

**MINISTERIO DE AGRICULTURA GANDERIA Y ALIMENTACIÓN
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS
ICTA
INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA
AGRICULTURA –IICA-
PROGRAMA CONSORCIOS REGIONALES DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA –CRIA-**

AGROCADENA DE MAÍZ

INFORME FINAL

PROYECTO:

**“Producción de Semilla Para Promoción y Liberación del
Híbrido Amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02)”**

**Héctor Danery Martínez Figueroa¹
Marcelino Chub Choc²**

¹Investigador Principal (Director de Granos Básicos ICTA).

²Investigador Asociado (Investigador Asistente Programa de Maíz ICTA).

San Jerónimo, Baja Verapaz, 30 de septiembre de 2022.

Lista de Contenidos

1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico.....	2
3. Objetivos.....	8
4. Metodología.....	9
5. Resultados.....	12
6. Conclusiones.....	18
7. Recomendaciones.....	19
8. Referencias Bibliográficas.....	21
9. Anexos.....	23

Informe final de resultados proyecto PCOL-04-2022:

“Producción de semilla para promoción y liberación del híbrido amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02)”

Héctor Danery Martínez Figueroa¹
Marcelino Chub Choc²

Resumen

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es el que ocupa la mayor cantidad de superficie en Guatemala, además es la base principal de la dieta alimentaria. Aproximadamente un 90% de la producción nacional es de maíz de grano de color blanco, mientras que de maíz de grano de color amarillo la producción es menor a 10%, existiendo en la actualidad una fuerte demanda de maíz de grano amarillo, principalmente de la creciente industria de producción animal, los cuales importan más del 80% del maíz que utilizan. En la estación experimental del ICTA-CEPNOR, ubicada en San Jerónimo, Baja Verapaz, durante el ciclo “C” 2020-2021 (octubre a marzo), se realizó la producción de la semilla básica del progenitor femenino del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro, a continuación de esto, durante el ciclo “A” 2021 (marzo a agosto), y ciclo “C” 2021-2022 (octubre a marzo), se produjo semilla certificada del híbrido antes mencionado. Como resultado del proyecto se produjeron 10 quintales de semilla básica del progenitor femenino del híbrido ICTA Grano de Oro, los cuales fueron utilizados para la producción de semilla certificada de dicho híbrido y para la generación de tecnología en relación a la producción de semilla de este híbrido. Además, se produjeron 304 quintales de semilla certificada del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro, que fue entregada a agricultores de la región del trópico de Guatemala (0-1400 msnm), beneficiando directamente a 1979 agricultores de las regiones: norte, sur, oriente y occidente de Guatemala, con entrega de semilla certificada, desde 5 hasta 25 libras según el tipo de agricultor (subsistencia, excedentario o comercial). Además, se realizaron 4 eventos de promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, en dichos eventos se contó con la participación de 285 personas que conocieron de primera mano la nueva tecnología.

¹Investigador Principal (Director de Granos Básicos ICTA).

²Investigador Asociado (Investigador Asistente Programa de Investigación de Maíz ICTA).

1. Introducción.

Héctor Danery Martínez Figueroa¹
Marcelino Chub Choc²

En Guatemala, durante el periodo 2017-2021 se produjeron de 1.9 a 2.2 millones de TM de maíz de grano blanco, mientras que de maíz amarillo la producción fue menor a las 200,000 TM. Aproximadamente un 90% de la producción nacional es de maíz de grano de color blanco, mientras que de maíz de grano de color amarillo la producción es menor a 10%.

Existen dos sectores industriales en Guatemala que son los mayores consumidores de maíz: el primero es la agroindustria de producción animal (avícola y porcina), que utiliza predominantemente el maíz amarillo como base de los alimentos concentrados. El otro sector, es el que elabora productos de consumo humano, donde puede hacerse una división entre la fabricación de harinas, que se basa en el maíz blanco, y la de otros productos, como boquitas y fritos, en su mayoría elaborados con maíz amarillo (Van Etten & Fuentes, 2005).

En la actualidad existe una fuerte demanda de maíz de grano amarillo por parte del sector agroindustrial, los cuales importan más del 80% del maíz que utilizan. El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), y el Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria (CRIA), validaron en campos de agricultores al híbrido de grano amarillo denominado experimentalmente "ICTA HA-02", en las regiones norte, oriente y occidente de Guatemala.

El híbrido ICTA HA-02, fue nombrado por el comité de semillas y proyectos productivos del ICTA como: ICTA Grano de Oro, y fue liberado el pasado 20 de agosto del año 2021 en la localidad de San Jerónimo, Baja Verapaz.

ICTA Grano de Oro es una excelente opción para los productores de maíz de Guatemala, por sus excelentes características, tales como: alto potencial de rendimiento (100 quintales/manzana promedio), tipo y color de grano, tolerancia al acame de raíz y tallo, debido a su mediana altura, y un buen nivel de resistencia a enfermedades principalmente al Complejo Mancha de Asfalto que ha ocasionado pérdidas en regiones de Guatemala de hasta 80%.

Durante octubre del año 2,020 fue aprobado el proyecto "Producción de semilla para promoción y liberación del híbrido amarillo ICTA HA-02", en el marco del Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria (CRIA), el cual estuvo constituido por tres fases: la primera fue la producción de semilla básica del progenitor femenino del híbrido ICTA Grano de Oro, y la segunda y tercera fase fue la producción de semilla certificada del mencionado híbrido.

El proyecto "Producción de semilla para promoción y liberación del híbrido amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02)", se llevó a cabo en la estación experimental del ICTA-CEPNOR, ubicada en San Jerónimo, Baja Verapaz, durante el periodo comprendido entre septiembre de 2020 y mayo de 2022.

¹Investigador Principal (Director de Granos Básicos ICTA).

²Investigador Asociado (Investigador Asistente Programa de Investigación de Maíz ICTA).

2. Marco Teórico

Situación actual del cultivo de maíz.

El cultivo de maíz es de los de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental. A nivel mundial se siembra en latitudes desde los 55° N a 40° S y del nivel del mar hasta 3,800 m de altitud. El cultivo del maíz tiene una amplia distribución a través de diferentes zonas ecológicas de Guatemala. La distribución del cultivo está en función de la adaptación, condiciones climáticas (precipitación, altitud sobre el nivel del mar, temperatura, humedad relativa), tipo de suelo (Fuentes, 2002; Ferrufino, 2009).

En Guatemala, de manera general el cultivo de maíz se concentra en la zona del altiplano y zonas de la costa sur-occidental y nor-oriental. Este cultivo se observa entre altitudes de 0- 3000 msnm (Fuentes, 2002).

Según USDA (United States Department Agriculture, por sus siglas en inglés) (2010), Guatemala es el cuarto país con mayor consumo de maíz per cápita anual en el mundo. Este país es el mayor productor y consumidor de maíz en la región centro americana.

Las estadísticas de producción de maíz en Guatemala presentan una tendencia a mantener constante la superficie total cultivada y el rendimiento promedio por hectárea. Las toneladas producidas desde 1985 hasta el año 2000 se han mantenido alrededor de 1, 200,000 TM, con rangos que van desde un millón trescientas mil, hasta niveles menores al millón de toneladas, especialmente después del efecto del huracán Mitch en 1998. La importación del grano por el contrario se ha incrementado 63 veces, lo cual se debe al incremento de la población ya que la producción interna en lugar de aumentar se ha mantenido casi constante tendiendo a disminuir. Los rendimientos por hectárea (ha) se han mantenido cerca de los 1,800 kg/ha con medias que llegaron a 2,000 kg/ha durante los primeros años de la década de los 90's hasta su caída como efecto de las inundaciones de 1998. La superficie cosechada también se ha mantenido constante desde 1985 en alrededor de 700,000 ha con fluctuaciones de alrededor de 100,000 ha por año (Ferrufino, 2009; Gómez, 2013).

Según la Encuesta Nacional Agrícola –ENA- publicada por el Instituto de Estadística (INE) para el año agrícola 2017-2018 se sembraron en Guatemala 1,074,058 hectáreas con el cultivo de maíz, de las cuales se estimó una producción de 2,605,551 Toneladas Métricas; con un rendimiento promedio de 2,205.14 kg/ha (33.96 quintales/manzana) (INE, 2018).

La producción nacional se encuentra distribuida de la siguiente forma: Petén (18%), Alta Verapaz (10%), Quiché (8%), Jutiapa (7%), Huehuetenango (6%), San Marcos (5%), Retalhuleu (5%), Santa Rosa (5%), Chimaltenango (4%), Escuintla (4%), Quetzaltenango (4%), y los demás departamentos de la República suman el (24%) restante (Figura 1). El 62.3% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en 7 departamentos: Petén (18.4%), Alta Verapaz (13.1%), Quiché (8.1%), Huehuetenango (7.5%), Jutiapa (6.6%), San Marcos (4.7%), e Izabal (4%) (MAGA, 2015; MAGA, 2018).

Según las cifras oficiales del Banco de Guatemala, el cultivo de maíz contribuye con el 1 % del Producto Interno Bruto (PIB) y el 4 % del PIB agrícola. El cultivo genera 57,983,333 empleos directos en campo (jornales/año2014), lo que equivale a 207,083 empleos permanentes (MAGA,2015).

Distribución de la producción a nivel nacional (%):

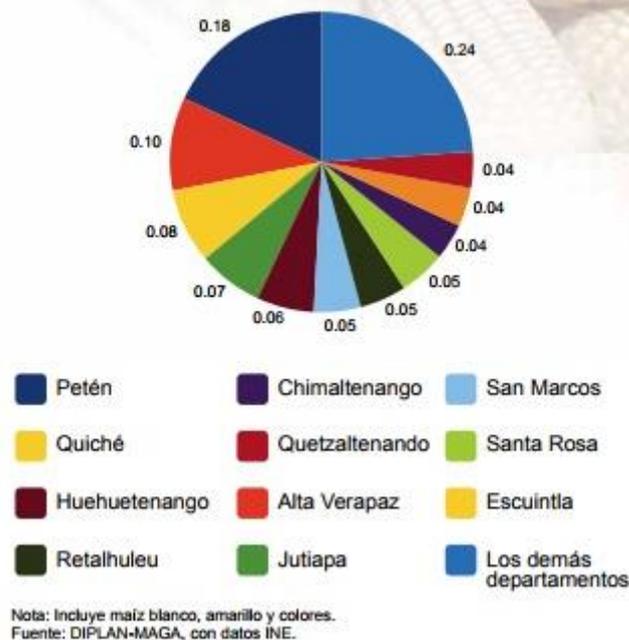


Figura 1. Distribución de la producción de maíz a nivel nacional por departamento.

En Guatemala el maíz es considerado un cultivo marginal, ya que no aporta mucho a la economía en términos monetarios. Muchas veces se considera la producción de maíz como un sector de importancia “social” más que económica. Sin embargo, es importante destacar que el maíz ocupa dos terceras partes del área con cultivos anuales. Su presencia es lo suficientemente amplia para merecer atención en su función dentro de la economía doméstica rural (Van Etten & Fuentes, 2005).

En Guatemala existen principalmente dos grandes zonas: el Trópico Bajo (0-1,400 msnm) y la zona del Altiplano (1,500-3,100 msnm). El trópico bajo se subdivide en áreas con condiciones de humedad favorecida, con mejor distribución de la precipitación pluvial, que ocupa el 45% del área de maíz (294,975.10 ha) El área con condiciones de humedad limitada, que presenta problemas de distribución errática de la precipitación y períodos prolongados de sequía (canícula), ocupa el 25% del área maicera (163,874.90 ha). Por su parte, el Altiplano, que se subdivide en un área de transición (1500-1800 msnm) y las tierras altas (más de 1800 msnm), ocupa el 30% del área total de maíz (196,649.60 ha) (ICTA, 2000; Fuentes et al., 2005).

A nivel nacional el mayor porcentaje de siembra (>80%) se realiza bajo condiciones de temporal y varían según la ubicación de la localidad referente a la altitud sobre el nivel del mar. Generalmente estas siembras se realizan en función del período de lluvia y otras localidades como el Altiplano, las siembras dependen de la humedad residual observada en el suelo. Las zonas maiceras que se encuentren ubicadas abajo de los 1400 msnm realizan siembras entre mayo y junio. Las siembras de segunda se realizan en septiembre. Bajo condiciones del Altiplano (>1500 msnm) se observan diferentes épocas de siembra. En promedio las siembras de primera se realizan entre marzo-abril y siembras de segunda entre abril-mayo. Las siembras bajo condiciones de riego se observa principalmente en la zona del Trópico bajo y se pueden realizar en cualquier época del año (Fuentes, 2002).

En la actualidad la producción de maíz en Guatemala no cubre la demanda nacional y se ve en la necesidad de importar grandes cantidades de este grano para satisfacer las demandas internas. Tradicionalmente, las importaciones de maíz han procedido en un 70% de Estados Unidos de Norteamérica y un 30% de México. Para el

año 2017, las importaciones de maíz blanco ingresaron en un 92% de Estados Unidos de Norteamérica, el 7% de México y el 1% otros orígenes (MAGA, 2018).

Según los resultados de la ENA (2014), que presentó el INE las importaciones de maíz blanco mostraron un comportamiento irregular durante el período 2007-2013; pero a partir del año 2014 presentaron una tendencia creciente. Este comportamiento también se manifiesta en sus precios, que pasaron de US \$245.61/TM en el año 2007 hasta alcanzar los US \$400.61/TM en el año 2010; después bajaron a US \$318.45/TM en el año 2013 y situarse en US \$264.02/TM en el año 2014, para bajar en el año 2015 a US \$.231.35/TM, y luego volver a subir en el año 2016 a US \$241.60/TM, para el año 2018 el precio fue de US \$.216/TM. En los años 2014, 2015 y 2016, se infiere que las importaciones de maíz blanco aumentaron para cubrir parte de las pérdidas por las canículas prolongadas que se presentaron en esos años (MAGA, 2018).

El Maíz Amarillo en Guatemala.

La producción de maíz amarillo respecto al maíz blanco es bastante baja, ya que mientras la producción de maíz blanco representa aproximadamente un 90% de lo que se siembra, menos del 10% restante corresponde a maíz de color amarillo.

Según datos del MAGA, para el año agrícola 2016-2017 (mayo a abril) en Guatemala se produjeron 1,885,000 TM de maíz blanco, mientras que de maíz amarillo la producción fue 210,000 TM aproximadamente (MAGA, 2017). Para el año 2015 se importaron 916,705.15 TM, de maíz amarillo, lo que representa \$191,364,791.00 (MAGA 2,015).

En Guatemala existen dos sectores industriales que son los mayores consumidores de maíz. El primero es la agroindustria de producción animal (avícola y porcina), que utiliza predominantemente el maíz amarillo como base de los alimentos concentrados. El otro sector es el que elabora productos de consumo humano, donde puede hacerse una división entre la fabricación de harinas, que se basa en el maíz blanco, y la de otros productos, como boquitas y fritos, en su mayoría elaborados con maíz amarillo (Van Etten & Fuentes, 2005).

El maíz blanco y el maíz amarillo tienen diferentes características alimentarias. El maíz amarillo es más rico en carotenoides y por eso es el preferido para los alimentos concentrados para animales, ya que los carotenoides tienen una función importante en el crecimiento y la coloración de la yema de los huevos (Van Etten & Fuentes, 2005).

En el sector de productos para consumo humano la distinción entre maíz amarillo y blanco es más profunda, aunque existen empresas que han diversificado sus actividades y se dedican a la elaboración de productos tanto de maíz amarillo como de blanco (Van Etten & Fuentes, 2005).

El sector público agrícola de Guatemala desde la década de los 90, no cuenta con cultivares de grano amarillo en el mercado nacional, el ICTA desde su creación en el año 1972 ha dedicado considerables esfuerzos para conducir investigación en el cultivo de maíz, lamentablemente desde la liberación de la variedad ICTA A-6 y el híbrido ICTA HA-48, no se ha liberado ningún cultivar de maíz de grano amarillo que apoye al sector agroindustrial, existiendo en la actualidad una fuerte demanda de maíz de grano amarillo, principalmente de la creciente industria de producción animal, los cuales importan más del 80% del maíz que utilizan.

Problemática.

Uno de los principales problemas del agro guatemalteco es la desigualdad en la propiedad de las tierras, ya que el 15% de los productores (agricultores comerciales) es dueño del 70% de la tierra, el 3.85% (agricultores excedentarios) es dueño del 10% y el restante 20%, se reparte entre el 96% de los agricultores (agricultores de infra subsistencia y subsistencia) (Fuentes, 2002; ICTA, 2012).

En Guatemala, el maíz es primordialmente un cultivo de minifundio, el 92% de las fincas en las cuales se produce tienen una extensión menor a 7.00 ha, aunado a esto es un cultivo que se produce con pocos insumos comprados y que está sometido a una serie de **problemas biológicos, climáticos y edáficos** (MAGA 1998, Fuentes, 2002; ICTA 2017).

La insuficiente producción local y el bajo potencial de rendimiento de la mayoría de cultivos de maíz de grano amarillo con los que cuentan los agricultores del trópico de Guatemala son una de las principales problemáticas.

Bajo Potencial de Rendimiento:

El problema central en torno al maíz es que la producción de Guatemala no cubre la demanda nacional. Esto genera una necesidad de importar maíz, lo cual influye en el desequilibrio de la balanza comercial de Guatemala. Esto ha provocado la pérdida de divisas que de otra forma se hubiesen podido invertir en la economía del país. La débil oferta nacional también provoca aumentos en los precios del maíz, a pesar de las escasas ganancias del sector productivo (Fuentes *et al.*, 2005).

Según el informe del MAGA para el año agrícola 2017/2018 (mayo a abril) el rendimiento promedio fue de 2,266 kg/ha (MAGA, 2018). Estos datos comparados con los rendimientos que se obtienen en los países de mayor producción en el mundo como Estados Unidos (9,339 kg/ha), Argentina (8,080 kg/ha) o China (5,090kg/ha) son bastante bajos (MAIZAR, 2011).

Los rendimientos dependen en gran medida de los insumos para la producción y de su precio. La falta de recursos financieros resulta en una elevación de costos, además la falta de liquidez económica también causa atrasos en la utilización de tecnología, como es el uso de semillas mejoradas y otros insumos. A esta situación se agrega la poca o nula existencia de programas de capacitación y asistencia técnica para los productores. Por otro lado, el aumento de los rendimientos se limita por los ambientes ecológicos en que se desarrolla el cultivo del maíz: muchas de las áreas con maíz son de bajo potencial (laderas con alta pendiente, suelos de vocación forestal) (Fuentes *et al.*, 2005).

Complejo Mancha de Asfalto (CMA), principal enfermedad del maíz en el norte de Guatemala.

Las enfermedades causadas por hongos son una limitante en la producción del cultivo de maíz, en los últimos años la enfermedad conocida como “complejo mancha de asfalto” CMA ó TSC (Tar spot complex por sus siglas en inglés), ha causado fuertes pérdidas en algunas regiones de Guatemala. Se ha reportado principalmente en el área norte del país en la época de siembra de noviembre-diciembre y en el municipio de Monjas, departamento de Jalapa, en las siembras de junio.

El primer reporte de mancha de asfalto en maíz por el hongo *Phyllachora maydis* Maubl., se hizo en México (Maublanc, 1904). Esta enfermedad produce lesiones

elevadas oscuras, estromáticas de aspecto liso y brillante, de forma oval a circular, con 0.5 a 2.0 mm de diámetro y forma estrías hasta de 10 mm de longitud (Parbery, 1967; Hamlin, 1999). Un segundo hongo asociado a la enfermedad es *Monographella maydis* Müller & Samuels, el cual provoca lesiones alrededor de las producidas por *P. maydis*. Al principio se observa un halo de forma elíptica, color verde claro de 1-4 mm, posteriormente es necrótico y provoca el síntoma conocido como “ojo de pescado”. En lesiones jóvenes, es común encontrar a *Microdochium* sp, anamorfo de *Monographella maydis*. También, en el tejido necrótico se puede observar a *Coniothyrium phyllachorae* Maubl. (Müller y Samuels, 1984), que confiere una textura ligeramente áspera al tejido dañado (Figura 2) (Pereyda-Hernandez *et al.*, 2009, Hernández-Ramos *et al.*, 2015).

Bajo condiciones ambientales favorables, el follaje puede ser atizonado en menos de ocho días, debido a coalescencia de lesiones inducidas por los distintos hongos y atribuido a la producción de una toxina. Factores adicionales que favorecen la enfermedad son: alta humedad en el ambiente (10 a 20 días nublados en el mes), niveles altos de fertilización nitrogenada, dos ciclos de maíz por año, genotipos susceptibles, baja luminosidad, edad de alta vulnerabilidad del hospedante, virulencia de los patógenos involucrados (Hock *et al.*, 1989; Pereyda-Hernandez *et al.*, 2009).

Según Loladze, 2017, las epidemias más severas del complejo mancha de asfalto se presentan en las elevaciones comprendidas entre 700 y 1600 msnm (Loladze, 2017). En el “Manual Técnico para el Manejo de la Mancha de Asfalto”, se reporta que las áreas afectadas en la cosecha 2005-2006 fueron Las Cruces y La Libertad, ubicadas en El Petén. En esos lugares, de los 100 mil quintales esperados sólo se logró una producción de unos 40 mil. De esta producción la mitad correspondió a maíz amarillo y la otra de maíz blanco. Estimándose una pérdida equivalente entre 5 a 6 millones de quetzales, de acuerdo al precio de venta del quintal de maíz en ese momento (ICTA, 2013).

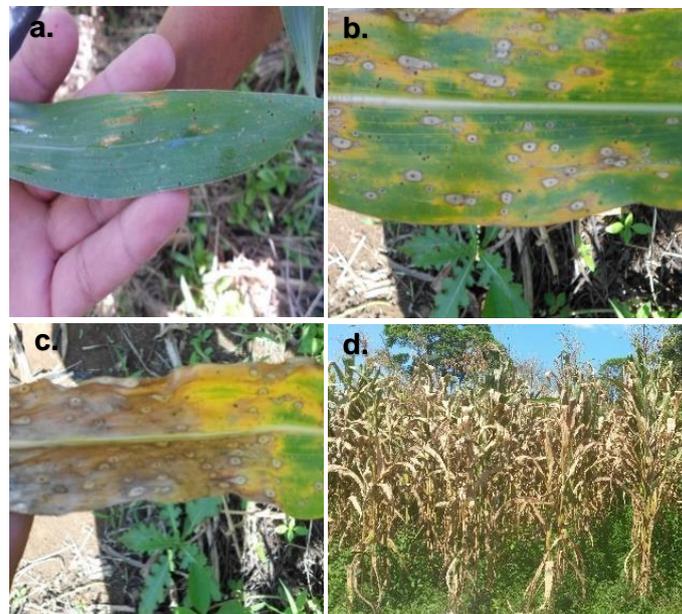


Figura 2. Complejo de hongos que provocan la “mancha de asfalto”. a. *Phyllachora maydis* Maubl. b. *Monographella maydis* Müller & Samuels. c. *Coniothyrium phyllachorae* Maubl. d. Daño de mancha de asfalto en híbridos de maíz, Ixcán, Quiché 2015. (Fotografías de Héctor Danery Martínez, Coordinador del Programa de Maíz del ICTA).

En 2009 el MAGA reportó pérdidas por Q25.9 millones por daños en 1,506 hectáreas de cultivo de maíz en cuatro departamentos, habiendo sido perjudicadas unas 6,542 familias, siendo el municipio de Ixcán, Quiché, uno de los más afectados. La

Comisión Técnica Nacional de Mancha de Asfalto del Maíz, indica que el dato anterior fue confirmado por representantes de las familias productoras del Ixcán y del Polochic, en el 3er taller nacional de mancha de asfalto, realizado el 25 de mayo del 2012 en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos (USAC), quienes expresaron que en los años siguientes, aumentó la afectación hasta llegar a producir entre 10 y 15 quintales de maíz por manzana en las siembras de noviembre-diciembre de 2011, cantidad que no es suficiente ni para el consumo de la familia al año, que es de 20 quintales (ICTA, 2013).

En las provincias del norte de Guatemala se estimaron pérdidas de rendimiento arriba del 75% para el periodo de 2008/2009 y problemas similares se observaron en Honduras y El Salvador en años recientes (Mahuku *et al.*, 2016). Una práctica de los agricultores ha sido adelantar las fechas de siembra (esto cuando las lluvias lo permiten), con el objetivo de escapar a la incidencia de la enfermedad.

Durante el año 2018 el ICTA liberó el primer híbrido de maíz con resistencia al complejo mancha de asfalto en Guatemala, este híbrido fue nombrado ICTA HB-17^{TMA}, es un cultivar de grano blanco, textura semidentada. En la actualidad, alrededor del mundo no existen variedades de polinización libre con un buen nivel de resistencia al complejo mancha de asfalto.

Según Ceballos y Deutsch (1992), quienes realizaron el primer estudio de la genética de la resistencia a mancha de asfalto, indican que la herencia de la resistencia está controlada por un solo gen dominante.

Mahuku *et al.* (2016), reportan que un *QTL Mayor* (*qRtsc8-1*) (Quantitative Trait Loci, por sus siglas en inglés), condiciona la resistencia al complejo mancha de asfalto y estuvo presente en una frecuencia de 3.5% en 890 líneas mejoradas de maíz. Este es el primer reporte de un *QTL Mayor* para resistencia al complejo mancha de asfalto.

Durante el año 2017, se realizaron mapas de asociación junto con mapas de ligamientos fueron realizados en tres poblaciones biparentales dobles aploides (DH), utilizando Genotipado por Secuenciación (Genotiping by sequencing –GBS- por sus siglas en inglés), y Polimorfismo de un solo Nucleótido (Single nucleotide polymorphisms –SNIPs- por sus siglas en inglés); los resultados indican que la resistencia al complejo mancha de asfalto en el maíz está controlada por un *QTL Mayor* localizado en el cromosoma 8, y además varios *QTL* menores con pequeños efectos en otros cromosomas (2,3 y 7). La información obtenida puede ser usada para desarrollar marcadores moleculares funcionales para poder realizar Selección Asistida (MAS) y además para implementar Selección Genómica (GS) en el mejoramiento para el complejo mancha de asfalto (Cao *et al.*, 2017).

En Guatemala comercialmente no hay cultivares de maíz de grano amarillo con resistencia al complejo mancha de asfalto, derivado de lo anterior, la liberación del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro, constituye una excelente alternativa para mitigar los efectos adversos que dicha enfermedad ha ocasionado en las regiones del norte y oriente de Guatemala.

Híbrido de Maíz ICTA Grano de Oro:

El rendimiento es uno de los componentes más importantes en un programa de mejoramiento, y por lo tanto debe ser uno de los primeros factores a considerarse al momento de evaluar y seleccionar cultivares mejorados, el programa de investigación de maíz del ICTA, con el apoyo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), a través del uso de técnicas de fitomejoramiento convencional ha

desarrollado el nuevo híbrido de grano amarillo ICTA Grano de Oro. ICTA Grano de Oro está compuesto por tres líneas endogámicas (puras).

ICTA Grano de Oro = GTAN 2-19/GTAN 1-19//GTAN 4-19.

ICTA Grano de Oro se constituye en una excelente opción para los productores de maíz de Guatemala, por sus excelentes características, tales como: alto potencial de rendimiento (100 quintales/manzana promedio), tipo y color de grano, tolerancia al acame de raíz y tallo, debido a su mediana altura, y un buen nivel de resistencia a enfermedades (tizones foliares, royas, pudriciones de la mazorca y el complejo mancha de asfalto).

Durante el año 2019, el ICTA y el programa CRIA, realizaron la validación del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro en campos de agricultores, teniendo una alta aceptación por parte de estos, debido a sus excelentes características. Durante el año 2021, se realizó la liberación del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, sin embargo, previamente se debía producir semilla básica de sus progenitores, y a continuación semilla certificada del híbrido, la cual sería entregada a los productores el día de la liberación.

En la estación experimental del ICTA-CEPNOR, ubicada en San Jerónimo, Baja Verapaz, durante el ciclo "C" 2020-2021 (octubre a marzo), se realizó la producción del progenitor femenino del híbrido ICTA Grano de Oro (Semilla Básica), a continuación de esto, durante el ciclo "A" 2021 (marzo a agosto), y ciclo "C" 2021-2022 (octubre a marzo) se produjo la semilla certificada de ICTA Grano de Oro.

Considerando que desde la década de los 90 el ICTA no cuenta con cultivares de grano amarillo en el mercado nacional, ICTA Grano de Oro se constituirá en una excelente alternativa tecnológica que coadyuvará a resolver la problemática en torno al cultivo de maíz en la región del Trópico Bajo de Guatemala.

3. Objetivos.

3.1 General:

Producir semilla básica y certificada del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02), que será utilizada para la liberación, promoción y masificación de dicho cultivar en la región del Trópico Bajo de Guatemala (0 a 1400 msnm).

3.2 Específicos:

- Producir semilla básica del progenitor femenino del híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02), necesaria para la formación de dicho híbrido.
- Producir semilla certificada del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02), que se distribuirá a grupos de agricultores de la región del trópico de Guatemala.

4. Metodología.

4.1 Fase 1: Producción de semilla básica del progenitor femenino del híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02).

4.1.1 Localidad:

Estación Experimental del CEPNOR, San Jerónimo, Baja Verapaz.

4.1.2 Época de Siembra.

Ciclo C (octubre a marzo) 2020-2021.

4.1.3 Diseño experimental.

Sin diseño.

4.1.4 Líneas:

- Línea GTAN 2-19 (progenitor femenino de la cruza)
- Línea GTAN 1-19 (progenitor masculino de la cruza)

4.1.5 Tamaño de la parcela.

7000 metros cuadrados (lote aislado).

4.1.6 Modelo Estadístico:

No aplica.

4.1.7 Variable Respuesta:

- **Rendimiento de grano (kg/ha):** 10 quintales del progenitor femenino del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02).

4.2 Fase 2: Producción de semilla certificada del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02).

4.2.1 Localidad:

Estación Experimental del CEPNOR, San Jerónimo, Baja Verapaz.

4.2.2 Época de Siembra.

Ciclo A (marzo a agosto) 2021.

4.2.3 Diseño experimental.

Sin diseño.

4.2.4 Genotipos:

- Cruza GTAN 2-19/GTAN 1-19 (progenitor femenino)
- Línea GTAN 4-19 (progenitor masculino)

4.2.5 Tamaño de la parcela.

21,000 metros cuadrados (lote aislado).

4.2.6 Modelo Estadístico:

No aplica.

4.2.7 Variable Respuesta:

- **Rendimiento de grano (kg/ha):** rendimiento de 150 quintales de semilla certificada del nuevo híbrido de grano amarillo ICTA Grano de Oro.

4.3 Fase 3: Producción de semilla certificada del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02).

4.3.1 Localidad:

Estación Experimental del CEPNOR, San Jerónimo, Baja Verapaz.

4.3.2 Época de Siembra.

Octubre a marzo 2021.

4.3.3 Diseño experimental.

Sin diseño.

4.3.4 Genotipos:

- Cruza GTAN 2-19/GTAN 1-19 (progenitor femenino)
- Línea GTAN 4-19 (progenitor masculino)

4.3.5 Tamaño de la parcela.

14,000 metros cuadrados (lote aislado).

4.3.6 Modelo Estadístico:

No aplica.

4.3.7 Variable Respuesta:

- **Rendimiento de grano (kg/ha):** rendimiento de 100 quintales de semilla certificada del nuevo híbrido de grano amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02).

4.4 Manejo de las Parcelas de Producción.

- **Preparación de tierras:** Para cada una de las parcelas de producción de semilla esta actividad se realizó de forma mecanizada, realizando un paso de arado y dos de rastra.
- **Distancias de siembra:** 0.80 metros entre surcos y 0.40 metros entre posturas, para una densidad población aproximada de 62,500 plantas/ha.
- **Siembra:** La siembra se realizó bajo una proporción 3:1, es decir, tres surcos de progenitor femenino por un surco de progenitor masculino. Además, las parcelas se sembraron como lotes aislados, esto para evitar contaminación de polen de otros cultivares de maíz.

- **Raleos:** Al momento de la siembra se colocaron tres semillas por postura, 20 días después se eliminó una planta, dejando únicamente dos por postura.
- **Fertilización:** Se realizó de forma manual utilizando una coba o chuso para enterrar el fertilizante, se aplicaron 100 kg/ha de nitrógeno, 30 Kg/ha de fósforo y 80 kg/ha de potasio, en tres momentos específicos del ciclo del cultivo. La primera fertilización se realizó entre los 8 a 10 DDS. La segunda época de aplicación o aplicación intermedia se realizó al momento del aporque, es decir aproximadamente entre los 30 y 35 DDS. Y la tercera aplicación se realizó cuando el cultivo se encontraba en estado de prefloración (al candelero), aproximadamente a los 40 a 45 DDS.
- **Control de malezas:** Se realizaron las limpiezas que fueron necesarias para mantener las parcelas completamente limpias, se realizaron de forma manual y también de forma química utilizando herbicidas selectivos de contacto y sistémicos como: Atrazina + Mesotrione, Glufusinato de Amonio y Paraquat + Dicuat.
- **Control de Plagas del follaje:** Se realizaron aplicaciones de forma química, principalmente orientadas a controlar el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Walker). Se utilizaron básicamente productos de acción de contacto y sistémicos, orientados al control del insecto en sus diferentes estadios larvales y de huevo. Productos utilizados: Lambdacihalotrina + Clorantranilprole, Spinetoram, Profenofos + Lefenurom y Thiodicarb.
- **Control de Enfermedades:** Se realizaron aplicaciones de forma química según incidencia.
- **Desespigue del progenitor femenino:** La flor masculina del progenitor femenino, se eliminó de forma manual antes de que iniciara con la liberación de polen, esto debido a que nos interesa que la flor femenina de este progenitor sea fecundada únicamente por el polen del progenitor masculino (Línea GTAN 1-19 para semilla básica y Línea GTAN 4-19 para la semilla certificada), de esta manera obtuvimos la semilla producto del cruzamiento de los dos parentales (según sea el caso).
- **Cosecha:** Se cosecharon únicamente las mazorcas provenientes de las plantas del progenitor femenino, ya que estas son el fruto del cruzamiento de los dos progenitores y se constituyen en la semilla básica y certificada de acuerdo a cada parcela de producción de semilla (básica y certificada).
- **Postcosecha:** Se realizó de forma manual la limpieza, selección y desgrane de las mazorcas cosechadas, con el objetivo de tener semilla de primera calidad que se utilizó para la promoción y masificación del nuevo híbrido de grano amarillo ICTA Grano de Oro.

5. Resultados.

5.1 Fase 1: Producción de semilla básica del progenitor femenino del híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02).

Como resultado de la parcela de producción de semilla básica del progenitor femenino del híbrido de maíz amarillo ICTA Grano de Oro, se cosecharon en primer lugar, las mazorcas provenientes de las plantas del progenitor femenino (línea GTAN 2-19), ya que estas son el fruto del cruzamiento de los dos progenitores y, en segundo lugar, se cosecharon las mazorcas de la línea GTAN 1-19, progenitor masculino de la cruza.

Se realizaron labores manuales de postcosecha, a saber: limpieza, selección y desgrane de las mazorcas cosechadas, esto, con el objetivo de tener semilla de primera calidad que se utilizaría en las siguientes fases del proyecto.

Se obtuvieron 10 quintales de semilla básica de la línea GTAN 2-19, progenitor femenino de la cruza del híbrido y 2 quintales de semilla de la línea GTAN 1-19, progenitor masculino de la cruza del híbrido.

El objetivo principal de la semilla básica cosechada del progenitor femenino del híbrido ICTA Grano de Oro fue realizar la siembra de parcelas de producción de semilla certificada de dicho híbrido de maíz, que se utilizarían para la liberación, promoción y masificación de ICTA Grano de Oro.

Para la fase 2 del proyecto se utilizaron 100 libras del progenitor femenino GTAN 2-19/GTAN 1-19 y para la fase 3 se utilizaron 50 libras de dicho progenitor femenino, además, una parte de la semilla obtenida en esta primera fase fue destinada a investigación, realizándose ensayos de sincronía floral a través de las localidades del trópico bajo de Guatemala, y el remanente de la semilla obtenida fue entregada a la planta procesadora de semillas del ICTA para su resguardo y posterior utilización.

5.2 Fase 2: Producción de semilla certificada del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02).

Como resultado de la primera parcela de producción de semilla certificada se cosecharon las mazorcas provenientes de las plantas del progenitor femenino (GTAN 2-19/ GTAN 1-19), ya que estas son el fruto del cruzamiento de los dos progenitores, y corresponden a la semilla certificada del nuevo híbrido de maíz amarillo ICTA Grano de Oro, en segundo lugar, se cosecharon las mazorcas de la línea GTAN 4-19, progenitor masculino del híbrido.

Se realizaron labores manuales de postcosecha como: limpieza, selección y desgrane de las mazorcas cosechadas, esto, con el objetivo de tener semilla de primera calidad que se entregaría en los eventos de liberación y promoción del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro.

Se cosecharon un total de 210 quintales de semilla certificada de ICTA Grano de Oro y, además, se cosecharon un total de 21 quintales de semilla básica de la línea endogámica GTAN 4-19 progenitor masculino del híbrido.

La semilla certificada del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro, se preparó, se trató y se embolsó, en la planta procesadora de semillas del ICTA, esto con la finalidad de que dicha semilla estuviera lista para ser entregada a los agricultores beneficiarios en el evento

de liberación y también en eventos de promoción y difusión del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro, planificados para el mes de agosto y septiembre de 2021.

5.2.1 Evento de liberación y promoción del híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, ICTA-CEPNOR, San Jerónimo, Baja Verapaz.

En el marco del presente proyecto se realizó el evento de liberación y promoción del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, dicho evento se llevó a cabo en la estación experimental del ICTA-CEPNOR, ubicada en San Jerónimo, Baja Verapaz. El evento se realizó el día 20 de agosto del año 2021.

Para el evento de liberación y promoción del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, se utilizó la metodología de “taller”, el cual constó de las siguientes partes principales:

5.2.1.1 Charla sobre generación y desarrollo de ICTA Grano de Oro:

Se realizó una charla sobre el proceso y la metodología de fitomejoramiento utilizada para la generación y desarrollo del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro.

5.2.1.2 Charla sobre características agronómicas de ICTA Grano de Oro:

Se realizó una charla sobre las características agronómicas del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, por ejemplo: potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades, altura de planta, etc.

5.2.1.3 Recorrido por parcelas demostrativas de ICTA Grano de Oro:

En la estación experimental del ICTA-CEPNOR, durante el mes de junio de 2021 se establecieron dos parcelas demostrativas, la primera, constituida de 400 metros cuadrados de grano comercial de ICTA Grano de Oro y la segunda parcela, constituida de 400 metros cuadrados de la producción de semilla certificada de dicho híbrido.

Se organizó a los participantes del evento para que pudieran observar de primera mano las características del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, tanto, de grano comercial, como de la producción de semilla certificada, durante el evento de liberación las parcelas estaban en fase reproductiva R2 (Elote tierno), por lo cual, los participantes del evento pudieron observar de primera mano todas las bondades del nuevo híbrido de maíz.

5.2.1.4 Entrega de semilla a autoridades y agricultores:

Se realizó la entrega de 25 quintales de semilla certificada del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, en primer lugar, se entregó semilla certificada a los delegados departamentales del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), de los departamentos de Alta Verapaz (10 quintales) y Baja Verapaz (5 quintales), en segundo lugar se realizó la entrega de semilla del nuevo híbrido a los agricultores participantes (5 quintales) y en tercer lugar se entregó semilla a autoridades del IICA-CRIA, quienes lo entregarían a sus beneficiarios (5 quintales).

Se entregaron bolsas de semilla de 10 libras del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, para cada agricultor, con las cuales se podrá sembrar un área aproximada de 3,500 metros cuadrados (media manzana).

5.2.1.5 Entrega de promocionales para promoción de ICTA Grano de Oro:

En el evento de liberación se entregaron promocionales a técnicos, extensionistas y agricultores, dichos promocionales consistieron en: trifoliales, camisas, blusas, playeras y gorras, del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro.

Los promocionales que se entregaron tenían información de las características y bondades del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, y permiten la promoción y difusión de la nueva tecnología en cada una de las localidades y comunidades de origen de los participantes.

Además de lo anteriormente expuesto, se tuvieron en el evento de liberación promocionales como: mantas vinílicas y adhesivos que permitieron a los participantes visualizar la nueva tecnología liberada.

5.2.1.6 Participación de autoridades y agricultores:

Las autoridades del ICTA: Ing. Julio Villatoro, Gerente General, autoridades del MAGA: Lic. José Ángel López, Ministro de Agricultura, autoridades del IICA-CRIA: PhD. María Febres, representante del IICA en Guatemala, y agricultores participantes, expresaron su opinión respecto a la liberación del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro.

5.2.2 Evento de promoción del híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, ICTA-CEPSUR, La Máquina, Suchitepéquez.

En el marco del presente proyecto también se realizó un evento de promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, llevándose a cabo en la estación experimental del ICTA-CEPSUR, ubicada en San José La Máquina, Suchitepéquez. El evento se realizó el día 03 de septiembre del año 2021.

Para el evento de promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, se utilizó la metodología de “taller”, el cual constó de las siguientes partes principales:

5.2.2.1 Charla Sobre Generación y Desarrollo de ICTA Grano de Oro:

Se realizó una charla sobre el proceso y la metodología de fitomejoramiento utilizada para la generación y desarrollo del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro.

5.2.2.2 Charla Sobre Características Agronómicas de ICTA Grano de Oro:

Se realizó una charla sobre las características agronómicas del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, por ejemplo: potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades, altura de planta, etc.

5.2.2.3 Recorrido por Parcela Demostrativa de ICTA Grano de Oro:

En la estación experimental del ICTA-CEPSUR, durante el mes de julio, se estableció una parcela demostrativa, constituida de 400 metros cuadrados de grano comercial del híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro.

Se organizó a los participantes del evento para que pudieran observar de primera mano las características del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, durante el evento de promoción y difusión las parcelas estaban en fase reproductiva R2 (Elote tierno), por lo

cual, los participantes del evento pudieron observar de primera mano todas las bondades del nuevo híbrido de maíz.

5.2.2.4 Entrega de Semilla a Extensionistas y Agricultores:

Se realizó la entrega de 35 quintales de semilla certificada del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, en primer lugar, se entregó semilla certificada a los delegados departamentales del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), de los departamentos de San Marcos (8 quintales), Quetzaltenango (5 quintales), Suchitepéquez (5 quintales), Retalhuleu (10 quintales) y Escuintla (5 quintales), y en segundo lugar se realizó la entrega de semilla del nuevo híbrido a los agricultores participantes (2 quintales).

Se entregaron bolsas de semilla de 10 libras del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, para cada agricultor, con las cuales se podrá sembrar un área aproximada de 3,500 metros cuadrados (media manzana).

5.2.2.5 Entrega de Promocionales Para Promoción de ICTA Grano de Oro:

En el evento de promoción y difusión se entregaron promocionales a técnicos, extensionistas y agricultores, dichos promocionales consistieron en: trifoliales, camisetas, playeras y gorras, del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro.

Los promocionales que se entregaron tenían información de las características y bondades del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, y permiten la promoción y difusión de la nueva tecnología en cada una de las localidades y comunidades de origen de los participantes.

Además de lo anteriormente expuesto, se tuvieron en el evento de promoción y difusión promocionales, constituidos como: mantas vinílicas y adhesivos que permitieron a los participantes visualizar la nueva tecnología liberada.

5.2.2.6 Participación de Autoridades y Agricultores:

Las autoridades del ICTA, Ing. Franklin Chávez, Coordinador del Programa de Maíz/Ajonjolí, autoridades del MAGA, Ing. Mario Anibal Sac, Jefe Departamental de Suchitepéquez, autoridades del IICA-CRIA: PhD. María Febres, representante del IICA en Guatemala, y agricultores participantes, expresaron su opinión respecto a la promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro.

5.2.3 Entrega de semilla segunda fase del proyecto:

Para la segunda fase del proyecto se realizó la entrega de un total de 150 quintales de semilla certificada distribuidas a través de las agencias de extensión agropecuaria del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, el Programa de Validación y Transferencia de Tecnología del ICTA y los gestores del Programa CRIA. Se beneficiaron directamente a 1030 agricultores de las regiones del trópico bajo de Guatemala (0-1400 msnm).

Después de la realización de los eventos de liberación, promoción y difusión de ICTA Grano de Oro, correspondientes a la segunda fase del proyecto, se realizó la entrega de un informe de dichas actividades el cual incluyó listados de participantes, beneficiarios de promocionales (gorras, playeras, etc.), y también listados de beneficiarios de semilla certificada de ICTA Grano de Oro.

5.3 Fase 3: Producción de semilla certificada del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro (ICTA HA-02).

Como resultado de la segunda parcela de producción de semilla certificada se cosecharon las mazorcas provenientes de las plantas del progenitor femenino (GTAN 2-19/ GTAN 1-19), ya que estas son el fruto del cruzamiento de los dos progenitores, y corresponden a la semilla certificada del nuevo híbrido de maíz amarillo ICTA Grano de Oro, en segundo lugar, se cosecharon las mazorcas de la línea GTAN 4-19, progenitor masculino del híbrido.

Se realizaron labores manuales de postcosecha como: limpieza, selección y desgrane de las mazorcas cosechadas, esto, con el objetivo de tener semilla de primera calidad que se entregaría en los eventos de promoción del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro.

En esta tercera fase del proyecto se cosecharon un total de 94 quintales de semilla certificada del híbrido de maíz amarillo ICTA Grano de Oro.

La semilla certificada del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro, se preparó, se trató y se embolsó, en la planta procesadora de semillas del ICTA, esto con la finalidad de que dicha semilla estuviera lista para ser entregada a los agricultores beneficiarios en los eventos de promoción y difusión del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro, planificados para los meses de abril y mayo de 2022.

5.3.1 Eventos de promoción del híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, ICTA-CEPNOR e ICTA-CEPSUR.

En la tercera etapa del presente proyecto se realizaron dos eventos de promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, dichos eventos se llevaron a cabo en la estación experimental del ICTA-CEPSUR, ubicada en San José La Máquina, Suchitepéquez (29 de abril) y en la estación experimental del ICTA-CEPNOR, ubicada en San Jerónimo, Baja Verapaz (03 de mayo).

Para los eventos de promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, se utilizó la metodología de “taller”, el cual constó de las siguientes partes principales:

5.3.1.1 Charla Sobre Características Agronómicas de ICTA Grano de Oro:

Se realizaron charlas sobre las características agronómicas del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, por ejemplo: potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades, altura de planta, etc.

5.3.1.2 Charla Sobre Manejo Agronómico de ICTA Grano de Oro:

Se realizaron charlas sobre el manejo agronómico para la buena producción del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, por ejemplo: preparación del suelo, siembra, fertilización, control de malezas, control de plagas, etc.

5.3.1.3 Entrega de Semilla a Extensionistas y Agricultores:

Se realizó la entrega de semilla certificada del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, en primer lugar, se entregó semilla a extensionistas del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), en segundo lugar, se realizó la entrega de semilla del nuevo híbrido a los agricultores beneficiarios del Programa CRIA.

Se entregaron bolsas de semilla de 10 libras del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, para cada agricultor, con las cuales se podrá sembrar un área aproximada de 3,000 metros cuadrados.

5.3.1.4 Entrega de Promocionales Para Promoción de ICTA Grano de Oro:

En el evento de promoción y difusión se entregaron promocionales a técnicos, extensionistas y agricultores, dichos promocionales consistieron en trifoliales del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro.

El promocional que se entregó contiene información de las características y bondades del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, y permitirán la promoción y difusión de la nueva tecnología en cada una de las localidades y comunidades de origen de los participantes.

Además de lo anteriormente expuesto, se tuvo en el evento de promoción y difusión promocionales, constituidos como: mantas vinílicas y adhesivos que permitieron a los participantes visualizar la nueva tecnología.

5.3.1.5 Participación de Autoridades y Agricultores:

Las autoridades del ICTA, MAGA, IICA-CRIA y agricultores participantes, tuvieron la oportunidad de expresar su opinión respecto a la promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro.

5.3.2 Entrega de semilla tercera fase del proyecto:

Para la tercera fase del proyecto se realizó la entrega de un total de 90.10 quintales de semilla certificada distribuidas a través de las agencias de extensión agropecuaria del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, el Programa de Validación y Transferencia de Tecnología del ICTA y los gestores del Programa CRIA. Se beneficiaron directamente a 949 agricultores de las regiones del trópico bajo de Guatemala (0-1400 msnm).

Después de la realización de los eventos de promoción y difusión de ICTA Grano de Oro, correspondientes a la tercera fase del proyecto, se realizó la entrega de un informe de dichas actividades el cual incluyó listados de participantes y también listados de beneficiarios de semilla certificada de ICTA Grano de Oro.

6. Conclusiones.

- El 20 de agosto de 2021 se puso a la disposición de los agricultores de Guatemala el nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, el evento de liberación se realizó en la estación experimental del ICTA-CEPNOR, San Jerónimo, Baja Verapaz.
- Se produjeron 10 quintales de semilla básica del progenitor femenino del híbrido ICTA Grano de Oro, los cuales fueron utilizados para la producción de semilla certificada de dicho híbrido y para la generación de tecnología en relación a la producción de semilla de dicho híbrido.
- Se produjeron 304 quintales de semilla certificada del nuevo híbrido ICTA Grano de Oro, que fue entregada a agricultores de la región del trópico de Guatemala (0-1400 msnm).
- Se benefició directamente a 1979 agricultores de las regiones: norte, sur, oriente y occidente de Guatemala, con entrega de semilla certificada, desde 5 hasta 25 libras según el tipo de agricultor (subsistencia, excedentario o comercial).
- Se realizaron 4 eventos de promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro, en dichos eventos se contó con la participación de 285 personas que conocieron de primera mano la nueva tecnología.
- Se realizó la entrega de promocionales como: camisas, blusas, playeras y gorras beneficiando a 178 personas que asistieron a los diferentes eventos de promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro.
- Se realizó la entrega de aproximadamente 2,000 trifoliales que contenían información de las características y manejo agronómico recomendado para el híbrido de maíz de grano amarillo ICTA Grano de Oro.
- La semilla certificada producida en el presente proyecto también permitió la realización de otros proyectos de promoción e investigación como: Escuelas de Campo, Parcelas demostrativas y ensayos en campos de agricultores, en las regiones del norte, oriente y occidente de Guatemala.

7. Recomendaciones.

- Continuar realizando proyectos de producción de semilla certificada de los distintos cultivares de maíz, principalmente antes de liberarlos, esto con la finalidad de promocionarlos y difundirlos, ya que, de esta manera, se aumentará la adopción de dichos cultivares, ya que los agricultores tendrán semilla para conocer las bondades de las diferentes variedades e híbridos de maíz.
- Continuar realizando eventos de promoción y difusión de los diferentes cultivares de maíz, en los que se realicen actividades de capacitación, dando a conocer las bondades de los cultivares y las recomendaciones de manejo agronómico, pero, además, en estos eventos visitar parcelas demostrativas que permitan a los agricultores conocer de primera mano las características de los distintos genotipos.

- Continuar con la producción de semilla certificada de los diferentes cultivares de maíz liberados por el ICTA, ya que, al tener disponibilidad de semilla, es posible el establecimiento de otros proyectos de promoción e investigación que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de vida de los agricultores de Guatemala.
- Al ser la semilla el insumo más importante en el proceso productivo, es importante continuar con la producción de semilla certificada de los cultivares mejorados del ICTA, ya que esto aumentará los rendimientos de los agricultores y con esto se contribuirá a mejorar su economía familiar.
- En el caso de los cultivares híbridos de maíz, es importante también realizar proyectos de producción de semilla básica, con la finalidad de producir semilla para realizar la promoción de los cultivares a nivel de agricultores productores de semilla, esto ayudará a que estos productores adopten los nuevos cultivares, los produzcan y estén disponibles a una mayor cantidad de agricultores.

8. Referencias bibliográficas

- Cao, S., Loladze, A., Yuan, Y., Yongsheng, W., Zhang, A., Chen, J., Huestis, G., Cao, J., Chaikam, V., Olsen, M., Prassana, B.M., San Vicente, F. y Zhang, X. (2017). Genome-Wide Analysis of Tar Spot Complex Resistance in Maize Using Genotyping-by-Sequencing SNPs and Whole-Genome Prediction. *The Plant Genome* vol. 10, NO. 2.
- Ceballos H. y Deutsch, J. (1992). Inheritance of resistance to tar spot complex in maize. *Phytopathology* 82:505-512.
- Comisión Técnica Nacional de Mancha de Asfalto de maíz. (2013). Manual Técnico para
- Ferrufino, I. (2009). Mapeo del Mercado de Semillas de Maíz y Frijol en Centroamérica. Managua, Nicaragua.
- Fuentes M. (2002). El cultivo de maíz en Guatemala. ICTA. Guatemala, Guatemala. 45 p.
- Fuentes López, M.R., Van Etten, J., Ortega Aparicio, A. y Vivero Pol. J.L. (2005). Maíz para Guatemala: Propuesta para la Reactivación de la Cadena Agroalimentaria del Maíz Blanco y Amarillo, SERIE "PESA Investigación", nº1, FAO Guatemala, Guatemala, C.A.
- Gómez, C. (2013). Situación de la producción de semillas de maíz en Guatemala periodo 2006-2010. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Hamlin, R.T. (1999). Combined Keys to Illustrated Genera of Ascomycetes. Vol. I y II. APS Press. St. Paul. Minnesota. pp: 63-64.
- Hernández-Ramos, L., Sandoval, J., Mahuku, G., Benítez, I., y Cruz, S. (2015). Genética de la resistencia al complejo mancha de asfalto en 18 genotipos tropicales de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 38 (1): 39 – 47.
- Hock J., Kranz, J. y Renfro, B. L. (1989). El "complejo mancha de asfalto" de maíz, su distribución geográfica, requisitos ambientales e importancia económica en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 7:129-135.
- ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas). (2000). Informe Técnico Sub-Programa de Maíz. Guatemala. sp.
- ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas). (2012). Plan Estratégico Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA-. Guatemala, Guatemala. 70 p.
- ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas). (2013). Programa de investigación del cultivo de maíz. Informe Final de Resultados. Guatemala, Guatemala. 40 p. sp.
- ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas). (2017). Programa de investigación del cultivo de maíz. Informe Final de Resultados. Guatemala, Guatemala. 57 p. sp.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). (2018). Encuesta Nacional Agropecuaria. Guatemala.

- Loladze, L. (2017). Mejoramiento para resistencia al complejo mancha de asfalto en CIMMYT. Coahuila, México.
- MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). (2015). El Agro en cifras. Dirección de Planeamiento DIPLAN. 65 p.
- MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). (1998). Granos Básicos: Producción y Comercialización, Situación Actual y Perspectivas. Guatemala. 25 p.
- MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). (2017). Situación del maíz blanco a marzo de 2017. Dirección de Planeamiento DIPLAN. 18 p.
- MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). (2018). Situación del maíz blanco a agosto de 2018. Dirección de Planeamiento DIPLAN. 18 p.
- Mahuku, G., Chen, J., Shrestha, R., Narro, L., Osorio, K., Arcos, A. y Xu, Y. (2016). Combined linkage and association mapping identifies a major QTL (*qRtsc8-1*), conferring tar spot complex resistance in maize. *Theor. Appl. Genet.* 129, 1217–1229. 10.1007/s00122-016-2698-y.
- Maíz para Argentina (MAIZAR). El maíz primero. Recuperado el 09 de noviembre de 2017 de <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=392>.
- Maublanc, A. (1904). Espèces nouvelles de Champignons inferius. *Bull. Soc. Myc. Fr.* 20: 72.
- Müller, E., y Samuels, J. G. (1984). *Monographella maydis*: sp.nov. and its connection to the tar-spot disease of *Zea mays*. *Nova Hedwigia* 40: 113-121.
- Parbery, D. G. (1967). Studies on graminicolous species of *Phyllachora* Nke. *Aust. J. Bot.* 15: 271-375.
- Pereyda-Hernández J., Hernández, J., Sandoval, J., Aranda, S., De-León, C., y Gómez, N. (2009). Etiología y manejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl.) del maíz en Guerrero, México. *Agrociencia* 43:511-519.
- United States Department Agricultural (USDA). (2010). Global estimates of corn prices, production and consumption.
- Van Etten, J., y Fuentes, M. (2005). La crisis del maíz en Guatemala: Las importaciones de maíz y la agricultura familiar. *Anuario de Estudios Centroamericanos*, Universidad de Costa Rica, 30(1-2): 51-66.

9. Anexos.

**9.1 Fotografías Producción de semilla básica del progenitor femenino del híbrido
ICTA Grano de Oro (Fase 1).**



Aporque y control manual de malezas.



Plantas Hembra desespigadas vs plantas Macho con espiga.



Mazorcas Semilla Básica Cosechada.

9.2 Fotografías Producción de semilla certificada del híbrido ICTA Grano de Oro (Fase 2).



Desespigue del progenitor femenino del híbrido ICTA Grano de Oro.



Cosecha de semilla certificada del híbrido ICTA Grano de Oro.



Labores Postcosecha: secado, selección y limpieza de semilla certificada de ICTA Grano de Oro.

9.3 Fotografías Producción de semilla certificada del híbrido ICTA Grano de Oro (Fase 2).



Parcela de Producción de Semilla Certificada (Macho vs. Hembra).



Cosecha Parcela de Producción de Semilla Certificada de ICTA Grano de Oro.



Pesado y embolsado de semilla certificada de ICTA Grano de Oro.

9.4 Fotografías evento de liberación del nuevo híbrido de maíz ICTA Grano de Oro, San Jerónimo, Baja Verapaz, agosto 2021.



Acto Protocolario de Liberación de ICTA Grano de Oro



Entrega simbólica de semilla de ICTA Grano de Oro a representante de agricultores.



Semilla Certificada de ICTA Grano de Oro entregada a agricultores.

**9.5 Fotografías evento de promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz ICTA
Grano de Oro, San José La Máquina, Suchitepéquez, septiembre 2021.**



Semilla de ICTA Grano de Oro entregada a agricultores.



Dra. María Febres representante del IICA en Guatemala.



Participantes evento de promoción de ICTA Grano de Oro.

**9.6 Fotografías evento de promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz ICTA
Grano de Oro, San José La Máquina, Suchitepéquez, abril 2022.**



Semilla de ICTA Grano de Oro entregada a agricultores.



Ing. Albaro Orellana Gestor IICA-CRIA Occidente.



Participantes evento de promoción de ICTA Grano de Oro.

**9.7 Fotografías evento de promoción y difusión del nuevo híbrido de maíz amarillo
ICTA Grano de Oro, San Jerónimo, Baja Verapaz, mayo 2022.**



Capacitación manejo agronómico ICTA Grano de Oro.



Entrega de semilla certificada de ICTA Grano de Oro.



Participantes evento de promoción de ICTA Grano de Oro.