

Resumen 2017 de las metas y actividades realizadas, resultados alcanzados e impactos logrados

Programa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional, MasAgro

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT,

1. MasAgro Productor

Desarrollo Sustentable Con El Productor

i Objetivo: Buscar 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

Meta 1.1 Actores de la cadena productiva de las zonas agroecológicas clave orientadas a los sistemas de maíz, trigo y cultivos asociados innovando, co-desarrollando, adaptando, difundiendo y adoptando soluciones MasAgro en sus respectivas áreas de influencia.

Resumen de resultados – meta 1.1	
Número de plataformas experimentales	38
Número de módulos demostrativos	857 en hubs en operación y 64 en hubs en desarrollo
Número de áreas de extensión	3,558
Número de estados en el área de influencia de los nodos de innovación	30
Eventos para la integración de productores al modelo de intensificación sustentable	445 eventos
Número de productores integrados al modelo de intensificación sustentable	9,969 productores

Meta 1.2 Diseño, co-desarrollo, consolidación, validación y/o mejora continua de prototipos, instrumentos y herramientas de toma de decisión, acompañamiento técnico y divulgación a disposición de los actores de la cadena productiva de maíz, trigo y cultivos asociados

Resumen de resultados – meta 1.2	
Número de nuevos diseños conceptuales de prototipos de maquinaria	14 bosquejos de diseños conceptuales
Ampliación de la red de herreros	3 nuevos integrantes a la red de herreros
Número total de prototipos construidos con la red de herreros	14 equipos construidos
Fichas técnicas relativas a funcionalidades y características principales de prototipos e implementos	16 nuevas fichas técnicas
Planos de construcción de ensambles o componentes específicos	17 planos de construcción estandarizados
Puntos de maquinaria	20
Evaluaciones agrotécnicas	6 evaluaciones agrotécnicas
Herramientas de captura de información	Bitácora Electrónica MasAgro, Sistema OTRS, Formstack y GeoODK
Usuarios atendidos través de las herramientas de toma de decisión y acompañamiento técnico	705 usuarios atendidos en la BEM 45,121 mensajes enviados a través de MasAgro Móvil 392 Reportes registrados a través de la herramienta de GeoODK
Número de bitácoras registradas en la BEM	879 de módulos y 3,187 de áreas de extensión, ocupando una superficie de más de 11,000 has.
Número de categorías de materiales impresos y electrónicos producidos	9
Número de materiales audiovisuales creados	29
Número de usuarios en redes sociales	Más de 2,000 suscriptores en Youtube; más de 5,000 seguidores en Twitter y un impacto en Facebook de 1.8 millones de usuarios.
Número de campañas realizadas en 2017	4
Número de suscriptores al boletín semanal de noticias	Más de 10,000 suscriptores

Meta 1.3: Actores clave de la cadena productiva de los sistemas de producción de maíz, trigo y cultivos asociados desarrollan capacidades y se certifican sus competencias.

Resumen de resultados – meta 1.3	
Número de entrenamientos en temas específicos	83
Número de técnicos capacitados en temas específicos	2,033
Formadores MasAgro	25
Asistencia técnica brindada por formadores MasAgro	2,174 actores clave participando en el proceso formativo coordinado por los Formadores
Número de técnicos que participaron en 2017 en la formación de los cursos de <i>Técnico Certificado en Agricultura Sustentable</i>	103
Número de Técnicos Certificados graduados en 2017	40
Número de Técnicos Certificados graduados (acumulado 2011-2017)	354
Cursos de actualización a Técnicos Certificados	11
Técnicos certificados graduados que asistieron a las capacitaciones impartidas	87

Meta 1.4: Científicos y técnicos de la cadena desarrollan y evalúan tecnologías sustentables para optimizar la gestión de los recursos naturales, insumos productivos y la eficiencia en el manejo de los sistemas de producción de maíz, trigo y cultivos asociados

Resumen de resultados – meta 1.4	
Número de plataformas donde se realizaron análisis de rentabilidad	15
Número de experimentos de componentes de tecnología en condiciones de riego	3
Número de experimentos de componentes de tecnología en condiciones de temporal	3
Publicaciones científicas en revistas internacionales con comité	4
Reportes resumiendo resultados de investigación	5
Artículos resumiendo resultados para el público en general	1 libro
Experimentos de calibración del uso de sensores ópticos para el manejo de nitrógeno establecidos	19
Experimentos de validación del uso de sensores ópticos o	10

franja rica establecidos	
Experimentos de contribución a la remediación de suelos ácidos	10
Experimentos de diferentes herramientas para la obtención de valores NDVI	12
Experimentos de generación de opciones de manejo de fertilidad	6
Experimentos de calibración y generación de nuevas áreas de operación de la herramienta GreenSat	12
Número de plataformas poscosecha	8
Categorías de tecnologías de almacenamiento hermético evaluadas	7 tratamientos

2. MasAgro Maíz

Estrategia Internacional para Aumentar el Rendimiento del Maíz



Objetivo: Busca rendimientos más altos a través de investigación colaborativa en material genético y tecnología disponibles para el desarrollo de híbridos con potencial de rendimiento y estabilidad dirigido al sector semillero nacional, y mejoramiento participativo de maíces nativos.

Meta 2.1 Los productores de autoconsumo participan en el mejoramiento de sus maíces nativos utilizando mejores prácticas para incrementar su productividad con el acompañamiento de MasAgro.

Mejoramiento participativo de maíces nativos:

- Se establecieron 17 ensayos de mejoramiento genético o agronómico, 16 viveros (mejoramiento genético o incremento de maíces nativos) y tres parcelas de manejo integral de fertilidad de suelos como parte del proyecto de mejoramiento participativo de maíces nativos en trece localidades de 11 municipios oaxaqueños, además de dos viveros de incremento-mejoramiento en Celaya, Guanajuato y Texcoco, Estado de México.
- Se impartieron 35 eventos de capacitación en los que participaron 407 productores (32% son mujeres) de 61 comunidades oaxaqueñas, además de 47 técnicos y 64 estudiantes.

Meta 2.2 Fomento de un sector semillero nacional de maíz organizado y fortalecido, potenciando la producción de semilla mejorada de alta calidad.

Competitividad del sector semillero:

- Se destaca que, en 2016, las empresas semilleras del consorcio MasAgro aumentaron su participación en el mercado de semillas 6% respecto al 2011, mientras que el de las multinacionales disminuyó de 75 a 68%.
- El desarrollo de nuevos híbridos MasAgro, aunado al crecimiento de sector semillero en los últimos seis años (32%), impulsaron un aumento en la disponibilidad de semillas en 1 millón de bolsas y la oferta de nuevos productos que anteriormente no se encontraban en el mercado también se incrementó.
- De las 1.1 millones de bolsas vendidas en 2017 por el consorcio MasAgro, 49.7% contienen germoplasma de CIMMYT.
- En 2017, más de 30 pequeñas y medianas empresas nacionales produjeron los nuevos híbridos MasAgro y los vendieron en 24 estados, 118 regiones y 398 municipios del país, principalmente del sureste y Valles Altos.
- Los nuevos híbridos se comercializaron bajo 147 nombres comerciales, incluidos 46 híbridos y cinco variedades.
- Por añadidura, y utilizando diversos criterios de producción, tipo de productores y macroambientes de maíz, se propusieron 26 zonas distribuidas en ocho estados como zonas de mayor impacto (*zonas quick win*): Chiapas (4), Veracruz (5), Campeche (2), Jalisco (2), Michoacán (3), Guanajuato (2), Guerrero (4) y Oaxaca (4).

Tecnología de producción, manejo agronómico, caracterización, producción, distribución, y calidad de semilla y grano de híbridos MasAgro:

- Las fichas técnicas, o tecnología de producción, de 16 híbridos MasAgro se pusieron a disposición de las compañías semilleras participantes.
- Se establecieron 30 ensayos de tecnología de producción de semilla que permitirán a los colaboradores complementar información técnica para la producción de semillas MasAgro (ensayos en Puerto Vallarta, Jalisco; Ixtlahuacán, Jalisco; San Lorenzo Cacaotepec, Oaxaca; Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca; Celaya, Guanajuato; Venustiano Carranza, Puebla; y Texcoco, Estado de México).
- Las sinergias logradas entre MasAgro-Maíz, MasAgro-Productor y la Red de Semilleros MasAgro permitieron superar los objetivos establecidos y maximizar el uso de recursos, por ello se logró desplegar una red de manejo agronómico de 10 híbridos CIMMYT-MasAgro en ocho localidades y ofrecer al agricultor información que le permita explotar el potencial de rendimiento de los híbridos MasAgro, por medio de un manejo agronómico ajustado a las condiciones de su región (ensayos de fechas de siembra y densidades).
- Se logró la producción de 11,074 kg de semilla en el 2017, misma que se vio afectada por factores bióticos y abióticos; por ejemplo, en el ciclo de invierno, se encontraron plantas afectadas por fusarium que redujeron drásticamente su producción de semillas; mientras que, en

el ciclo de verano, algunas polinizaciones se afectaron por lluvias en el periodo de floración que disminuyeron la cantidad y calidad del polen disponible y, como resultado, la fecundación y producción de semillas.

- Se distribuyeron 12,236 kg de semilla, específicamente 3,357 kg de semilla básica y 8,879 kg de semilla precomercial entre semilleras participantes y colaboradores de MasAgro Maíz.
- Se realizó el establecimiento y manejo agronómico de seis parcelas de evaluación-demostrativas de maíz amarillo MasAgro en Texcoco, Estado de México, Agua Fría, Puebla, Ameca, Jalisco, Puerto Vallarta, Jalisco, San Juan del Río, Querétaro, y Ocozocoautla, Chiapas.
- MasAgro Maíz desarrolló un sistema de pruebas de control de calidad molecular (Mol-QC) eficiente y rentable que puede ser empleado por los mejoradores y los productores de semilla para garantizar la calidad de sus productos de forma más rápida, precisa, y económica, en comparación con los métodos tradicionales de control de calidad de cultivo (*grow outs*).
- Se caracterizaron tres variedades tropicales de MasAgro en el primer ciclo agrícola de OI 2016-2017, y 17 más en ciclo PV 2017 para registrarlas, posteriormente, en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) del SNICS
- En materia de calidad de grano, se realizó el análisis de 53 materiales CIMMYT-MasAgro: cinco híbridos en industria de la masa y la tortilla, 20 híbridos y dos variedades provenientes de parcelas demostrativas-ensayos agronómicos y 26 híbridos para un estudio de interacción ambiente y calidad.
- Asimismo, en materia de calidad de grano, se validó un método alternativo para el análisis de porcentaje de endospermo vítreo y harinoso; y, se optimizó la metodología para evaluación de acidez grasa, aspecto importante en la comercialización de grano almacenado.

Capacitación, transferencia y promoción de híbridos para el sector semillero:

- Se organizaron 17 eventos (uno en coordinación con MasAgro Productor, cuatro más organizados por la Universidad Autónoma Chapingo y uno más liderado por el SNICS) de capacitación, transferencia y promoción de híbridos MasAgro con semilleros, mejoradores, industriales, estudiantes, productores, representantes del Gobierno federal, entre otros, en 2017.

Meta 2.3 Híbridos de maíz con alto potencial de rendimiento y calidad de grano, estables y adaptados a las condiciones ambientales de las regiones meta.

Nuevas y mejores semillas:

- Se identificaron 15 nuevos híbridos desarrollados en CIMMYT (nueve híbridos tropicales, cuatro subtropicales y dos de la región de los Valles Altos) como materiales competitivos y adaptados a las condiciones ambientales de las regiones meta.

- Los nuevos híbridos blancos identificados a través de las redes colaborativas de 126 sitios a nivel nacional son: CLTHW15109 (7.30 t/ha), CLTHW15079 (7.10 t/ha), CLTHW15080 (7.07 t/ha), CLTHW15125 (t/ha 7.03), CLTHW15023 (7.02 t/ha), CLTHW15112 (7.07 t/ha); CSTWH1718 (9.08 t/ha), CSTWH1709 (8.63 t/ha) y CHLHW12013 (7.2 t/ha).
- En materiales amarillos, el portafolio de MasAgro también creció con seis nuevos híbridos identificados a través de las redes colaborativas de 127 sitios: CLTHY15107 (7.03 t/ha), CLTHY16157 (6.82 t/ha), CLTHY15035 (6.67 t/ha), CSTYH1748 (8.66 t/ha), CSTYH1754 (8.13 t/ha) y CHLHY16002 (7.4 t/ha).
- Producto de la colaboración con la Universidad Autónoma de Chapingo y el INIFAP, se realizaron 11 días de campo incluyendo recorridos por ensayos de las redes colaborativas de evaluación 2017 y tres eventos demostrativos para promover materiales mejorados.
- También se identificaron ambientes homogéneos e híbridos MasAgro estables con los datos de más de 100 sitios de las redes colaborativas de evaluación de 2016.
- Se evaluaron líneas e híbridos, y se seleccionaron los materiales más destacados en las diferentes etapas de mejoramiento, como se muestra en la tabla a continuación:

Fase o proceso de mejoramiento	Materiales evaluados	Materiales seleccionadas
Líneas Segregantes	28,301	11,279
Líneas Dobles haploides	6,730	3,543
Híbridos experimentales	1,287	203
Híbridos avanzados	680	97

- También se buscó reducir el efecto del cambio climático en el cultivo de maíz y, en 2017, se evaluaron 173 híbridos bajo condiciones de sequía y 269 híbridos bajo condiciones de estrés por sequía y calor combinado, lo que permitió identificar siete líneas que muestran tolerancia a la sequía (CL501801, CSL1693, CSL1696, CSL1697, CMLSUB, CLYN274 y CLYN460) y siete más con tolerancia a la combinación de calor y sequía (CSL1645, CSL1650, CSL1613, CSL1661, CLWN882, CLWN871 y CLWN919).
- Asimismo, se evaluaron 218 genotipos para determinar su resistencia a las principales enfermedades del maíz en México: Mancha de Asfalto (17 híbridos blancos, 24 híbridos amarillos, 25 entradas de líneas blancas y 25 amarillas); pudrición de tallo por fusarium, 101 genotipos (41 híbridos blancos, 27 híbridos amarillos y 33 líneas endogámicas élite de maíz subtropical blanco); y, roya, 26 híbridos de los Valles Altos (15 híbridos de maíz blanco y 11 amarillos); y, los resultados demuestran genotipos con niveles de resistencia a las principales enfermedades que afectan al maíz.
- Por otra parte, se produjeron 6,151 líneas dobles haploides (DH) y se completó el proceso de inducción haploide en 27 poblaciones (dos de ellas son de germoplasma desarrollado por el INIFAP).

- En materia de mejoramiento molecular y predicción genómica:
 - Se desarrolló un ensayo KASP SNP que puede identificar las plantas que portan el súper-gen de adaptación de líneas a las condiciones de Valles Altos. Este marcador molecular puede diferenciar rápida y rutinariamente las plantas con genes de adaptación de tierras altas contenidos en esta inversión. Este nuevo marcador molecular puede usarse en el Mejoramiento Asistido por Marcadores (MAS) para seleccionar líneas que portan los rasgos de adaptación de tierras altas en poblaciones segregadas entre las líneas de tierras altas y tierras bajas. De esta manera, cuando los rasgos importantes se introgressan, sólo las líneas que se adaptan a las condiciones de las tierras altas deben sembrarse en el campo para una mayor evaluación. Esta estrategia de mejoramiento avanzado ahorrará un valioso espacio de campo y permitirá que se analicen poblaciones mucho más grandes. Como resultado, aumentan considerablemente las posibilidades de recuperar un recombinante raro que algún día podría convertirse en una línea líder de MasAgro para los Valles Altos.
 - Se desarrollaron marcadores moleculares estrechamente vinculados a un QTL principal qRtsc8-1 para la resistencia al Complejo de Mancha de Asfalto. Estos marcadores flanquean qRtsc8-1 por 500K bp, lo cual representa una distancia genética de menos de 0.1 cm. Esto es extremadamente estrecho y conveniente para el MAS.
 - Adicionalmente, se mapeó un gen de resistencia cualitativa principal derivado de la línea T10, e independiente del qRtsc8-1, en el cromosoma 5 del maíz. Al combinar la resistencia cualitativa en un contexto de resistencia cuantitativa (la del marcador qRtsc8-1), pueden obtenerse las mejores cualidades de ambos tipos de resistencia. Las dos fuentes de resistencia están en diferentes grupos heteróticos, lo que hace que una variedad híbrida compuesta de una combinación de estos diferentes tipos de resistencia sea la ideal o un súper híbrido resistente.
 - Además, los resultados de 2017 revelan que la selección genómica en líneas DH no probadas es eficiente y es comparable con la selección fenotípica. Por lo tanto, la selección de líneas DH no probadas con base en valores genéticos de mejoramiento estimado (GEBVs por sus siglas en inglés) representa un enfoque prometedor para reducir el tiempo del ciclo de mejoramiento del maíz, reducir el costo de fenotipificación de cruza de prueba, aumentar la intensidad de selección y acelera la ganancia genética por unidad de tiempo.
 - Del mismo modo, los trabajos realizados en 2017 confirman que implementar la selección genómica de ciclo rápido (RCGS, por sus siglas en inglés) en los programas de mejoramiento reduce el ciclo de mejoramiento, acelera la ganancia genética y aumenta la eficiencia del mejoramiento.

Estudios socioeconómicos, de mercado y cadenas de valor:

- En materia de análisis estratégico de mercados y cadenas de valor en las principales zonas productoras de maíz en México, con énfasis en las zonas de mayor impacto, se concluyó que las zonas prioritarias (zonas *quick win* en ocho estados) y de mayor producción (Sinaloa, Tamaulipas y Chihuahua) presentan diferentes condiciones de desarrollo de la agroindustria. En la mayoría de las zonas del sureste es necesario incrementar la capacidad de acopio y las vías de comunicación para movilizar la producción; en el occidente hay suficiente capacidad de acopio y procesamiento y en el norte falta diversidad de agroindustrias. Son pocos los grandes compradores de maíz y controlan varios eslabones de la cadena. De los estados estudiados, sólo Chihuahua y Tamaulipas son deficitarios en maíz blanco pero son los únicos superavitarios en maíz amarillo.
- Los resultados de análisis 2011-2016 de la Bitácora Electrónica de MasAgro indican que el impacto en el bienestar económico ha sido mayor en Trópico Bajo Occidente, Valles Altos México, Valles Centrales Oaxaca y Subtrópico Occidente. A través de los años la semilla híbrida ha mostrado mejores resultados económicos que la semilla propia y la brecha ha crecido aún más. En Valles Altos México y Sureste los productores con rendimientos medios respecto a los productores de su misma región han sido los que han aprovechado mejor las prácticas recomendadas por MasAgro.

3. MasAgro Biodiversidad

Descubriendo la Diversidad Genética de las Semillas

i Objetivo: Busca recursos genéticos valiosos aprovechados mediante tecnologías de punta y desarrollo de capacidades, para acelerar el desarrollo (la obtención) de variedades de maíz y trigo de alto rendimiento, estables y tolerantes al cambio climático.

Meta 3.1 Potencial genético identificado para caracteres prioritarios del maíz en México.

- Se genotificaron en SAGA 2,020 muestras de materiales tropicales (1,846 RC1S1) y subtropicales (174 RC1S2) de sequía, de los que se obtuvieron 686.9 millones de datos genotípicos (76.4 M *SNP* y 610.5 M *InSilico DArT*).
- Se hizo un análisis de selección de barrido a tres ciclos de poblaciones bajo selección recurrente del Banco Internacional de Germoplasma (BIG), con enfoque en los haplotipos, encontrando

que en todos los materiales en mejoramiento lo cual indica que la media de selección fue positiva y la selección provocó presión hacia homocigosis.

- Con el fin de identificar diversidad genética asociada con adaptación a ambientes de interés (ej. secos o calurosos), se modificó y amplió el tradicional análisis GWAS y se aplicó al panel GWAS de 2,300 accesiones y a otro con 10,000 accesiones. Se identificó el mejor entre cuatro modelos estadísticos y se aplicó con dos variables ambientales (ver: <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1005594>). La metodología sirve para identificar regiones genómicas asociadas con adaptación a un ambiente amplio, asociadas a los ancestros compartidos y asociados con la característica de interés (ej. tolerancia a altas temperaturas).
- Con base en el estudio realizado, se graficó la distribución de los 5,000 SNPs con mayores efectos y significancia para el carácter ambiental precipitación (pluvial), encontrándose SNPs asociados a migración a escala continental, SNPs asociados con regiones genéticas compartidas (parentesco ó ancestría) y SNPs asociados a la precipitación pluvial.
- Se han probado 10 variables ambientales: precipitación, cobertura nubosa, temperatura diurna, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura promedio, frecuencia de heladas, presión de vapor, humedad diaria y evapotranspiración potencial, para las cuales entre 15% y 20% de los marcadores significativos tienen alta probabilidad de causalidad. En otras palabras, diferencias genéticas señaladas por estos SNPs afectan el comportamiento de las accesiones de maíz cuando éstas crecen en ambientes extremos para estas variables. Por tanto, las regiones genómicas identificadas por estos marcadores SNPs son de gran interés para identificar accesiones con diversidad útil y para eventual uso en fitomejoramiento para estos ambientes.
- Continuó el esfuerzo de identificar germoplasma de alto valor potencial para investigación y fitomejoramiento para estrés por sequía y calor durante la etapa terminal del cultivo. Se emplearon los datos del sistema de información geográfica (SIG) de más de 17,000 accesiones del BIG (accesiones con registro original de su recolecta en campo, latitud y longitud).
- En el caso de sequía, se analizaron los datos climáticos de los sitios de colecta para identificar accesiones originarias de ambientes con temporal propensos a la sequía que presentaran más de 300 mm de lluvia, un índice de aridez entre 0.3 - 0.6. Se seleccionaron 609 accesiones de Valles Altos, 501 de media altura y 439 de trópico. Estas accesiones son originarias de 10 países; de México provienen 835.
- En suma, se han identificado 1,549 materiales valiosos para sequía y 4,984 para calor.
- Se formaron paneles de materiales con 250, 100 y 50 accesiones representativas de las tres zonas de adaptación (Valles Altos, Subtrópico y Trópico), de manera proporcional a la distancia genética general en cada grupo.
- En el caso de calor, se identificaron accesiones originarias de ambientes de temporal propensas a calor analizando los datos del clima del sitio de colecta. Se seleccionaron todas las accesiones de ambientes donde la temperatura máxima diaria sobrepasara 30°C en cualquiera de los tres meses de la floración y llenado de grano.

- Se identificaron 4,984 accesiones de las tres principales áreas de adaptación: A) 32 de Valles Altos, B) 1,205 de media altura, y C) 3,747 del trópico. El panel de accesiones seleccionadas tiene muestras de 33 países, 47.5% provienen de México, 11.6% de Brasil, 10% de Argentina, 4% de Cuba y Costa Rica; el 26.9% restante de otros países.
- Con las accesiones del germoplasma de media altura y tropical se formaron paneles para los fitomejoradores, entre ellos un panel de 1,000 accesiones con materiales tropicales y paneles de 500, 250, 100 y 50 materiales de trópico y media altura conservando la mayor diversidad genética.
- A fin de liberar a través de Germinate los datos genotípicos (DARtseq) del panel GWAS en un formato de consulta, se procesaron los resultados del mapa BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) de los marcadores para formar conjuntos con ellos. Estos conjuntos de marcadores se hicieron con base en la presencia de alineamientos al genoma de referencia B73v3 haciendo tres mapas que se cargaron a Germinate al igual que los datos genotípicos subyacentes. Esta información pudo visualizarse mediante Flapjack. Una vez que se tenga la versión nueva de producción de Germinate, los datos y mapas estarán disponibles al público.
- Los grupos de accesiones para sequía mencionados con anterioridad se formaron en Germinate, en versión de prueba, por lo que al cambiarlo a producción también estarán disponibles al público y los usuarios podrán acceder a sus datos genotípicos, fenotípicos y de pasaporte.
- Estos grupos de sequía de Germinate se complementaron con un estudio paralelo formado en Dataverse de CIMMYT Biodiversidad, el cual permitirá compartir archivos planos tales como datos procesados a escala multidimensional y otra información no almacenable en Germinate; se liberará al público este estudio en 2018.
- Respecto a publicaciones científicas, en este año se trabajaron varios artículos que ya se encuentran publicados: “Cuantificación de antocianinas mediante espectroscopia de infrarrojo cercano y cromatografía líquida en maíces pigmentados” (Fitotecnia Mexicana); “A Study of allelic diversity underlying flowering-time adaptation in maize landraces.” (Nature Genetics); “Independent introductions and admixtures have contributed to adaptation of European maize and its American counterparts.” (PLOS Genetics); y, los artículos en desarrollo son: “Mining Alleles for Tar Spot Disease Complex Resistance from CIMMYT’s Maize Germplasm Bank” (enviado a Scientific Reports); “Genomic differentiation and ecological speciation in teosintes (*Zea mays parviglumis* and *Zea mays mexicana*)” (enviado a New Phytologist) y “Estructura poblacional y diversidad genética entre accesiones de maíz azul nativo de México”, (borrador).
- Se participó en eventos científicos en diversas instituciones y universidades nacionales e internacionales: COLPOS, UdG, Iowa State, University of California-Davis, University of Illinois, PANZEA (EEUU), Universidad de Lavras (Brasil), GPGR4 y DIVSEEK (Alemania), Hunan (China) y Quevedo (Ecuador), donde se tuvieron presentaciones y exposiciones del proyecto MasAgro.

- Para la obtención de datos fenotípicos de alta calidad, se contó con el apoyo de los especialistas del Departamento de Biometría y Estadística del CIMMYT para diseñar los ensayos experimentales, analizar los datos y obtener los BLUPs (best linear unbiased predictions) para selección de materiales.
- Se evaluaron en diferentes localidades 1,150 materiales de maíz para tolerancia a estrés por sequía y 247 por calor. Contra la enfermedad Complejo Mancha de Asfalto (CMDA), se evaluaron 549 líneas *per se* y 108 cruzas de prueba, incluyendo en ambos ensayos a los testigos.
- El criterio de selección en estrés ambiental de sequía y calor fue considerar el desempeño en las dos condiciones impuestas, estrés y riego, tomando las entradas con el mejor comportamiento.
- En Subtrópico sequía, se evaluaron 531 híbridos (174 líneas cruzadas con tres probadores), en tres localidades y dos condiciones, lo que permitió avanzar 32 líneas candidatas a liberar en 2018.
- En Trópico sequía, se evaluaron 622 cruzas de prueba (de líneas originadas de ocho accesiones), en tres sitios y dos condiciones, en el ciclo 2017A. Se avanzaron 114 materiales que se establecieron en condiciones normales tropicales en el ciclo 2017B; se espera el análisis definitivo. Se tendrá un segundo grupo de materiales con 16 diferentes criollos tropicales. Estos ensayos de sequía aportaron más de 110 mil datos fenotípicos.
- En cuanto a tolerancia a calor, se establecieron 247 cruzas de prueba en dos sitios con altas temperaturas a floración; se seleccionaron 92 materiales para reevaluación y trabajos de mejoramiento posteriores en vivero de polinizaciones. De estos materiales para calor se reunieron más de 37,000 datos fenotípicos.
- Contra la enfermedad del CMDA, se evaluaron dos tipos de materiales, líneas *per se* (283 blancas y 267 amarillas) establecidas en dos localidades para definir su resistencia e híbridos (cruzas de prueba) de 30 líneas resistentes cruzadas con tres probadores para conocer su potencial de rendimiento. Se espera poder liberar las mejores líneas en 2018. Cabe resaltar que, en una localidad de Chiapas seleccionada por su alta presión de CMDA no hubo presencia de la enfermedad en el ciclo verano 2017, lo que confirmó la estrategia de seguir evaluando en varios ambientes para conseguir datos precisos. Estos ensayos para CMDA aportaron más de 15,000 datos fenotípicos.
- Continuó el análisis de datos de varios sitios de evaluación de materiales derivados de las dos accesiones resistentes al CMDA, GUAT153 y OAXA280, pudiéndose identificar marcadores asociados a la reacción a la enfermedad.
- Se publicaron los datos fenotípicos pertinentes de los ensayos de maíz de 2015 tanto de sequía como de CMDA: <http://hdl.handle.net/11529/2177350> ; <http://hdl.handle.net/11529/10847>.
- Dado el riesgo de pérdida en campo de materiales por eventos extraordinarios y la misma adaptación al ambiente de los materiales que se están evaluando, en 2017 se establecieron tres sitios de vivero de mejoramiento: Puerto Vallarta (invierno 2017A) e Ixtlahuacán de los Membrillos (verano 2017B), Jalisco, para material subtropical, y Agua Fría, Puebla (los dos ciclos), para los tropicales; la decisión fue correcta porque dos huracanes pasaron por Agua Fría.

- En el caso del desarrollo de poblaciones de sequía con adaptación subtropical, se obtuvieron 1,596 cruzas de prueba, incluyendo las cruzas de las 32 líneas seleccionadas (híbridos), 397 nuevas cruzas para evaluación y mejoramiento y, respecto al desarrollo de líneas, se obtuvieron 3,596 mazorcas para desgrane individual y en masa (bulk).
- Dentro del programa contra el CMDA, se cosecharon 432 líneas derivadas de las originales 176 líneas seleccionadas para establecer una segunda evaluación en invierno. Se produjeron 89 híbridos y se obtuvieron 1,094 mazorcas para desgrane individual y en masa.
- Sobre calor, van a evaluarse las 92 mejores cruzas detectadas en los ensayos, además de proseguir en vivero sus cruzamientos con las líneas élite del CIMMYT. En este programa, se han obtenido 225 cruzas para evaluación y mejoramiento.
- Se avanzaron las cuatro poblaciones bajo selección genómica (SG), dos tropicales (LT1 y LT2) y dos subtropicales (ST1 y ST2), para su recombinación y autofecundación. Cabe destacar que las poblaciones tropicales, a pesar del clima imperante en Agua Fría, Puebla, se pudieron cosechar y además se muestrearon para obtener ADN de 376 individuos que se genotificarán, seleccionarán y recombinarán en 2018.

Meta 3.2 Potencial genético identificado para caracteres prioritarios del trigo en México.

- Se genotificaron 2,500 muestras de trigo provenientes del BIG y de materiales de premejoramiento con más de 180 millones de datos genotípicos producidos.
- El estudio de la diversidad global del trigo abarcó la división de las accesiones analizadas en tres grandes grupos, especies silvestres (4,206 accesiones), trigo tetraploide (20,000) y trigo hexaploide (60,000).
- Se encontraron 450, 130 y 200 mil marcadores SNP y SilicoDArT de alta calidad para los grupos mencionados, todos alineados al genoma de referencia de trigo IWGSC v0.4 y al mapa de consenso de DArT.
- Se formaron colecciones núcleo con 20% de las accesiones de cada grupo de germoplasma, con base exclusivamente en la información genética obtenida, para capturar la mayor parte de la riqueza de alelos y la diversidad genética de los grupos de germoplasma en general.
- Los datos genotípicos generados que cumplen con el período de liberación se han publicado en la base de datos del proyecto MasAgro Biodiversidad, en el portal web seedsofdiscovery.org, y se encuentran a disposición de la comunidad científica.
- Se concluyen los borradores de dos artículos científicos: “Global crop diversity analysis to explore and unlock the genetic potential of the world’s largest Wheat germplasm collections (CIMMYT and ICARDA)”, sobre el análisis de la diversidad global de trigo; y, “Rare haploypes from germplasm bank accessions contribute to drought and heat tolerance and disease resistance of elite wheat lines”, sobre los hallazgos en el material del BIG. Además, se envió a publicación el artículo “Harnessing Biodiversity for Food Security and Sustainable Development”.

- La participación en eventos científicos se realizó en diversos foros nacionales e internacionales en el Reino Unido, la India, EE.UU., Alemania, Austria y México.
- En la evaluación fenotípica de 140 accesiones exóticas bajo sequía y calor, se identificaron materiales con rendimiento cercano a los testigos élite; para contar con diversidad genética para estos tipos de estrés se seleccionaron la IG 122701/3/ATTILA*2/PBW65//MURGA/4/BORL14 para calor y JAL95.4.3/3/KACHU #1/KIRITATI//KACHU para sequía. Cabe señalar que en los ensayos de sequía se aplicó una lámina de agua cercana a 200 mm.
- Se han obtenido más de 28,000 datos fenotípicos de las evaluaciones de trigo para sequía, calor, adaptación a Bajío y contra carbón parcial (con los colaboradores).
- Los materiales de premejoramiento se establecieron bajo condiciones de riego, sequía y calor, evaluándose 230 genotipos junto con sus testigos. Como se trató de siembras tardías en Ciudad Obregón, Sonora, la etapa de floración coincidió con temperaturas entre 35° y 40° C. Se pudieron identificar cinco líneas avanzadas con rendimiento igual al mejor testigo (Baj#1) y superaron al mejor testigo tolerante a sequía (Sokoll); dos líneas superaron al otro testigo tolerante a sequía Vorobey, mientras que otras cinco líneas promisorias igualaron al mejor testigo para calor (Baj#1). En riego, una línea rindió mejor que la variedad testigo Reedling#1.
- La evaluación de 200 materiales segregantes en estrés por calor permitió seleccionar plantas tolerantes mediante selección en masa.

Meta 3.3 Capacidad científica aumentada en los investigadores que contribuyen al fitomejoramiento en México.

- Se organizaron seis eventos de fortalecimiento de capacidades: 1) Tres talleres sobre el aplicativo “KDSmart” para la obtención y el almacenamiento de datos fenotípicos (71 asistentes); 2) Taller “Atlas Molecular, aprovechamiento de la diversidad genética y oportunidades de uso” (18 científicos); 3) Taller sobre el método estadístico "Estudio de Asociación de Genoma Completo (GWAS - Genome-Wide Association Study, con 18 asistentes); 4) Taller “Fenotipificación de trigo para la identificación de germoplasma con características pertinentes al cambio climático”. En este taller lo novedoso fue la coordinación entre los componentes Trigo y Biodiversidad de MasAgro, que atrajo 68 participantes al taller.
- Se concluyó la versión final del módulo de enseñanza a distancia “KDSmart: herramienta digital para el registro de datos fenotípicos”, el cual es parte de la plataforma educativa en línea de MasAgro Biodiversidad. También es posible encontrar un curso en línea del aplicativo en la plataforma LMS (Learning Management System) de CIMMYT que consiste en módulos de teoría y práctica que enseñan cómo utilizar el aplicativo KDSmart con una evaluación final y una constancia que acredita la realización del curso para el usuario.

- Se preparó, publicó y difundió la convocatoria "Investigación colaborativa con recursos genéticos de maíz y trigo aprovechando los productos y resultados de MasAgro Biodiversidad" (<http://seedsofdiscovery.org/es/convocatoria-investigacion-masagro-biodiversidad/>), la cual estuvo abierta a investigadores de organizaciones mexicanas. Se evaluaron y seleccionaron 10 propuestas presentadas por investigadores mexicanos para recibir apoyos diversos (coaching, servicio de genotipificación, semilla de germoplasma, datos, herramientas de software, análisis de calidad de semilla y forraje y otros).
- La reunión general de MasAgro Biodiversidad se efectuó del 30 de agosto al 1 de septiembre de 2017, cuando se reunieron beneficiarios de este componente de MasAgro. Entre los asistentes, el Director de Insumos para la Producción de la SAGARPA, el M.C. Quetzalcóatl Uribe Ortega participó activamente en el primer día de trabajo al ser parte de todas las discusiones que se llevaron a cabo. Se registraron más de 60 asistentes.
- En la reunión general y en las específicas, los beneficiarios y colaboradores manifestaron sus opiniones y propuestas respecto a las acciones que se han desarrollado durante los primeros siete años del proyecto y las que se deberían iniciar o continuar en el futuro. También se consultó a diferentes grupos de beneficiarios respecto a sus necesidades específicas de productos del proyecto pudiendo verse en la siguiente liga: <http://seedsofdiscovery.org/knowledge-presentations/>
- Se presentó en esta reunión anual 2017 el catálogo de productos de MasAgro Biodiversidad, el cual puede ser consultado en la página del proyecto (<http://seedsofdiscovery.org/es/catalogo/>).
- Con el objetivo de transferir los logros y productos científicos obtenidos por Biodiversidad, se hicieron siete visitas a instituciones de enseñanza superior (CUCBA, UACH-Texcoco, COLPOS-Montecillo, en 2 ocasiones, UAAAN, FAUANL y CRUO-UACH).
- Se publicó una convocatoria en el sitio del proyecto para estudiantes de posgrado interesados en participar en MasAgro Biodiversidad para apoyarlos en el desarrollo de sus tesis de maestría o doctorado (<http://seedsofdiscovery.org/es/convocatoria-a-estudiantes-masagro-biodiversidad-2017/>). Tras la evaluación de una mesa examinadora, cuatro candidatos fueron seleccionados, dos de maestría y dos de doctorado.
- Durante el 2017, 10 estudiantes de doctorado y cuatro de maestría realizaron investigación en temas relevantes mientras cursaron estudios en universidades mexicanas y extranjeras de primer nivel, Colegio de Postgraduados (COLPOS), Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Instituto Tecnológico de Roque, Universidad de Cornell, Universidad Estatal de Iowa y la Universidad de Texas A&M.
- En este año, Fátima del Rosario Camarillo Castillo y Juan de Dios Hernández Quintero finalizaron sus estudios y obtuvieron el grado de doctorado (PhD) con especialidad en Mejoramiento de plantas (Plant breeding) en la Universidad de Texas A&M, Estados Unidos, y en Recursos Genéticos y Productividad Genética en el Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México, respectivamente. Noemí Guadalupe Ortega Jiménez y Yuria Medina Uriarte

concluyeron sus estudios de Maestría en la Universidad Autónoma Chapingo y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Se participó en los siguientes eventos: A) Conferencista magistral en la XLIII Semana de la Superación Agronómica, CUCBA-UdG; B) ponente magistral en el V Congreso Internacional y XIX Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). C) ponente en el Illumina Users Group Meeting, Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN); D) instructor en la VII Reunión Nacional de Maíces Nativos “Unidos para preservar su identidad”, Universidad Autónoma de Nayarit (UAN); E) ponente en el XI Simposio Internacional de Recursos Genéticos para las América y el Caribe (SIRGEAC); F) conferencista magistral durante el Ciclo de Conferencias Científicas en la VII Semana Cultural de la Carrera de Producción. Universidad Autónoma Antonio Narro (UAAAN); G) ponente magistral y evaluador del XLVII Ciclo de seminarios de posgrado, Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL); H) ponente durante el Ciclo de conferencias Aplicaciones y Uso de la Genómica, Colegio de Postgraduados (COLPOS), Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad Genética.
- Se desplegaron nuevas versiones de prueba en la plataforma Germinate, incluyendo cambios como nuevas páginas de llegada para los repositorios de datos de maíz y trigo de Biodiversidad (Seeds of Discovery). Estas páginas muestran esas características y las páginas de uso más frecuente en posiciones más prominentes permitiendo a los usuarios encontrar los datos e información en forma más rápida.
- Se han añadido nuevas opciones para mostrar y filtrar datos en cuadros, incluyendo filtros de tipo *boolean* para facilitar los términos de filtrado combinado. Estas características permiten una mejor solicitud de datos directamente en Germinate.
- Las funcionalidades nuevas y mejoradas en la búsqueda general dentro de Germinate permiten solicitudes y retorno de elementos buscados a través de diferentes conjuntos de datos y categorías de información. Esto les da a los usuarios nuevas formas de búsqueda.
- Se han instalado y habilitado en Germinate nuevas opciones para crear, manejar y conjuntar grupos (germoplasma, marcadores, localidades). Estas características hacen que la selección de entidades para formar grupos sea más fácil y permite un mejor filtrado y edición de grupos. Asimismo, se han implementado características de ayuda en Germinate que ofrecen guía en línea a los usuarios interesados en aprender un mejor uso de la herramienta
- Se contribuyó a un artículo en la Revista Crop Science que describe algunas de las aplicaciones de Germinate para manejar y explorar datos de parientes silvestres de los cultivos; las instancias de maíz y trigo en Germinate de Seeds of Discovery/MasAgro Biodiversidad se resaltaron como ejemplos.
- El segundo repositorio institucional de datos Dataverse se actualizó y los datos de Seeds of Discovery/MasAgro Biodiversidad se migraron a esta nueva plataforma. La nueva versión provee mejores funcionalidades para manejo e integridad del manejo de datos y ofrece algunas características adicionales potencialmente útiles que serán evaluadas en 2018.

- El año inició con la versión de KDSmart 2.0.62 y, después de probar las versiones Beta liberadas a MasAgro por DArT, ha habido 10 versiones más de producción hasta llegar a la 2.0.72, la cual está disponible en Google Play desde finales de 2017 (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.diversityarrays.kdsmart&hl=en>). Las modificaciones incluyeron el arreglo de errores (*bugs*) y la adición de nuevas características y mejoras. El registro de cambios (*Change log*) detallando las modificaciones hechas durante este proceso de desarrollo está disponible en el GitHub (<https://github.com/kddart/kdsmart-apks/blob/master/Production-2.0/Whats-New-All.txt>).
- Respecto a KDXplore, se trabajó en dos versiones del software, versiones 2.0.x y 1.0.x. La diferencia fue el enfoque del desarrollo del *plug-in* de las versiones. Se hicieron pruebas y se aportó retroalimentación para manejo de ensayos y el desarrollo de módulos de manejo de ensayos y de viveros. Se arreglaron problemas y se probó la nueva funcionalidad de diseño de ensayos y viveros. La liga de las modificaciones realizadas a las versiones 2.0.x se encuentra en <https://github.com/kddart/kdxplore>.
- La interfaz del sitio web de todo el Proyecto se rediseñó y se añadieron nuevas características que mejoraron la capacidad del usuario de identificar productos de valor en su búsqueda y aplicación. Se hizo una revisión inicial de las necesidades del sitio y de las opciones de sistema disponibles y se seleccionó WordPress como la plataforma más apropiada para el sitio.
- Se hizo el rediseño y se agregó nuevo contenido, el catálogo de productos (<http://seedsofdiscovery.org/es/>). Este catálogo da acceso a recursos de una manera estructurada, conforme a las necesidades del público objetivo de MasAgro Biodiversidad. La información de productos y recursos está estructurada en seis categorías principales: Maíz, Trigo, Servicios Talleres y Oportunidades, Herramientas, Datos y Conocimiento. Se ofrece una descripción de algunos productos por categoría.
- Una nueva página de llegada para los atlas moleculares de Maíz y Trigo se conceptualizó hacia fines de 2017. Se desarrollaron las versiones Beta de estas páginas y, después de completar su revisión y modificaciones a principios de 2018, van a implementarse en el sitio web para dar a los usuarios más información sobre los atlas moleculares.
- Se produjeron y lanzaron cuatro videos de corto metraje (entre 3 y 6 minutos cada uno) describiendo al proyecto MasAgro Biodiversidad. <http://seedsofdiscovery.org/es/media/videos/>
 - Iniciativa MasAgro Biodiversidad: Biodiversidad para una alimentación sana y nutritiva
 - MasAgro Biodiversidad: Haciendo frente a las amenazas emergentes de la seguridad alimentaria
 - MasAgro Biodiversidad: Compartiendo el conocimiento
 - Explorando el maíz nativo para la seguridad alimentaria

4. MasAgro Trigo

Estrategia Internacional para Aumentar el Rendimiento del Trigo

i **Objetivo:** Busca capacidades fortalecidas en investigadores mexicanos que aprovechan los vínculos establecidos con la Alianza Internacional de Trigo para desarrollar y poner a disposición líneas de trigo con mayor potencial de rendimiento, adaptabilidad al cambio climático, resistencia a enfermedades, calidad de grano, con base en los requerimientos de la cadena de valor.

Meta 4.1 Líneas de trigo con mayor potencial de rendimiento, resiliencia climática, resistencia a enfermedades y/o calidad de grano, identificadas aprovechando los vínculos establecidos con la Alianza Internacional de Trigo.

- Durante el ciclo 2016/2017 se evaluaron 603 líneas repartidas en diferentes ambientes de interés (rendimiento potencial, sequía y calor):
 - Se evaluaron 150 líneas del ensayo HiBAP (Panel de alta biomasa, por sus siglas en inglés) por segundo año bajo condiciones de rendimiento potencial mediante el uso de fenotipado de alta precisión. Se encontró variabilidad genética para la mayoría de características evaluadas (se evaluaron más de 240 características agronómicas y fisiológicas) identificando 31 características a considerar en las cruzas a realizar. Se identificaron 23 líneas de interés en base a características agronómicas, fertilidad de espiga y partición de asimilados, biomasa y Eficiencia en el uso de la Radiación (RUE), fotosíntesis de hoja y espiga, patrones fenológicos y resistencia al acame y se incorporaron en el bloque de cruzas de rendimiento potencial (CB WYCYT Y18) a realizar durante el 2018.
 - Se evaluaron un total de 453 recursos genéticos (Panel Sintéticos, 6° SATYN + PDS, Pre-panel Sequía y Pre-panel Calor) bajo condiciones de sequía y/o calor mediante el uso de plataformas de fenotipado aéreas para identificar líneas con mejor tolerancia a condiciones de sequía y/o calor. Se identificaron 8 características asociadas a la resistencia a calor y/o sequía que ayudaron a identificar 31 líneas de interés para las cruzas estratégicas seleccionadas por su tolerancia a sequía y calor. Estas líneas fueron incorporadas en el bloque de cruzamiento de Sequía y Calor (CB SATYN Y18) actividad 4.1.2 a realizar durante el ciclo OI 2017/2018.
- Se realizaron 114 cruzas estratégicas repartidas en tres bloques de cruzamiento (CB WYCYT Y17, CB SATYN SQ Y17 y CB SATYNCal Y17). De esta forma, se realizaron 42 cruzas para ambientes de rendimiento potencial, 41 cruzas para condiciones de sequía y 31 para condiciones de calor. Del total de cruzas realizadas (114), se obtuvo descendencia en la F1 de todas ellas y sobre la F1 se llevaron a cabo un total de 14 retrocruzas avanzando un total de 89 familias a la F2 donde continuaron 74 que provenían de cruzas simples y 14 derivadas de retrocruzas.

- Para 2018 se programaron un total de 104 cruzas a realizar en los dos bloques de cruzamientos: rendimiento potencial (52 cruzas, CB WYCYT) y calor y sequía (52 cruzas, CB SATYN). Estas cruzas darán como resultado final la creación de nuevas líneas de trigo con un alto potencial para incrementar el rendimiento y/o mayor adaptabilidad al cambio climático.
- Continuó el avance de generación en Ciudad Obregón, Texcoco y Toluca. De esta forma, se seleccionaron 89 familias de las F1 derivadas de las cruzas realizadas durante 2017 para avanzar la generación F2 durante el ciclo OI 2017/18. Del material avanzado de las cruzas realizadas durante el 2016, se seleccionaron 65 familias para avanzar a la generación F4. De igual manera, continuó el avance de generación del material avanzado procedente de las cruzas realizadas durante el 2015 (523 plantas y 22 familias) y aún está por determinar el número de familias que avanzarán en calor. De las cruzas realizadas en 2013 y 2014 bajo condiciones de rendimiento potencial y sequía, se conformaron los ensayos Cand 6° WYCYT (160 líneas) y Cand 9° SATYN (100 líneas) y en condiciones de calor se seleccionarán las líneas que formarán parte del ensayo Pre-Candidatos 10° SATYN. De las cruzas realizadas el 2012 se seleccionaron 30 entradas que entraron a formar parte del ensayo 5° WYCYT que durante los meses de septiembre a noviembre fue distribuido a INIFAP y a colaboradores internacionales para su evaluación durante el ciclo OI 2017-2018.
- En colaboración con INIFAP, se evaluaron 57 líneas derivadas de cruzas estratégicas (incluyendo los checks) de los ensayos 6° SATYN y 4° WYCYT en seis localidades representativas de la producción de trigo en México: Celaya, Guanajuato; Tepatitlán, Jalisco; Los Mochis, Sinaloa; Ciudad Obregón, Sonora; Mexicali, Baja California y Zaragoza, Coahuila. Se identificaron un total de 13 líneas de interés que poseen características favorables para rendimiento potencial como biomasa, rendimiento, índice de cosecha y peso de mil granos. Además, durante 2017 se preparó y envió la semilla de los nuevos viveros (5° WYCYT y 7° SATYN) con 57 líneas promisorias (incluyendo checks) con alto potencial de rendimiento o adaptabilidad a sequía para evaluarlas en seis localidades representativas de la producción del trigo en México durante el ciclo OI 2017/18 en colaboración con INIFAP.
- En esta actividad se evaluaron 24 líneas en seis campos de productores de trigo del Valle del Yaqui, en Sonora gracias a la colaboración CIMMYT-INIFAP-Productores. Los ensayos contaron con 16 líneas experimentales (ocho de trigo harinero y ocho de trigo duro) con potencial a liberarse como variedades (seleccionadas por rendimiento en el ciclo OI 2014-2015 y 2015-2016) y ocho variedades que se usaron como controles o “checks”. Dentro de las 16 líneas experimentales evaluadas, se identificaron 6 líneas de interés (líneas 8, 9, 16, 18, 20 y 23) con potencial para ser candidatas a liberación como variedades de las cuales se logró el registro como variedad de trigo duro para una de ellas que fue denominada CENEB Oro C2017 (línea 16) que presentaba resistencia a la roya y rendimientos muy similares a la variedad CIRNO C2008 (variedad predominante en Sonora) y buenos rendimientos bajo estrés.
- Se evaluaron un total de 1,474 líneas experimentales avanzadas por su resistencia a enfermedades (royas, septoriosis de hoja y fusariosis de espiga) y calidad industrial del grano. Con base en la

información recopilada, se seleccionaron un total de 1,092 líneas experimentales avanzadas que se evaluarán por su comportamiento agronómico y de rendimiento durante el ciclo OI 2017-2018 en seis diferentes ambientes en el CENEB, Ciudad Obregón. Esta selección de líneas fue enviada al INIFAP para ser evaluadas en ensayos nacionales durante el 2018 que incluyen los ambientes principales de las zonas más importantes de producción de trigo en México.

- Se caracterizaron un total de 1,092 líneas experimentales avanzadas (seleccionadas durante 2016 por calidad y resistencia a enfermedades) por su comportamiento agronómico y de rendimiento en seis diferentes ambientes (condiciones de rendimiento potencial y con estrés por calor y sequía) durante el ciclo de cultivo OI 2016-2017. Con base en la información recopilada se seleccionaron un total de 568 líneas experimentales que conformarán los viveros nacionales e internacionales.

Meta 4.2 Cadena de valor de trigo fortalecida mediante la colaboración entre la investigación estratégica en trigo y actores clave de la industria semillera para la multiplicación de nuevas variedades.

- Durante 2017 se logró colaborar con el INIFAP para la evaluación agronómica y fitopatológica de 1,170 líneas experimentales (PC-CIMMYT) bajo condiciones de riego en el Campo Experimental Bajío del INIFAP en Celaya durante el ciclo de cultivo OI 2016-2017, de las cuales se seleccionaron 540 líneas que fueron evaluadas por su comportamiento agronómico y fitopatológico bajo condiciones de temporal con una presión natural de enfermedades alta en nueve localidades durante el ciclo de cultivo PV 2017 (Francisco I. Madero, Terrenate y Nanacamilpa, en Tlaxcala; Chapingo, Santa Lucía, Miraflores, Tlalmanalco y Juchitepec, en el Estado de México; y Yanhuatlán, Oaxaca). Posteriormente, se seleccionaron las 151 mejores líneas que fueron usadas para formar parte de los ensayos nacionales de trigos harineros del ciclo de cultivo OI 2017-2018. Este ensayo se denominó 15voENTRI-Hari y contó con 30 líneas seleccionadas del vivero PC-CIMMYT. Se identificaron 13 líneas (5 de trigos duros y 8 de harineros) de interés para la cadena de valor de trigo en México. Estas 13 líneas fueron seleccionadas con base en las evaluaciones realizadas mediante los ensayos nacionales de trigos duros y harineros realizados en los ciclos OI y PV 2011 – 2012, 2012 – 2013, 2013 – 2014, 2014 – 2015, 2015 – 2016 y 2016 – 2017 (14voENTRI-Hari y 14voENTRI-Duros, de este último ciclo mediante la colaboración CIMMYT-INIFAP a través de MasAgro-Trigo).
- Por otro lado, se logró completar la multiplicación de semilla en campos de productores llevada a cabo durante el ciclo OI 2016-2017. Derivado de estas actividades se logró la obtención de un total de 75.9 toneladas de semilla en calidades registrada y certificada de variedades de trigo harinero (Borlaug 100 F2014, Bacorehuis F2015, Conatrigo F2015, Valles F2015 y Don Carlos M2015) y de trigo duro (Baroyeca Oro C2013, Quetchehueca Oro C2013, Conasist C2015 y Barobampo C2015). Los lotes de multiplicación estuvieron localizados en las regiones Norte (Chihuahua), Noroeste (Sonora), Noreste (Nuevo León), El Bajío (Guanajuato) y Altiplano

(Hidalgo) de México. Además, se continuó con las gestiones necesarias para distribuir la semilla certificada obtenida entre los productores de grano en sus respectivas regiones de producción.

- También se logró completar el proceso de registro y pre-multiplicación de cuatro nuevas variedades para las diferentes regiones productoras de trigo en México y que llevan por nombre Texcoco F2016, Fuerte Mayo F2016, Martínez C2016 y Ciro NL F2016. En total se cosecharon cerca de 3.1 toneladas de semilla original y/o básica de estas variedades. Las primeras dos variedades fueron pre-multiplicadas en el Campo Experimental del Valle de México del INIFAP en Texcoco (1,050 kg de semilla básica), mientras que la tercera se pre-multiplicó en el Campo Experimental Valle de Mexicali de INIFAP en Mexicali (550 kg de semilla básica). La variedad Ciro NL F2016 fue registrada y pre-multiplicada por parte del productor de semillas Raul Mario Treviño Villarreal quien es un activo colaborador del componente MasAgro-Trigo. Esta variedad proviene de CIMMYT (pedigree “TARACHI F 2000/SURUTU-CIAT//KACHU” y con un historial de selección “CGSS05B00189T-009TOPY-009M-0999NJ-7WGY-0B”) (1,500 kg de semilla original). Las variedades nuevas Martínez C2016 y Ciro NL F2016 se pusieron a disposición de diversos productores de semillas de trigo de México. Las otras dos variedades no se han logrado distribuir por cuestiones burocráticas ajenas al colaborador y a MasAgro-Trigo.
- Se seleccionaron cinco productores de semilla con capacidad técnica, infraestructura y capacidad de distribución en zonas productoras de trigo clave para México que se involucran en la multiplicación de semilla certificada en gran escala de 10 variedades de reciente liberación, entre las que figuran dos de las variedades de reciente registro pre-multiplicadas por el INIFAP y Raul Treviño y ocho variedades más con registro no mayor a cuatro años.
- Se ha elaborado un informe sobre el análisis estratégico de la cadena de valor de trigo en México y se llevaron a cabo reuniones con actores clave de la cadena de valor de trigo con enfoque en la sustentabilidad de la producción. Estos eventos fueron el “12 Simposium Internacional de Trigo” llevado a cabo en Mazatlán (Figura 19), Sinaloa del 24 al 26 de agosto 2017 y el evento “Quality and Nutrition Day” llevado a cabo en el Batán, Texcoco el día 14 de septiembre de 2017. En estos eventos CIMMYT e INIFAP como representantes de los eslabones de investigación y desarrollo interactuaron con actores fundamentales de la cadena de valor de trigo involucrados en los eslabones de insumos: productores de semillas afiliados al SNICS, Laser y GPS (empresa dedicada a la agricultura de precisión), entre otros; producción: productores afiliados al CONASIST (Comité Nacional del Sistema Producto Trigo, A. C.) y CONATRIGO (Consejo Nacional de Productores de Trigo, A. C.); procesamiento: CANIMOLT (Cámara Nacional de la Industria Molinera del Trigo); venta: ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios), CANAINPA (Cámara Nacional de la Industria Panificadora), BIMBO, Alpura, GRUMA, Nestlé, entre otros. Estos eventos han servido como plataforma para discutir las preocupaciones principales entorno a la cadena de valor de trigo, principalmente en los sectores de los eslabones antes mencionados. Además, CIMMYT, como parte de su compromiso para fortalecer la cadena de valor de trigo en México,

firmó un acuerdo de colaboración entre Grupo Bimbo y actores clave de la industria para aumentar el abastecimiento de trigo nacional a la empresa panificadora más grande del país.

Meta 4.3 Capacidad científica aumentada mediante la selección y formación de científicos mexicanos con vínculos establecidos con la Alianza Internacional de Trigo.

- La formación de científicos a nivel de doctorado durante el 2017 en universidades internacionales en colaboración con México, permite dar continuidad a las investigaciones de trigo, así como mantener los contactos establecidos con la comunidad científica internacional de investigación de cultivos.
- Durante el 2017, 4 estudiantes de doctorado seleccionados entre 2012 y 2015 cursaron con éxito sus estudios de investigación en instituciones internacionales.
- Se firmaron dos convenios de colaboración (relacionados a dos de los cuatro estudiantes de doctorado) con la Universidad de Nottingham y la Universidad de Texas A&M, para la continuación de los estudios de doctorado.
- Dos nuevos estudiantes se han sumado al programa de doctorado en conjunto con la Universidad de Nottingham y apoyados por la beca de CONACYT para posgrados en el extranjero, logrando establecer dos nuevos convenios de colaboración con dicha Universidad.
- Durante 2017 dos estudiantes, Luis Robledo y Fátima Camarillo, han dado por finalizados sus estudios de doctorado y han recibido sus títulos de doctor por parte de la Universidad de Cambridge y la Universidad de Texas A&M, respectivamente.
- Adicionalmente, un estudiante de doctorado, Alejandro Quintero Anaya, presentó un avance considerable en la escritura de su tesis doctoral durante el 2017, logrando entregar la primera versión de esta a la Universidad Austral de Chile. Se espera que dicho estudiante presente su defensa oral durante el primer trimestre del 2018.
- Continuó la difusión en foros nacionales e internacionales de los resultados obtenidos de las investigaciones de MasAgro-Trigo, dando visibilidad internacional entre la comunidad científica de los logros alcanzados hasta el momento.
- Los estudiantes de doctorado continuaron con la escritura de artículos científicos para ser enviados a prestigiosas revistas internacionales. A finales de 2017, el estudiante Alejandro Quintero publicó su primer artículo científico, producto de su investigación doctoral, en la revista *‘European Journal of Agronomy’*.
- Francisco Javier Piñera y Alma Carolina Rivera, estudiantes graduados de MasAgro Trigo, se incorporaron oficialmente al CIMMYT para trabajar como post-doctorados y así poder continuar apoyando con las investigaciones en trigo tanto en MasAgro-Trigo como en diferentes proyectos de la Alianza Internacional de Rendimiento de Trigo (IWYP).
- Se ofreció capacitación a 68 técnicos mexicanos, 16 fueron patrocinados por MasAgro Trigo para realizar el curso teórico-práctico en técnicas de fenotipado de alta precisión y aéreas, impartido el 1 de diciembre en las instalaciones de CIMMYT en Texcoco.

