autónoma de Baja California	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	Instituto Tecnológico de Roque
Universidad Autónoma de Chiapas	Instituto Politécnico Nacional	Instituto Tecnológico de Tlajomulco
Instituto Politécnico Nacional	Instituto Tecnológico de Sonora	Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH	Universidad Politécnica Francisco I Madero	Instituto Tecnológico de Valle de Oaxaca
Universidad Autónoma de Nayarit	Instituto Tecnológico de Monterrey ITESM	Instituto Tecnológico Superior de Huichapan
Universidad Autónoma de Sinaloa	Instituto Tecnológico Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N. 255
Universidad Autónoma de Yucatán, UADY	Universidad Tecnológica de la Selva	Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 79, CBTA No. 79
Universidad Autónoma del Estado de México, UAEM	Facultad de Ciencias Agrícolas, Xalapa - Universidad Veracruzana	

EMPRESAS		
AGRICULTURE PROJECTS DE'CHAGOG S.A. DE C.V.	Ingeniería y Consultoría Financiera del Sur Sureste, S.C.	CCC Cincinnati Seed
Agroalteña S.A de C.V.	Grupo CIT S.C.	Granos, Frutos y Semillas Baumar SPR
AGROBAL SERVICIOS, S.P.R. DE R.L.	Redinnovac S.C.	Granos y Semillas Kashgar SPR
Agrocime Consultants S.C.	Servicios de Atención Social, Agropecuarios, Salud e Ingeniería de Chiapas, S.C.	Warner International Seeds
Agroenlace Campeche S.A. de C.V.	Spiralis, S.A. de C.V.	Imperio del Campo SPR
Agroservicios Sustentables de Jalisco	Sustentabilidad Agropecuaria de Querétaro	Semillas IYADILPRO Y YA S.A.
Bioagricultura Sustentable del Valle S.C. de R.L. de C.V.	Tecnología Agropecuaria Aplicada al Campo S.C. de R.L. de C.V.	Semillas OCSO SPR
Castelo, Bosco y Asociados S.P.R. de R.L.	Servicios Integrales de Asesoría Externa Profesional S. R.L	Grupo Demeter S.A.de C.V./ Semillas Demeter
Agricultura Familiar y Agronegocios A.C.	SIDIMEX, Tecnologías de la Información S.A. de C.V.	Nutribest S.A. de C.V.
Agro Servicios Integrales para el Desarrollo Sostenible SC	Sipa Consultores Servicios Integrales Profesionales para Agronegocios S.C.	Semillas Azteca S.P.R. de R.L.
Alhóndiga Siglo XXI, SC.	Semillas Agroalteña, S.A.	Impulsora Agrícola
Asesores Empresariales Jiménez y Castelán S.C.	Grupo Hernández Montiel Asociados, SPR	CARDA
Asesoría y Promoción Agropecuaria AC	Híbridos Novasem, S.A.	Desarrollo de Empresas e Iniciativas Rurales S.C.
Consultores Especialistas Agomart S.C.	Semillas Rica S.A.	M.C. Ruben de la Piedra Constantino
Hidroponía Tecnificada de Tlaxcala S.P.R. de R.L.	Reproducción Genética Avanzada, S.A.	Masienda, USA
Grupo Hernández Montiel, S.P.R. de R.L.	Mexicana Industrial de Insumos Agropecuarios S.A.	Consejo Empresarial de la Industria del Maíz y sus derivados
Grupo Integrador Agrícola Pecuario Especialista en Innovación Tecnológica de Tlaxcala S.P.R de R.L	Agrícola El Caudillo, SPR	Servicios Integrales ISMYC S.A. de C.V.
Reproducción Genética Avanzada. S.A. DE C.V.	Semillas Barriga, SPR	
Productores de Semillas de Copandaro SPR de RL, PROSECOP	UNISEM S.A.	
Consultoría Financiera para el Desarrollo del Campo A.C.	Productora de Semillas Azteca SPR.	
Consultores Agropecuarios de Hidalgo, S.C.	Productora de Semillas Zarco SPR	
Consultores , Asesores y Servicios Especializados S.C.	BIDASEM Productora y Comercializadora de Semillas	

ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL		
Agencia Mexicana para el Desarrollo Sustentable en Laderas, S.C.	Fundación PIEAES de Sonora de México A.C.	Asociación Mexicana de Semilleros A.C.
Agencia de Desarrollo Rural de la Huasteca A.C.	Misión Integral para el Desarrollo en México, A.C., MIDEM	Servicio de Promoción Integral Comunitario Juvenil A.C.
Asociación para la Agricultura Sostenible en Base a Siembra Directa A.C., ASOSID	Red de Estudios para el Desarrollo Rural (RED AC)	Banco Mexicano de Alimentos
Fundación Produce Tlaxcala A.C	Alternativas de Divulgación A.C.	Coordinación Nacional de Fundaciones Produce
Consejo Poblano de Agricultura de Conservación A.C, COPAC	Fundación Mexicana para el Desarrollo Rural A.C.	Cámara de Comercio de Estados Unidos, AmCham
Fondo Para la Paz I.A.P.	Asociación Mexicana de Uniones de Crédito del Sector Social	Xochicentli A.C.
CNA	PIEAES	

CENTROS O INSTITUTOS DE INVESTIGACION NACIONALES		
Centro de Investigación en Matemáticas, México	Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, México	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Querétaro, México	FERTILAB México	Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)
Centro Nacional de Recursos Genéticos, México	Centro de Investigación Científica de Yucatán, México.	
Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México, México	Instituto Nacional de Investigación Forestal y Agropecuaria (INIFAP)	

SECTOR PUBLICO		
SAGARPA	SNICS	SNITT
FIRA	SIAP	

NIVELES DE GOBIERNO		
NACIONAL	ESTATAL	MUNICIPAL

EMPRESAS GLOBALES		
PIONEER Hi-Bred International, México	Kellogg's	ABINBEV
PEPSICO	Pioneer	AMSAC
IOZMAH	Dow Agrosciences	BIMBO
Gruma	BASF	
Syngenta	John Deere	

CENTROS DE INVESTIGACION INTERNACIONALES		
International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Sia	International Plan Nutrition Institute	Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR)
Diversity Arrays Technology Pty Ltd, DART	Instituto Nacional de Innovación Agraria, INIA	Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional (ACIAR)
James Hutton Institute, Reino Unido	The John Innes Centre, Reino Unido.	

UNIVERSIDADES EXTRANJERAS		
Australian National University	Cornell University, USA	Govind Ballabh Pant University Of Agriculture and Technology
Universidad Austral de Chile	East Anglia Univesity	Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Slovenia
University of Cambridge	Texas A&M University	University of Wisconsin Madison
University of East Anglia	The Australian National University	
University of Nottingham	South Dakota State University	

EMPRESAS INTERNACIONALES		
The Context Network	ADAS, Reino Unido	

ORGANISMOS INTERNACIONALES		
IICA	IICA	World Bank
BID	FAO	

PATROCINADORES		
Agencia Internacional de los Estados Unidos para el Desarrollo (USAID)	Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional (ACIAR)	Agencia Alemana para la Cooperación Internacional, GIZ
Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR)	Programa Harvest Plus Challenge	Fundación Carlos Slim
Fundación Bill y Melinda Gates	Universidad de Cornell (USA)	
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (México)	Departamento de Asuntos Exteriores para el Comercio y el Desarrollo (Canadá)	

## LITERATURA CITADA

- Banco Mundial. [datos.bancomundial.org/indicador/AG.yld.crel.kg](http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.yld.crel.kg)
- Bourlang y Downell. La Inacabada Revolución Verde. El Futuro Rol de la Ciencia y la Tecnología en la Alimentación del Mundo en Desarrollo. <http://www.agbioworld.org/biotech-info/articles/spanish/desarrollo.html>
- CIMMYT. 2016. TTF-MEX-PPP Reporte Final Foro orientado al intercambio entre productores y mercados
- CIMMYT. 2008. México y el CIMMYT.
- CIMMYT. 2015. Resultados MasAgro 2014. Enlace la revista de la agricultura de conservación. Año VI. No. 25. Abril-mayo/2015. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/revista-enlace>.
- CIMMYT. Revista Enlace 17. Diciembre 2013.
- CIMMYT. Informe MasAgro 2011-2012.
- CIMMYT. Revista Enlace N° 30. Febrero-marzo 2016.
- CIMMYT. Silva. Arturo. Reporte Final 2015.
- CIMMYT. Chessaigne-Donnet. Reporte Final 2015.
- CIMMYT. Gardezabal. Andrea. Reporte Final 2015.
- CIMMYT. Hearne.Sara. Reporte Final 2015.
- CIMMYT. López-Saavedra. Reporte Final 2015.
- CIMMYT. Presentación Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional. Transformación e impactos. Marzo 2016.
- CIMMYT. Programa de Socioeconomía. TTF-MEX-SEP Informe sobre documentación y revisión del proceso de implementación e los nodos de innovación (**Hubs**) 2015/12/21.
- CIMMYT. Ramirez. Gerardo. Reporte Final 2015.
- CIMMYT. Reporte Anual 2013.
- CIMMYT. Reporte Anual 2014.
- CIMMYT. Reporte Anual 2015.
- CIMMYT. Resumen 2015 metas, actividades, resultados e impactos de MasAgro.
- CIMMYT. Revista Enlace N° 17. Diciembre 2013.
- CIMMYT. Revista Enlace N°23. Diciembre 2014-enero 2015.
- CIMMYT. Revista Enlace N°26. Junio-julio 2015.
- CIMMYT. Rodríguez. Horacio. Reporte Final 2015.
- CIMMYT. Rodríguez. Karla. Reporte Final 2015.
- CIMMYT. Van-Loon. Reporte Final 2015.
- CIMMYT. Vega. Daniela. Reporte Final 2015.
- Claridades Agropecuarias. Mayo 2013. pp. 13.
- Cline. William. 2008. Calentamiento global y agricultura.
- CONEVAL. 2012. Informe de pobreza y evaluación en el estado de Oaxaca, 2012. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México, D.F. Disponible en: [www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes%20de%20pobreza%20y%20evaluación%202010-2012\\_Documentos/Informe%20de%20pobreza%20y%20evaluación%202012\\_Oaxaca.pdf](http://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes%20de%20pobreza%20y%20evaluación%202010-2012_Documentos/Informe%20de%20pobreza%20y%20evaluación%202012_Oaxaca.pdf)
- Cortéz, M. A. 2016. Uso de feromonas sexuales para la captura de adulto de gusano cogollero en plataforma. Enlace la revista de la agricultura de conservación. Año VII. No. 31. Abril-mayo/2016. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/revista-enlace>. Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). 18 agosto 2016. Disponible en: <https://www.produccionmundialmaiz.com/default.asp>.
- Deschamps y Escamilla. 2010. Hacia la Consolidación de un Sistema Mexicano de Innovación Agroalimentaria. IICA México.
- Devon. UK. Met Office. pp. 149. Disponible en: <http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/c/6/Mexico.pdf>
- Diario Oficial. Febrero 2016. Disponible en: [dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5424267&fecha=03/02/2016](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5424267&fecha=03/02/2016)
- Díaz, M. 2015. GreenSeekerTM: una herramienta que genera ahorros al productor. Enlace la revista de la agricultura de conservación. Año VI. No. 25. Abril-mayo/2015. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/revista-enlace>.
- Energy Information Administration. 2012. Biofuels Issues and Trends. Disponible en: <http://www.eia.gov/biofuels/issues-trends/pdf/bit.pdf>
- FAO. 2015. Agricultura de Conservación. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ca/es/1a.html>.
- FAO, FIDA y OMA. 2015. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos. Roma. FAO.
- FAO. Perspectivas alimentarias. Resúmenes de mercado. Junio 2016.
- FAO. 2016. Informe de la 34ª Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (Ciudad de México, México, del 29 de febrero al 3 de marzo de 2016). Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-mq197s.pdf>.
- FAO. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050.
- FAO. s.f. Manual de Agricultura de Conservación. Instituto de Suelos del INAG de Cuba. Disponible en [http://www.fao.org/ag/ca/training\\_materials/cuba\\_manual\\_ac.pdf](http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cuba_manual_ac.pdf).
- FAO. The impact of natural hazards and disasters on agriculture and food security and nutrition a call for action to build resilient livelihoods. Actualizado mayo 2015.
- FAO- SAGARPA. México: El Sector Agropecuario ante el desafío climático.
- Fundación Gases de Occidente. (s.f). Guía de Cooperación internacional para el sector privado. Colombia. Disponible en: [http://www.gestrategica.org/guias/cooperacion/guia\\_cooperacion.pdf](http://www.gestrategica.org/guias/cooperacion/guia_cooperacion.pdf)
- Govaerts, B. 2013. Impacto de MasAgro como un modelo hacia la agricultura sustentable. Ponencia en el 8º Simposium Internacional de Trigo; Mazatlán (Mexico). 22-24 Ago./2013. Disponible en <http://es.slideshare.net/CIMMYT/mazatlan-bram-govaerts>.
- Government Office for Science (2011). Foresight.Future of food and farming summary. UK government.
- Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (GCMA). Revista Panorama agropecuario. Mayo 2016.
- <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/hubs/1836-las-tecnologias-poscosecha-que-promueve-masagro>
- <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/hubs/1905-australia-pais-innovador-por-naturaleza>
- [http://sigi.inifap.gob.mx/INIFAP/paginaweb/DetalleNoticia1.aspx?\\_noticia=1380](http://sigi.inifap.gob.mx/INIFAP/paginaweb/DetalleNoticia1.aspx?_noticia=1380)
- <http://www.fao.org/human-right-to-food/es/>
- [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/39173/Acuerdo\\_de\\_Par\\_s.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/39173/Acuerdo_de_Par_s.pdf)
- [http://www.redinnovagro.in/documentosinnov/Enhancing\\_ag\\_innovation\\_capacity-brokers.pdf](http://www.redinnovagro.in/documentosinnov/Enhancing_ag_innovation_capacity-brokers.pdf)
- <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/estudios-promercado/granos.pdf>
- <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B313.aspx>
- <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B732.aspx>
- [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama\\_Agroalimentario\\_Ma\\_z\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2015.pdf)
- [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99098/Panorama\\_Agroalimentario\\_Trigo\\_\\_2014.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99098/Panorama_Agroalimentario_Trigo__2014.pdf)
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP 2004-2009: Evolución, Logros y Retos. Octubre 2009.
- IPCC APRS. Synthesis Report. Citado por Mannava Sivakumar en Seminario Internacional “La Innovación en la Transición hacia un Modelo de Desarrollo Agroalimentario más Sustentable”.
- Jiménez, G. B. 2016. Feromonas sexuales para el monitoreo de gusano cogollero en maíz Chiapas. Enlace la revista de la agricultura de conservación. Año VII. No. 31. Abril-mayo/2016. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/revista-enlace>.
- Mannava Sivakumar 2016. Seminario Internacional “La Innovación en la Transición hacia un Modelo de Desarrollo Agroalimentario más Sustentable”.
- Martínez, López, Ormeño, et al. 2015. Manual teórico-práctico. Los biofertilizantes y su uso en la Agricultura. Elaborado con el apoyo de SAGARPA-COFUPRO-UNAM. Disponible en: <http://www.bioenergeticos.gob.mx/wp-content/uploads/2015/06/Manual.-Los-biofertilizantes-y-su-uso-en-la-agricultura.pdf>.
- MasAgro. Disponible en: <http://gismap.ciat.org/egiron/MasAgroTTF/v1/>
- Mata, G. M. G. 2014. Visión compartida y con resultados en Guanajuato. Revista Enlace la revista de la agricultura de conservación. No. 25 [abril-mayo de 2015]. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/boletin-ac>
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico, Fr). 2013. Agriculture Innovation Systems a framework for analysing the role of government.Fr. Citado en IICA Plan de Mediano Plazo 2014-2018.
- ONU. World population prospects. Key findings and advance tables. Revisión 2015.
- PECC 2014-2018, DOF. 28 Abril de 2014.
- Plan de Acción de la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial. Noviembre de 1996.
- PNUMA. 2007. Perspectivas del medio ambiente mundial GEO 4 medio ambiente y desarrollo. Primera edición realizada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. ISBN: 978-92-807-2838-5 (Edición en tapa dura PNUMA) DEW/0964/NA.
- Presentación Bram Govaerts al Consejo Mexicano para el Desarrollo Rural Sustentable. 16 de marzo de 2016.
- Presentación Flavio Aragón Cuevas, del INIFAP a SAGARPA. “Maíces Nativos de Oaxaca”. 6 de septiembre 2011.
- Raúl Urteaga, Coordinador de Relaciones Internacionales de SAGARPA. Presentación ppt en el “Taller Hacia la Construcción de una Agenda de Cambio Climático centrada en la Producción Agroalimentaria”. Junio 2016.
- Reynold. 2009. Informe anual CIMMYT 2009.
- SAGARPA. Perspectivas de largo plazo para el Sector Agropecuario. 2011-2020.
- SAGARPA. 2016. Atlas Molecular del Maíz.
- SAGARPA. 2016. MasAgro Productor, un novedosos y eficaz esquema de extensionismo en el campo mexicano.
- SAGARPA. Tercera Reunión Ministerial de Seguridad Alimentaria del Mecanismo de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC). 24 de septiembre 2014.

## SIGLAS

Sánchez, R. E. 2016. Captura de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) con feromona sexual en Querétaro. Enlace la revista de la agricultura de conservación. Año VII. No. 31. Abril-mayo/2016. Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/revista-enlace>.

SEMARNAT. 2009. Consecuencias sociales del cambio climático en México. Análisis y propuestas. México.

SIAP-SAGARPA. 2015. Disponible en: <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>

The World Food Prize. Disponible en: <http://www.worldfoodprize.org/index.cfm/24667/32676>. 12 agosto 2016. <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/eventos/1392-el-servicio-de-informacion-agricola-masagro-movil-caso-de-exito-de-mexico-en-el-mas-reciente-informe-del-bid>

UK Met Office. 2011. Climate: Observations, projections and impacts. Summary factsheet Mexico. Verhulst et al., 2011V. Citado por Bram Govaerts en el Primer Foro de adaptación al cambio climático, del 18 al 20 de abril de 2016.

United Nations. 12 diciembre 2015.

[www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org). 16 de agosto 2016.

[www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org). 31 de agosto 2016.

AC  
Agricultura de Conservación  
ACIAR  
Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional  
ADN  
Ácido dexosirribonucleico  
AFA  
Agricultura Familiar y Agronegocios  
AMDSL  
Agencia Mexicana para el Desarrollo Sustentable en Laderas S.C.  
AMSAC  
Asociación Mexicana de Semilleras A.C.  
APEC  
Mecanismo de Cooperación Económica Asia-Pacífico  
ASOSID  
Asociación para la Agricultura Sostenible en Base a Siembra Directa A.C.  
BBSRC  
Biotecnología y Ciencias Biológicas de Investigación  
BEM  
Bitácora Electrónica MasAgro  
BUAP  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
CAC  
Consejo Agropecuario Centroamericano  
CC  
Cambio Climático  
CDT Villadiego  
Centro de Desarrollo Tecnológico Villadiego (FIRA)  
CESAVEG  
Comité Estatal de Sanidad Vegetal  
CGIAR  
Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional  
CICC  
Comisión Intersecretarial de Cambio Climático  
CIESTAAM  
Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial  
CIMCOG  
Red de Evaluación de Germoplasma Principal del CIMMYT México

CIMMYT  
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo  
CINVESTAV  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN  
CMDA  
Complejo Mancha de Asfalto  
CMNUCC  
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático  
CNRG  
Centro Nacional de Recursos Genéticos  
COFUPRO  
Coordinadora Nacional de las Fundaciones PRODUCE  
COLPOS  
Colegio de Postgraduados  
CCOMUNDOS  
Compartiendo el Conocimiento de Dos Mundos AC  
CONACYT  
Consejo Nacional de Ciencia y tecnología  
CONAGUA  
Comisión Nacional del Agua  
CONEVAL  
Consejo Nacional de la Evaluación de la Política Social  
CRP TRIGO  
Planificación de Recursos Trigo (programa del CGIAR)  
CRUS  
Centro Regional Universitario Sur-Oaxaca Universidad Autónoma Chapingo  
CTL  
Centro para la Promoción de Capacidades Técnicas y Liderazgo  
DaRT  
Diversity Arrays Technologies (empresa australiana)  
DH  
Dobles Haploides  
DICIVA  
División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato  
DITA  
Dirección de Innovación Tecnológica y Agrícola  
DR 011  
Distrito de Riego 011  
DTMA  
Programa Maíz tolerante a sequía para África

ENCC  
Estrategia Nacional de Cambio Climático  
F  
Fósforo  
FAO  
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura  
FPP  
Fondo para la Paz  
FIRA  
Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura  
FIRCO  
Fideicomiso de Riesgo Compartido  
FONTAGRO  
Mecanismo Único de Cooperación que promueve la Innovación de la Agricultura Familiar  
FORAGRO  
Foro de las Américas para la Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario  
G20  
Grupo de los 20  
GBS  
Genotipificación por Secuenciación  
GCDDT  
Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Industria  
GEI  
Gases de Efecto Invernadero  
GIP  
Grupo Interinstitucional de Poscosecha  
GIZ  
Agencia Alemana para la Cooperación Internacional  
Hplus  
Iniciativa Harvest Plus del CIMMYT  
IBI  
Integradora de Básicos del Istmo  
ICAFSE  
Ingeniería y Consultoría Financiera del Sur Sureste S.C.  
ICAMEX  
Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuicola y Forestal del Estado de México  
ICARDA  
Centro Internacional de Investigación Agrícola en Zonas Áridas

IICA  
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura  
IITA  
Instituto Internacional de Agricultura Tropical  
INIFAP  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
INOVAGRO  
Red de Gestión de la Innovación en el Sector Agroalimentario  
IPN  
Instituto Politécnico Nacional  
ITESM  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey  
ITP  
Instituto Tecnológico de Pinotepa  
ITVO  
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca  
IT Roque  
Instituto Tecnológico de Roque  
JIA  
Junta Interamericana de Agricultura  
JICA  
Agencia de Cooperación Internacional de Japón  
MasAgro  
Modernización Sustentable de la Agricultura  
MEXPLAT  
Plataforma Mexicana de Fenotipeado  
N  
Nitrógeno  
OCDE  
Organización de Cooperación y Desarrollo Económico  
OEE  
Oficina de Estudios Especiales  
ONG  
Organizaciones de la sociedad civil  
OMC  
Organización Mundial de Comercio  
PAPMB  
Productores Agrícolas y Pecuarios de la Mixteca Baja  
PDA  
Patronato para el Desarrollo Agropecuario

PECC  
Programa Especial de Cambio Climático  
PepsiCo  
Empresa multinacional de bebidas  
PH  
Potencial Hidrógeno  
PIDESC  
Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales  
QPM  
Maíz con mayor calidad proteica  
Red Gtd  
Red Gestión Territorial para el Desarrollo Rural  
RED DITA/MasAgro  
Red de Extensionismo de Asesores Técnicos  
RELASER  
Red Latinoamericana de Extensionismo Rural  
SAGA  
Servicio de Análisis Genético para la Agricultura  
SAGARPA  
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación  
SDAyR  
Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural de Guanajuato.  
SEDAFPA  
Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal, Pesca y Acuicultura  
SIAP  
Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera  
SIG  
Sistema de Información Geográfico  
SYNGENTA  
Compañía productora de insumos agrícolas  
TIMS  
TIMS Sembradoras  
Ton  
Toneladas  
UAAAN  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
UACH  
Universidad Autónoma Chapingo  
UAEM  
Universidad Autónoma del Estado de México

UdG  
Universidad de Guadalajara  
UN  
Unidad Nitrogeno  
UNAM  
Universidad Nacional Autónoma de México  
UPAPC  
Unión de Productores Agrícolas y Pecuarios del Cotzocon SPR de RL  
UPFIM  
Universidad Politécnica Francisco I. Madero  
USAID  
Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional  
WYC  
Consorcio para Aumentar el Rendimiento del Trigo  
SNICS  
Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas  
LANGEBIO  
Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad