



MINISTERIO DE
AGRICULTURA,
GANADERÍA
Y ALIMENTACIÓN



Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria

CRIA Oriente Cadena de Maíz

**Validación del híbrido de grano blanco ICTA BIOZN-01
"Super maíz" con tolerancia a mancha de asfalto, mejor calidad
de proteína y cinc**

**Ing. Agr. José Luis Ságuil Barrera
Investigador Principal
ICTA-CIOR, Zacapa**

Zacapa, Guatemala, junio de 2020

Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de su(s) autor(es) y de la institución(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Contenido

1.	Introducción	1
2.	Marco Teórico	2
2.1	Situación actual del cultivo de maíz	2
2.2	Problemática	3
2.3	Bajo potencial de rendimiento	4
2.4	Contenido nutricional deficiente	4
2.5	Mancha de asfalto	5
2.6	Características de los híbridos ICTA BioZn-01 ^{RMA} e ICTA BioZn-02 ^{RMA}	7
3.	Objetivos	8
4.	Hipótesis	8
5.	Materiales y Métodos	8
6.	Resultados y su Discusión	10
7.	Conclusiones	14
8.	Recomendaciones	15
9.	Bibliografía consultada	15
	Anexos	17

Siglas y acrónimos

ACP+Zn: Alta calidad de proteína más cinc
CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CIAT: Centro de Internacional de Agricultura Tropical
CIMMYT: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CRIA: Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación
ICTA: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INE: Instituto Nacional de Estadística
MAGA: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MSPAS: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PRM-ProFrijol: Programa Regional de Mejoramiento del Frijol
RMA: Resistencia a la mancha de asfalto
TMA: Tolerancia a la mancha de asfalto
USAID: Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional
USDA: United States Department of Agriculture

Validación del híbrido de grano blanco ICTA BIOZN-01 "Super maíz" con tolerancia a mancha de asfalto, mejor calidad de proteína y cinc

José Luis Ságuil Barrera¹

RESUMEN

La producción de grano de maíz en Guatemala está amenazada por el daño que provoca la enfermedad fungosa llamada “complejo mancha de asfalto”. Por esta razón el ICTA se ha dedicado en los últimos años al desarrollo de cultivares con tolerancia o resistencia a la misma, con resultados prometedores. A partir de la evaluación de catorce híbridos experimentales en el año 2018, se seleccionaron dos híbridos con resistencia a la enfermedad, mismos que además presentan la característica de ser biofortificados, ya que aportan cinc a la dieta diaria. Durante el año 2019 se realizó la validación de los dos híbridos seleccionados con estas características, además del buen potencial de rendimiento, denominados ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA}. Esta actividad se realizó con el apoyo financiero del Programa CRIA-IICA a través del Consorcio de Maíz CRIA-Oriente, en seis localidades del oriente de Guatemala. Como resultado se tiene que los rendimientos de estos híbridos experimentales no son estadísticamente superiores a los híbridos utilizados como comparadores. En la evaluación realizada en el campo, durante la etapa reproductiva de las plantaciones, por parte de los agricultores que cultivaron las parcelas de prueba y otros productores que participaron en días de campo, los híbridos fueron calificados positivamente, mostrando preferencia por el híbrido ICTA BioZn-02^{RMA}, que mostró resistencia a la mancha de asfalto en las localidades donde se tuvo la presencia del complejo de hongos que causan esta enfermedad.

ABSTRAC

The corn grain production in Guatemala is threatened by the damage caused by the fungal disease called “Tar spot complex”. For this reason, ICTA has dedicated itself in recent years to the development of cultivars with tolerance or resistance to it, with promising results. From the evaluation of fourteen experimental hybrids in 2018, two hybrids with resistance to the disease were selected, themselves that also have the characteristic of being biofortified, since they contribute zinc to the daily diet. During 2019, the validation of the two selected hybrids with these characteristics, in addition to their good yield potential, was carried out, called ICTA BioZn-01^{RMA} and ICTA BioZn-02^{RMA}. This activity was carried out with the financial support of the CRIA-IICA Program through the CRIA-Oriente Maize Consortium, in six locations in eastern Guatemala. As a result, the yields of these experimental hybrids are not statistically superior to the hybrids used as comparators. In the evaluation done in the field, during the reproductive stage of the plantations, by the farmers who cultivated the test plots and other producers who participated in field days, the hybrids were rated positively, showing preference for the ICTA BioZn-02^{RMA} hybrid, which showed resistance to the asphalt stain in the localities where the presence of this complex fungi that produce the disease was had.

¹ Investigador Principal, ICTA-CIOR, Zacapa. jlsaguil@icta.gob.gt

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es la base de la dieta de la población guatemalteca, especialmente para la población más pobre (Fuentes *et al.*, 2005). El consumo promedio per cápita de maíz por año es de 114 kg, este valor puede duplicarse dependiendo del ingreso económico de las familias (Fuentes, 2002; ICTA, 2013). Según el informe sobre la situación actual del maíz blanco, presentado por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), para el año agrícola 2016/2017 (mayo a abril) se cosecharon en Guatemala 883,890 hectáreas, con una producción de 2,093,640 TM (MAGA, 2017).

En Guatemala el maíz es un cultivo que se produce con pocos insumos comprados y que está sometido a una serie de problemas biológicos, climáticos y edáficos. El problema central en torno al maíz, es que la producción actual no cubre la demanda nacional. Para el año agrícola 2016/2017 (mayo a abril) el rendimiento promedio en Guatemala fue de 2,155.63 kg/ha (MAGA, 2017), bajo, comparado con los rendimientos que se obtienen en los países de mayor producción en el mundo, como Estados Unidos (9,339 kg/ha) y Argentina (8,080 kg/ha) (MAIZAR, 2011).

Guatemala presenta serias limitaciones en cuanto a la situación nutricional de sus habitantes. El maíz es la principal fuente de energía en la dieta del guatemalteco; sin embargo, este cereal es deficitario en cantidad y calidad de proteína, especialmente aminoácidos esenciales como la lisina y el triptófano.

Las enfermedades causadas por hongos son una limitante en la producción del cultivo de maíz. En los últimos años el “complejo mancha de asfalto” ha causado fuertes pérdidas en algunas regiones de Guatemala. Se ha reportado principalmente en el área norte y oriente del país, en la época de siembra de noviembre a diciembre.

El desarrollo de cultivares híbridos es una alternativa altamente viable para incrementar los rendimientos en el cultivo de maíz. El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas liberó en el año 2018 el híbrido ICTA HB-18^{ACP+Zn}, con el objetivo de mejorar la calidad nutricional del cultivo de maíz, pero además, poner a disposición de los guatemaltecos un producto para una alimentación adecuada y de calidad como lo indica la Ley del Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN); sin embargo, su rendimiento no ha sido superior a los genotipos que actualmente utilizan los agricultores, además de tener limitantes en su adopción debido a algunas de sus características como color y textura de grano; aunado a esto, es un cultivar que tiene alta susceptibilidad al complejo mancha de asfalto.

En el año 2018 se condujeron ensayos en fincas de agricultores en las regiones del trópico bajo de Guatemala, con el objetivo de seleccionar los dos mejores híbridos, que superaran al testigo comercial utilizado por los productores; que manifestaran un buen nivel de resistencia al complejo mancha de asfalto y características agronómicas preferidas por los productores. Con base en los resultados se determinó que los híbridos ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA}, superaron en rendimiento a otros genotipos, incluyendo al testigo comercial, además mostraron un alto nivel de resistencia al complejo mancha de asfalto.

Para continuar con el proceso de generación de tecnología, en el año 2019 se desarrolló la validación de estos híbridos en el oriente de Guatemala, con la instalación de

parcelas de prueba, en seis localidades de los departamentos de Chiquimula, Jalapa y Zacapa, cuyos resultados se presentan en este informe.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 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 desde el 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 suroccidental y nor-oriental. Este cultivo se observa entre altitudes de 0 a 3000 msnm (Fuentes, 2002).

Según el 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 centroamericana.

Las estadísticas de producción de maíz en Guatemala muestran tendencia a que la superficie total cultivada y el rendimiento promedio por hectárea, se mantienen constantes. La producción desde 1985 hasta el año 2000 se mantuvo alrededor de 1,200,000 TM, con rangos que van desde 1,300,000 TM, 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. La superficie cosechada también se ha mantenido constante desde 1985, en alrededor de 700,000 hectáreas, con fluctuaciones de alrededor de 100,000 por año (Ferrufino, 2009; Gómez, 2013).

Según el informe sobre la situación actual del maíz blanco, presentado por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), para el año agrícola 2016/2017 (mayo a abril) se cosecharon 883,890 hectáreas, con una producción de 2,093,640 TM y un rendimiento promedio de 2,155.63 kg/ha (MAGA, 2017).

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. El 62.3 % de la superficie cosechada se encuentra concentrada en siete 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, 2017).

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 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 provienen en un 70 % de Estados Unidos de Norteamérica y un 30 % de México. En el período enero-marzo/2017, las importaciones de maíz blanco han ingresado en un 90 % de Estados Unidos de Norteamérica y el 10 % de México (MAGA, 2017).

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; mientras que a partir del año 2014, presentan una tendencia creciente. Este comportamiento también se manifiesta en sus precios promedio, 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 se situaron 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. 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, 2017).

2.2 Problemática

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 hectáreas, 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, 2013).

Uno de los principales problemas del agro guatemalteco es la desigualdad en la propiedad de la tierra, 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).

Los indicadores de desarrollo de Guatemala revelan que la pobreza sigue siendo un factor determinante que limita el desarrollo del país, siendo ésta del 59.3 % y pobreza extrema de 23.4 % (INE, 2015).

Lo anterior se refleja en altas tasas de desnutrición crónica infantil (prevalencia de talla baja en menores de 5 años) de 46.5 %, siendo más altos en áreas rurales (53 %) y poblaciones indígenas (58 %); y anemia en menores de 5 años del 25 % (MSPAS et al. 2015).

En términos de disponibilidad de proteína, la principal fuente son los cereales, y según los grupos socioeconómicos, ésta varía de un 36 % a un 50 %, siendo más alto en los más pobres. En cambio, el consumo de proteína animal varía según el grupo socioeconómico de 15-36 %, siendo más alto en los grupos no pobres. El perfil de disponibilidad de alimentos muestra que gran parte de la población no tiene acceso a

fuentes con alto contenido de micronutrientes, especialmente minerales, tales como hierro y zinc, o vitamina B12, cuyas fuentes principales lo constituyen los alimentos de origen animal.

2.3 Bajo potencial de rendimiento

El problema central en torno al maíz es que la producción de Guatemala no cubre la demanda nacional. Esto genera la 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 un informe del MAGA, para el años agrícola 2016/2017 (mayo a abril) el rendimiento promedio fue de 2,155.63 kg/ha (MAGA, 2017). 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 liquidez económica 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).

En Guatemala estacionalmente las cosechas de maíz se ven disminuidas de mediados de marzo a mediados de agosto, pero la escasez se acentúa entre mayo y julio, periodo en el cual los mercados se abastecen con las reservas de maíz almacenado y de la producción que ingresa de México. En esta época los hogares son más vulnerables a la inseguridad alimentaria por sus limitados recursos para comprar maíz (MAGA, 2017).

2.4 Contenido nutricional deficiente

La Ley del Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Guatemala, en su artículo primero define como Seguridad Alimentaria y Nutricional “el derecho de toda persona a tener acceso físico, económico y social, oportuna y permanentemente, a una alimentación adecuada en cantidad y calidad, con pertinencia cultural, preferiblemente de origen nacional, así como a su adecuado aprovechamiento biológico, para mantener una vida saludable y activa”.

Guatemala presenta serias limitaciones en cuanto a la situación nutricional de sus habitantes. La desnutrición se concentra en la población indígena, principalmente en el área rural y en las regiones del norte y suroccidente. En Guatemala en las dos últimas décadas se ha mantenido una deficiencia promedio de 200 kCal diarias per cápita en grupos de la población que tienen dificultad para acceder a alimentos. Es decir, el consumo diario per cápita se redujo de 2,500 kCal en la década de 1980 a 2,300 kCal en los años 90 (PRM-PROFRIJOL, 2001).

El maíz es la principal fuente de energía en la dieta del guatemalteco, ya que aporta el 51,7 % de sus necesidades (SNU, 2003), tanto de carbohidratos (65 %) como de proteína (71 %). Por otro lado, este cereal es deficitario en cantidad y calidad de proteína, especialmente aminoácidos esenciales como la lisina y triptófano. También el aporte de micronutrientes repercute en la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN), ya que existe una gran carencia de micronutrientes en Guatemala (Molina et al., s.f.). Para mejorar la situación, la biofortificación de alimentos supone una alternativa viable (Fuentes et al., 2005).

2.5 Mancha de Asfalto

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” 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.

De acuerdo a Pereyda et al (2009), 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).

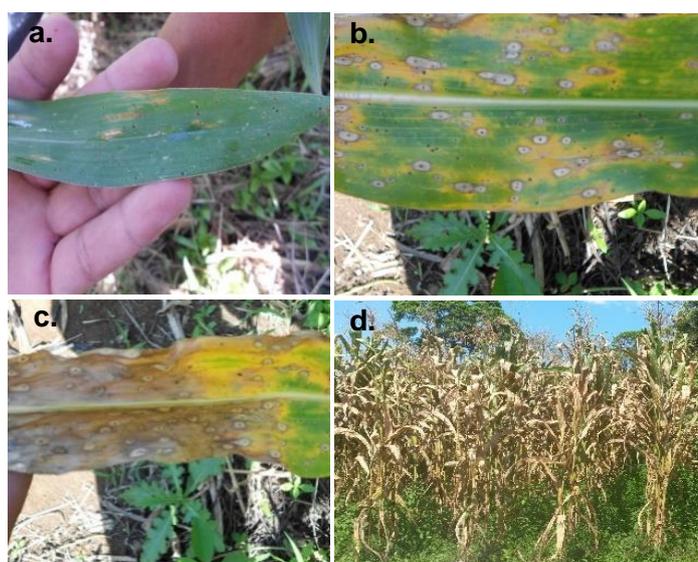


Figura 1. Complejo de hongos que provocan la “mancha de asfalto”. a. *Phyllachora maydis* Maubl. b. *Monographella maydis* Müller & Samuels. c. *Coniothyrium phyllachorae* Maubl. d. Daño de mancha de asfalto en híbridos de maíz, Ixcán, Quiché, 2015. (Fotografías de Héctor Danery Martínez).

Bajo condiciones ambientales favorables, el follaje puede ser atizonado en menos de ocho días, debido a la 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 (Pereyda et al, 2009).

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 Petén. En esos lugares, de los 100 mil quintales esperados sólo se logró una producción de 40 mil. De esta producción la mitad correspondió a maíz amarillo y la otra a 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).

En el año 2009 el MAGA reportó pérdidas por Q 25.9 millones por daños en 1,506 hectáreas de cultivo de maíz en cuatro departamentos, fueron perjudicadas unas 6,542 familias; el municipio de Ixcán, Quiché, fue uno de los más afectados. La Comisión Técnica Nacional de Mancha de Asfalto del Maíz, indicó que el dato anterior fue confirmado por representantes de las familias productoras de 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 de Guatemala (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.

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 cultivar con un alto nivel de tolerancia al complejo mancha de asfalto en Guatemala, ICTA HB-17^{TMA}, es un híbrido de grano blanco normal.

En la actualidad no existen cultivares de grano amarillo resistentes o con un buen nivel de tolerancia al complejo mancha de asfalto en Guatemala.

El programa de investigación de maíz del ICTA, ha generado, evaluado y desarrollado a nivel de estación experimental, híbridos triples de grano blanco QPM (alta calidad de proteína), con alto potencial de rendimiento, ya que éste es uno de los primeros factores a considerar al momento de evaluar y seleccionar cultivares mejorados. También el programa de maíz centra sus esfuerzos en generar y desarrollar genotipos que posean genes de resistencia a enfermedades, con base en que la resistencia genética es el método más viable, económico y factible para el manejo y control de enfermedades, además, que la biofortificación de alimentos es una alternativa igualmente viable, el programa de maíz se ocupa de generar y desarrollar cultivares con alta calidad de proteína y con alto contenido de minerales esenciales, como el cinc.

Desde el año 2016 el equipo de investigadores del programa de maíz evaluó, identificó y seleccionó, a nivel de estación experimental, los híbridos ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA}, dos genotipos de grano blanco con alto contenido de cinc y con un excelente nivel de resistencia al complejo mancha de asfalto, además poseen la textura de grano semidentada, muy apreciada por los agricultores de Guatemala.

Durante el período de junio a noviembre de 2018, se condujeron ensayos en fincas de agricultores del área del trópico bajo de Guatemala, con la finalidad de evaluar el comportamiento de los genotipos, pero además, identificar y seleccionar los mejores híbridos que combinaran, alto potencial de rendimiento, resistencia al complejo mancha de asfalto, con buenas características agronómicas, haciendo énfasis en el tipo y color de grano, pero principalmente que tuvieran alto contenido de zinc. Se tuvo como resultado la selección de los híbridos conocidos como ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA}.

De acuerdo con el esquema de generación de tecnología del ICTA, estos dos híbridos triples de grano blanco, con alto contenido de zinc y con resistencia al complejo mancha de asfalto, pasaron en el 2019 a la etapa de validación en parcelas de prueba, bajo condiciones de tecnología y manejo de productores de grano de maíz en el oriente de Guatemala.

2.6 Características de los híbridos ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA}.

De acuerdo a la comunicación personal, con el Ing. Agr. Héctor Danery Martínez, Coordinador del Programa de Maíz del ICTA, los híbridos ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA} presentan las siguientes características agronómicas.

a. ICTA BioZn-01^{RMA}

- Altura de planta: 2.54 metros
- Altura de mazorca: 1.38 metros
- Días a floración masculina: 59
- Días a floración femenina: 60
- Días a cosecha: 120
- Color de grano: Blanco
- Textura del grano: Semidentado
- Rendimiento: 6,000 kg/ha (90 quintales por manzana)
- Rango de adaptación: 0-1400 msnm

b. ICTA BioZn-02^{RMA}.

- Altura de planta: 2.64 metros
- Altura de mazorca: 1.57 metros
- Días a floración masculina: 61
- Días a floración femenina: 62
- Días a cosecha: 120
- Color de grano: Blanco
- Textura del grano: Semidentado
- Rendimiento: 6500 kg/ha (100 quintales por manzana)

- Rango de adaptación: 0-1400 msnm

3. OBJETIVOS

3.1 General

Validar en la zona oriente de Guatemala, los híbridos triples de maíz ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA}, desarrollados por el programa de maíz del ICTA.

3.2 Específicos

- Establecer si los híbridos triples de maíz ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA} son superiores al testigo del agricultor, en cuanto a rendimiento de grano.
- Verificar el comportamiento de los híbridos triples de maíz ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA} bajo las condiciones de manejo agronómico del agricultor.

4. HIPÓTESIS

Ha Los híbridos triples de maíz ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA} poseen mayor potencial de rendimiento que el testigo del agricultor.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localidades y época

La validación se realizó en seis localidades, distribuidas en los departamentos de Chiquimula, Jalapa y Zacapa, con la participación de igual número de productores colaboradores que se dedican al cultivo de maíz y que utilizan semilla de híbridos. Para la selección de los productores y los sitios se tomó en cuenta las recomendaciones y contactos con los agricultores colaboradores realizadas por las Agencias Municipales de Extensión Rural del MAGA en Zacapa, y contactos con productores pertenecientes a la Cadena de Maíz del Consorcio CRIA-Oriente. La información de las localidades y los productores colaboradores que tomaron parte en la validación se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Productores colaboradores y ubicación geográfica de las localidades en donde se validaron los dos híbridos de grano blanco con alto contenido de zinc y resistencia a mancha de asfalto, ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA}, 2019.

Productor-colaborador	Ubicación de la parcela	Localización geográfica	
		Latitud	Longitud
Corina Buezo Buezo	Olopita, Esquipulas, Chiquimula	14° 36' 22.84"	89° 18' 08.91"
Carlos Efraín Pacheco	Timushán, Esquipulas, Chiquimula	14° 37' 07.13"	89° 12' 09.18"
Arístides David Portillo	Pampacaya, S.L.Jilotepeque, Jalapa	14° 37' 33.35"	89° 43' 44.29"
María Alejandra Salguero	Fca. Los Zopilotes, Zacapa	14° 58' 15.93"	89° 30' 50.81"
Octavio Ríos	Antombrán, Huité, Zacapa	14° 56' 49.34"	89° 44' 04.93"
Julio Estuardo Sosa	Corozal Abajo, La Unión, Zacapa	14° 57' 32.01"	89° 18' 37.04"

5.2 Diseño experimental

La comprobación de la hipótesis planteada se realizó a través del diseño de *bloques completos al azar*, con tres tratamientos, que correspondieron a los híbridos validados y su comparador, y seis bloques o localidades, donde se establecieron las parcelas de validación.

5.3 Tratamientos

- Híbrido triple ICTA BioZn-01^{RMA}.
- Híbrido triple ICTA BioZn-02^{RMA}.
- Híbrido del agricultor como comparador.

Los materiales utilizados como comparadores por los productores fueron híbridos comerciales de grano blanco, el listado de éstos y las localidades donde se evaluaron se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Híbridos de maíz de grano blanco utilizados como comparadores para la validación de los híbridos triples ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA}, 2019.

Localidad	Comparador
Olopita, Esquipulas, Chiquimula	DeKalb 390
Timushán, Esquipulas, Chiquimula	Pionner P-3966W
Pampacaya, S.L.Jilotepeque, Jalapa	ICTA HB-83
Fca. Los Zopilotes, Zacapa	La Abundancia HG3
Antombrán, Huité, Zacapa	DeKalb 390
Corozal Abajo, La Unión, Zacapa	HB-83

5.4 Tamaño de la unidad experimental

La unidad experimental consistió en una parcela 220 m² para cada tratamiento,

5.5 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

con $i = 1 \dots 3$ *tratamientos*, $j = 1 \dots 6$ *localidades*

Donde:

Y_{ij} = variable respuesta.

μ = media general.

τ_i = efecto del tratamiento i .

β_j = efecto del bloque o localidad j .

ε_{ij} = error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

Supuestos:

$$\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$$

5.6 Variable de Respuesta

Rendimiento de grano (kg/ha).

5.7 Análisis de la información

- **Estadístico**

El análisis estadístico de los datos de las parcelas de prueba se realizó mediante el software InfoStat[®], a través del diseño de bloques completos al azar, por medio de modelos generales y mixtos, donde se utilizó a los híbridos validados y su comparador como tratamientos, y a las localidades como bloques.

- **Económico**

Se estimaron los costos e ingresos y se determinó la relación beneficio costo para cada tratamiento.

- **Opinión del Agricultor**

Se determinó por medio de una boleta de preceptabilidad (ver anexo 1).

5.8 Manejo del experimento

El manejo agronómico se realizó de la manera tradicional y con la tecnología propia de los productores colaboradores.

6. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

6.1 Rendimiento

Los rendimientos que se obtuvieron en cada una de las localidades donde se establecieron las parcelas de validación, se muestran en el Cuadro 3.

- Híbrido triple ICTA BioZn-01^{RMA}.
- Híbrido triple ICTA BioZn-02^{RMA}.

Cuadro 3. Rendimiento de maíz (kg/ha) de los híbridos triples ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{TMA}, y sus comparadores, establecidos en seis localidades del oriente de Guatemala, 2019.

Localidad	Rendimiento ICTA BioZn- 01 ^{RMA} (kg/ha)	Rendimiento ICTA BioZn- 02 ^{RMA} (kg/ha)	Rendimiento testigo (kg/ha)
Olopita	3,408.75	2,231.18	2,065.91
Timushán	991.74	1,586.78	4,363.64
Pampacaya	1,198.23	1,487.45	1,136.25
Zacapa, Zacapa	2,003.93	1,714.70	1,156.91
Antombrán	5,123.45	5,309.39	2,107.23
Corozal Abajo	2,107.23	2,272.50	929.66
Promedio	2,472.22	2,433.67	1,959.93

De acuerdo al análisis de varianza (ANDEVA) del Cuadro 4, realizado a los resultados de rendimiento (kg/ha) de las parcelas de validación, indican que no existen diferencias significativas entre los tres tratamientos evaluados, con un p-valor de 0.72. Es decir, que el rendimiento de los híbridos blancos validados es estadísticamente similar al de los híbridos utilizados por los productores con quienes se trabajó la validación. Los promedios de los rendimientos fueron de 2,472.22 kg/ha para el híbrido ICTA BioZn-01^{RMA}, de 2,433.67 kg/ha para el híbrido ICTA BioZn-02^{RMA} y de 1,959.93 kg/ha para los híbridos comparadores.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable de respuesta rendimiento (kg/ha) obtenida en las parcelas de prueba de los híbridos ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{TMA} y sus comparadores en el oriente de Guatemala, 2019.

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-Valor
Modelo	17162541.40	7	2451791.63	1.69	0.22
Tratamiento	976698.19	2	488349.10	0.34	0.72
Bloque	16185843.20	5	3237168.64	2.22	0.13
Error	14549363.78	10	1454936.38		
Total	31711905.18	17			

Se resalta el hecho de que el rendimiento obtenido en los híbridos experimentales dista considerablemente del potencial promedio bajo condiciones experimentales, que es de 6,000 kg/ha (unos 90 qq/mz), dándose el mismo caso con el resto de los híbridos comerciales.

En el Anexo 2 se presenta un cuadro con los datos de salida del análisis realizado por medio del programa InfoStat[®], que cumplen a la vez con los supuestos de normalidad, homogeneidad de la varianza e independencia.

6.1.1 Análisis de estabilidad de los tratamientos

Para establecer la relación de los rendimientos obtenidos, con el efecto del ambiente en las seis localidades, se realizó un análisis de estabilidad de los tratamientos, a través del Modelo con Efecto Interacción Multiplicativo -AMMI (1)- (Figura 2 1).

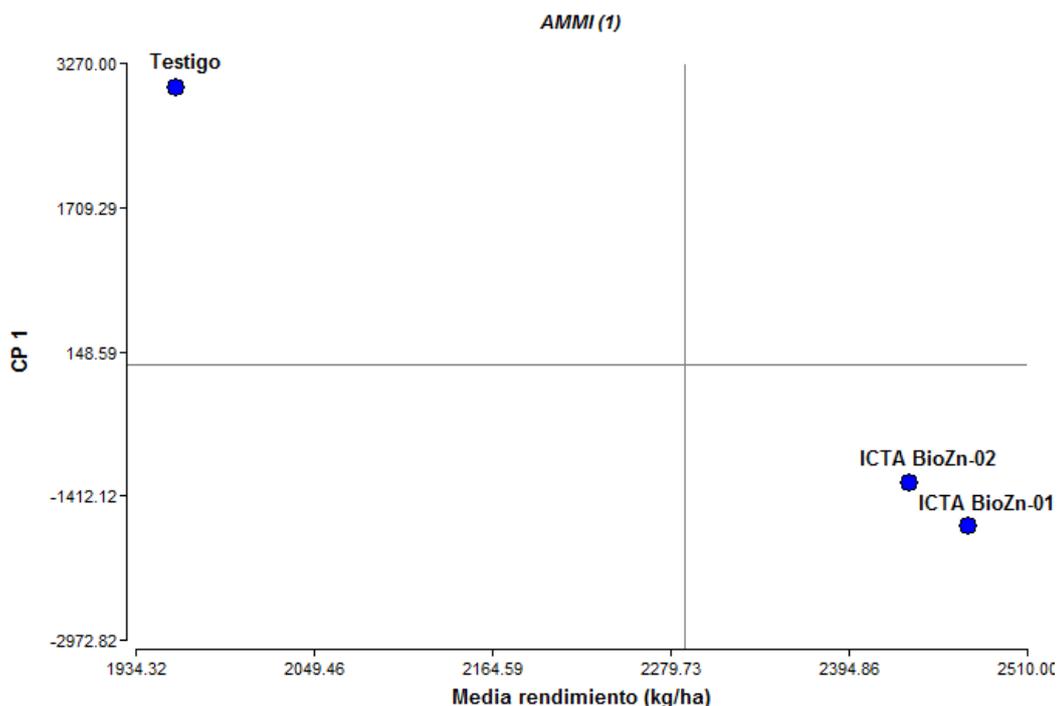


Figura 2. Análisis de estabilidad, a través del modelo AMMI (1), de dos híbridos de maíz blanco con alto contenido de cinc y resistencia a mancha de asfalto, en el oriente de Guatemala, 2019.

El tratamiento que presentó mayor estabilidad entre los diferentes ambientes, fue el híbrido ICTA BioZn-02^{RMA}, ya que es el que más se acerca a la línea horizontal. Esto indica que su rendimiento fue menos influenciado por la calidad del ambiente, en comparación con los otros híbridos. Sin embargo, no fue el que mostró tendencia a tener mejor rendimiento; sino que, como se vio previamente, fue el híbrido ICTA BioZn-01, al presentar se en la posición más extrema a la derecha.

6.2 Análisis económico

Con relación a las variables económicas, en el Cuadro 4 se presenta el resumen del análisis a los datos obtenidos en el campo, en promedio de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 4. Análisis de las variables económicas para determinación de la relación beneficio-costo obtenido en promedio de las parcelas de validación de los híbridos de maíz ICTA BioZn^{RMA}, ICTA BioZn-02^{RMA} en el oriente de Guatemala, 2019

Variable	Híbrido ICTA HA-01	Híbrido ICTA HA-02	Híbridos testigos
Rendimiento de campo (qq/ha)	54.394	53.546	43.120
Precio de maíz (Q/qq)	115.00	115.00	115.00
Beneficios brutos de campo (Q/ha)	Q 6,255.34	Q 6,157.80	Q 4,958.80
Costos que varían (insumos) (Q/ha)	Q 3,753.50	Q 3,753.50	Q 4,257.50
Costos que varían (jornales) (Q/ha)	Q 3,420.00	Q 3,420.00	Q 3,420.00
Costos totales que varían (Q/ha)	Q 7,173.50	Q 7,173.50	Q 7,677.50
Beneficios netos (Q/ha)	- Q 918.16	- Q 1,015.70	- Q 2,718.70
B/C	ND	ND	ND

ND = No determinado

Se observa que prácticamente los costos son idénticos, debido a que durante el manejo de las plantaciones se hicieron las mismas prácticas en todos los híbridos, dándose únicamente diferencia en el costo de las semillas. El precio de las semillas comerciales en el mercado varía entre los Q 15.00 a Q 30.00 la libra o su equivalente en empaques disponibles que van desde una libra a bolsas de 42 libras (para la siembra de una hectárea) y por quintal.

Con relación a los ingresos (beneficios brutos de campo), estos dependen del rendimiento obtenido, donde juegan un papel importante las condiciones o tecnología que tenga el productor, como por ejemplo, el acceso a riego de emergencia para los períodos en que se tuvo falta de lluvias. Esto termina influyendo en los rendimientos finales año con año y no fue la excepción en esta validación. En general los rendimientos estuvieron muy por debajo de los esperados, rondando la mitad del rendimiento potencial. Por esta razón, no se obtuvieron beneficios (el análisis económico muestra resultados negativos). Bajo esas condiciones y rendimientos obtenidos, la producción de maíz no es rentable. A esto se puede sumar el tamaño pequeño de la parcela de prueba que, si bien facilita su manejo, cualquier disturbio por mínimo que sea, afecta el resultado final (por pérdida de plantas).

6.3 Opinión del Agricultor

Como parte importante de la validación, se tiene la participación de los productores colaboradores durante todo el proceso, así como la de otros productores. Con relación a los primeros, se les corrió una boleta de preceptabilidad (Anexo 1), en la que se recogió su primera impresión luego de terminado el ciclo del cultivo y determinado los rendimientos.

De acuerdo con esta boleta se tuvieron las siguientes respuestas:

1. La calificación de los híbridos:
 ICTA BioZn-01^{RMA}: 17% excelente, 33% bueno y 50% regular.
 ICTA BioZn-02^{TMA}: 33% excelente y 67% bueno.
 Esto indica una clara preferencia por el híbrido 2.

2. Desventajas encontradas en los híbridos:
 ICTA BioZn-01^{RMA}: el 67% respondió que ninguno y un 33% respondió que tiene cierta susceptibilidad a la mancha de asfalto.
 ICTA BioZn-02^{RMA}: el 100% respondió que no le vieron desventajas.
3. Ventajas encontradas en los híbridos:
 ICTA BioZn-01^{RMA}: hubo diferentes respuestas entre las que están: ninguna, el buen rendimiento, buena mazorca y resistencia a la sequía.
 ICTA BioZn-02^{RMA}: el 50% manifestó que resiste la mancha de asfalto y que es muy buen productor de grano.
4. Cumple el híbrido con sus expectativas de rendimiento:
 ICTA BioZn-01^{RMA}: 50% si; 50% no.
 ICTA BioZn-02^{RMA}: 100% si.
5. Haría modificaciones a los híbridos:
 ICTA BioZn-01^{RMA}: 100% no.
 ICTA BioZn-02^{RMA}: 100% no.
6. Recomendaría los híbridos a otros productores de maíz:
 ICTA BioZn-01^{RMA}: 50% si, 50% no.
 ICTA BioZn-02^{RMA}: 100% si.
7. Utilizaría los híbridos para el próximo ciclo de cultivo:
 ICTA BioZn-01^{RMA}: 50% probablemente si, 50% definitivamente no.
 ICTA BioZn-02^{RMA}: 50% probablemente si (si hay semilla), 50% definitivamente si.

Con respecto a la mancha de asfalto, se observó esta enfermedad en dos localidades: Olopita, Esquipulas, Chiquimula y Corozal Abajo, La Unión, Zacapa, donde se pudo comprobar que el híbrido ICTA BioZn-02^{RMA} manifestó resistencia a la misma, expresándose ésta en un menor daño foliar y menos efecto negativo en el rendimiento. El ICTA BioZn-01^{RMA} mostró niveles de tolerancia en el área foliar, pero fue más afectado en su rendimiento.

En las parcelas de validación instaladas en la comunidad de Antombrán, Huité, Zacapa, se realizó un día de campo con agricultores, productores de maíz de los municipios de Huité y Cabañas, en coordinación con las Agencias Municipales de Extensión Rural de esos municipios. La actividad se llevó a cabo en la etapa fenológica de R5 y R6 (secado del grano en la planta - dobla), cuando se puede observar el potencial de rendimiento que tendrá la plantación.

En total participaron 42 personas entre productores de maíz, promotores rurales y extensionistas del MAGA, quienes al final de la exposición de las bondades de los híbridos validados, llenaron una boleta de apreciación de los dos híbridos biofortificados de grano blanco, en los cuales se tuvo que el 60% manifestaron su preferencia y gusto por las características del híbrido ICTA BioZn-02^{RMA} y el 40% restante por el ICTA BioZn-01^{RMA}.

En el Anexo 3 se presenta el informe del día de campo.

7. CONCLUSIONES

- El rendimiento registrado por los híbridos de maíz ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{RMA} validados en seis localidades del oriente de Guatemala, no presenta diferencias con respecto al rendimiento de los híbridos utilizados como comparador.
- Los productores colaboradores mostraron su preferencia por el híbrido ICTA BioZn-02^{RMA}, indicando que posee mejor calidad de mazorca y grano, lo que puede repercutir en beneficio del rendimiento; así como resistencia a la mancha de asfalto.

8. RECOMENDACIONES

- Dado a que la validación se desarrolló en época de invierno y las características erráticas que este muestra en la región del oriente, se recomienda establecer parcelas de mayor tamaño a las desarrolladas, que fueron de 220 m², a nivel semicomercial y determinar el potencial de rendimiento.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 M. (2002). Variedad de maíz ICTA B-7. ICTA. Guatemala, Guatemala. 4 p.
- Fuentes López, M.R., J. van Etten, A. Ortega Aparicio & J.L. Vivero Pol. (2005). Maíz para Guatemala: Propuesta para la Reactivación de la Cadena Agroalimentaria del Maíz Blanco y Amarillo, SERIE "PESA Investigación", n°1, FAO Guatemala, Guatemala, C.A.
- Gómez, C. Situación de la producción de semillas de maíz en Guatemala periodo 2006-2010. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas). (2012). Planificación del programa de investigación en el cultivo de maíz del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas – ICTA. Guatemala, Guatemala. 50p. sp.
- 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). 2017. Situación del maíz blanco a marzo de 2017. Dirección de Planeamiento DIPLAN. 18 p.

- Pereyda-Hernández, Juan, Hernández-Morales, Javier, Sandoval-Islas, J. Sergio, Aranda-Ocampo, Sergio, de León, Carlos, & Gómez-Montiel, Noel. (2009). Etiología y manejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl.) del maíz en Guerrero, México. *Agrociencia*, 43(5), 511-519. Recuperado en 3 de marzo de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000500006&lng=es&tlng=es.
- United States Department Agricultural (USDA). (2010). Global estimates of corn prices, production and consumption.
- Van Etten, J., y M. Fuentes. (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.

ANEXOS

Anexo 1. Boleta de evaluación de tecnologías en parcelas de prueba ICTA.

Tecnología probada		Híbrido de maíz ICTA BioZn-01^{RMA} ICTA BioZn-02^{RMA}	No. Boleta:
Coordenadas geográficas		Lat: Long:	Responsable:
Nombre del Agricultor			Fecha:
Localización de la parcela		Comunidad:	
		Municipio:	
		Departamento:	
1	¿Cómo califica a los híbridos de maíz ICTA BioZn-01 ^{RMA} e ICTA BioZn-02 ^{RMA} propuestos por ICTA?	<i>Observaciones:</i>	Excelente () Bueno () Regular () Malo () Muy malo ()
2	¿Qué problemas o desventajas presentaron para usted los híbridos de maíz ICTA BioZn-01 ^{RMA} e ICTA BioZn-02 ^{RMA} probados en su sistema de cultivo?		
3	¿Qué ventajas observa en los híbridos de maíz ICTA BioZn-01 ^{RMA} e ICTA BioZn-02 ^{RMA} ?		
4	¿Cumplen los híbrido de maíz ICTA HA-01 ^{TMA} e ICTA HA-02 ^{TMA} , sus expectativas en rendimiento de grano?	sí_____ No_____ ¿por qué?	
5	¿Haría modificaciones a los híbridos de maíz ICTA BioZn-01 ^{RMA} e ICTA BioZn-02 ^{RMA} ?	sí_____ No_____ ¿ por qué?	
6	¿Le recomendaría los híbridos de maíz ICTA BioZn-01 ^{RMA} e ICTA BioZn-02 ^{RMA} a otros productores?	sí_____ No_____ ¿por qué?	
7	¿Utilizará los híbridos de maíz ICTA BioZn-01 ^{RMA} o ICTA BioZn-02 ^{RMA} de ICTA para su próximo ciclo de cultivo?	<i>Observaciones:</i>	Probablemente sí () Definitivamente sí () Probablemente no () Definitivamente no ()
8	Observaciones no consideradas en los incisos del 1 al 7 sobre los híbridos de maíz ICTA BioZn-01 ^{RMA} o ICTA BioZn-01 ^{RMA} probado por ICTA		

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable de respuesta rendimiento (kg/ha) obtenida en las parcelas de prueba de los híbridos ICTA BioZn-01^{RMA} e ICTA BioZn-02^{TMA} y sus comparadores en el oriente de Guatemala, 2019.

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-Valor
Modelo	17162541.40	7	2451791.63	1.69	0.22
Tratamiento	976698.19	2	488349.10	0.34	0.72
Bloque	16185843.20	5	3237168.64	2.22	0.13
Error	14549363.78	10	1454936.38		
Total	31711905.18	17			

Fuente: Infostat[®]

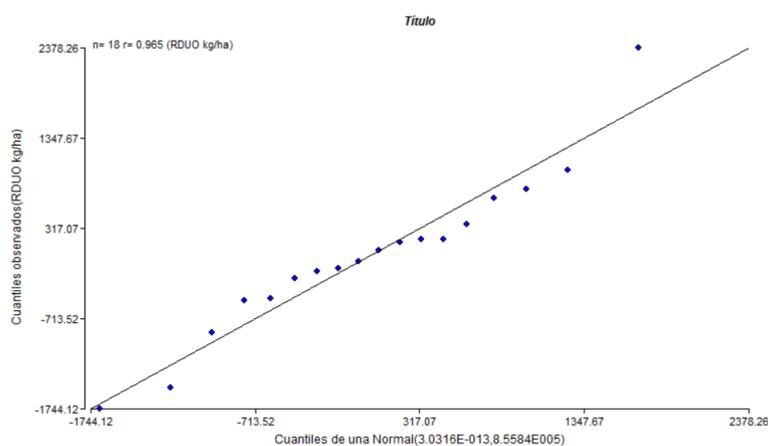


Figura 3. QQ-plot de los residuos del rendimiento que determina el cumplimiento del supuesto de la normalidad de los datos analizados.

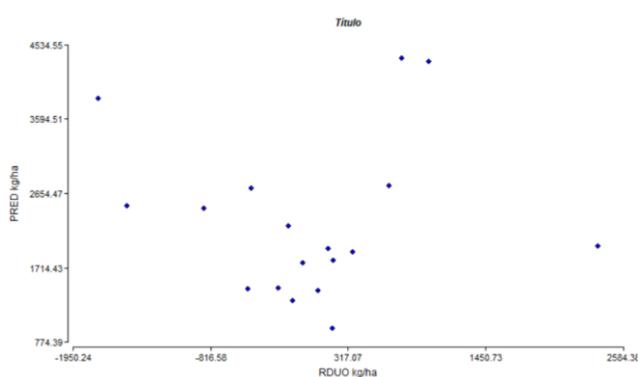


Figura 4. Dispersión de los predichos del rendimiento versus los residuos del rendimiento que determinan el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de la varianza de los datos analizados.

Anexo 3. Informe del día de campo realizado con agricultores pertenecientes a la Cadena de Maíz, del Consorcio CRIA-Oriente.

I. Título

Día de campo en parcelas de prueba de dos híbridos de maíz de grano de endospermo blanco, con alta concentración de cinc y resistencia a mancha de asfalto ICTA BIOZn-01^{RMA} e ICTA BIOZn-02^{RMA} con Extensionistas y Promotores del MAGA de Huité y Cabañas, Zacapa.

II. Tecnología o tema para presentar

Híbridos de maíz de grano de endospermo blanco con alta concentración de cinc y resistencia a mancha de asfalto ICTA BIOZn-01^{RMA} e ICTA BIOZn-02^{RMA}.

III. Identificación

Investigador principal	José Luis Ságuil Barrera
Investigador asociado	
Lugar	Antombrán, Huité, Zacapa
Fecha	19 de septiembre de 2019
Fecha del informe	25 de noviembre de 2019

IV. Propósito de la actividad

Justificación

En la Ley Orgánica del ICTA, en su artículo 3° indica que “el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas es la institución de derecho público responsable de generar y promover el uso de la ciencia y tecnología agrícolas. En consecuencia le corresponde conducir investigaciones que busquen la solución de los problemas de explotación racional agrícola que incidan en el bienestar social; producir materiales y métodos para incrementar la productividad agrícola; promover la utilización de la tecnología a nivel del agricultor y del desarrollo rural regional, que determine el sector público agrícola”.

El ICTA contribuye con la seguridad alimentaria de la población rural, focalizándose en la generación y promoción de tecnología de los principales cultivos alimenticios entre los que está el maíz. Esto lo hace por medio de la difusión de las tecnologías a los pequeños y medianos productores.

Partiendo de los compromisos que genera el Plan Estratégico 2013-2020 (ICTA, 2012), entre los cuales se tiene el objetivo estratégico de “Promocionar tecnología agrícola prioritariamente enfocada a cultivos de seguridad alimentaria, para que el mayor número de agricultores posibles conozca, acceda y haga uso de las tecnologías generadas por el Instituto”, año con año el ICTA se plantea metas para la capacitación a productores y difusión de la tecnología generada a través de días de campo, para lo que hace uso de parcelas donde se implementa la tecnología generada.

El maíz constituye el principal grano básico utilizado en la dieta alimenticia de la población en general, por lo que se convierte en el vehículo para la nutrición de las personas. Aprovechando este punto, se desarrolla la estrategia de la biofortificación de los principales cultivos alimenticios y el ICTA a través del Programa de Maíz y la DVTT, ha evaluado y seleccionado dos híbridos con alto potencial de rendimiento y alta concentración de cinc (hasta el doble de los maíces comunes) y resistentes al complejo de hongos que provocan la enfermedad conocida como *mancha de asfalto*, tecnología que se encuentra en la última fase, de acuerdo con el esquema de generación de tecnología, por lo que se requiere de la promoción y evaluación en el campo.

Antecedentes

Durante el ciclo agrícola 2018 el Programa de Maíz del ICTA, introdujo en el esquema de generación de tecnología de la institución, la evaluación de 18 híbridos élite, con endospermo blanco, con alta concentración de cinc, alto potencial de rendimiento y tolerancia a la *mancha de asfalto*. La evaluación realizada en varias localidades del país produjo como resultado la selección de dos de estos híbridos. Estos han sido identificados como ICTA BIOZn-01^{RMA} e ICTA BIOZn-02^{RMA}, pasaron durante el año 2019 a la fase de validación en parcelas de prueba.

Para la validación en parcelas de prueba, se presentó ante el Programa IICA-CRIA el proyecto: Validación de los híbridos de grano blanco ICTA BIOZN-01 e ICTA BIOZn-02^{RMA}, con tolerancia a mancha de asfalto, mejor calidad de proteína y cinc, mismo que fue aprobado para su financiamiento.

El proyecto se desarrolla en seis localidades de Zacapa y Chiquimula, con igual número de productores colaboradores en sus respectivas fincas.

Una de las actividades que forman parte del proyecto, es un día de campo, para dar a conocer y difundir esta tecnología con los miembros de la Cadena de Maíz del Oriente.

Objetivos

- Difundir la tecnología en producción de granos básicos generada por el ICTA para la región del oriente de Guatemala, por medio de la observación del desarrollo y producción de dos híbridos de grano blanco en validación ICTA BIOZn-01^{RMA} e ICTA BIOZn-02^{RMA}, en la aldea Antombrán, Huité, Zacapa.
- Dar conocer las características fenotípicas y agronómicas de los híbridos de maíz de grano blanco BIOZn-01^{RMA} e ICTA BIOZn-02^{RMA} a Extensionistas y Promotores del MAGA de los municipios de Huité y Cabañas.

V. Descripción de la actividad

Previamente al día de campo se realizó una visita a la parcela del señor Octavio Ríos, participante en el proyecto con la instalación de parcelas de prueba de los híbridos de grano blanco, en la localidad de Antombrán, Huité. La parcela se localiza en las coordenadas 14° 56' 49.34" latitud norte y 89° 44' 04.93" longitud oeste, a 227 msnm. Se determinó el estado de las parcelas y la viabilidad de realizar el evento de día de campo. En esta localidad se encontraron las condiciones ideales, tanto por su acceso, como por el estado de las parcelas de maíz, por lo que se hicieron los compromisos que conllevó la logística del día de campo. Se determinó que el mismo se dirigiera a Extensionistas y Promotores del MAGA, de los municipios de Huité y Cabañas, como actores locales, productores de grano de maíz para consumo propio y para venta, a los que posteriormente se hizo la respectiva invitación.

Ante el MAGA se coordinó con el Ing. Luis Barrientos (Extensionista DAR) del MAGA en el municipio de Cabañas, Zacapa, para realizar la convocatoria de los productores de maíz y Promotores de los municipios de Huité y Cabañas en el departamento de Zacapa.

Durante la actividad y de acuerdo con la agenda elaborada, se inició con la bienvenida de los participantes, dando relevancia al hecho de que la gente encargada de hacer la transferencia de tecnología, como extensionistas y promotores estén presentes en esta oportunidad. A continuación, se invitó a los presentes a pasar a las parcelas de prueba de los dos híbridos en validación, para conocer sus características fenotípicas y el potencial de rendimiento.

En ese momento se hizo la presentación de las características agronómicas y nutricionales de los híbridos de maíz, haciendo énfasis en la importancia del cinc en la alimentación diaria de la

población. Luego el productor Octavio Ríos compartió con los participantes su experiencia en el manejo de las parcelas de prueba y su percepción de éstas, hasta el momento en que se encuentra la plantación, que corresponde la etapa fenológica de R5 (grano dentado).

Luego se realizó un recorrido por la parcela de prueba, para verificar la altura de planta, altura de mazorca y otras características de la planta de maíz, que se pueden observar a simple vista; esperando conocerse el rendimiento cuando se coseche la misma.

Por último, se realizó un intercambio de experiencias y un ejercicio de preguntas y respuestas que pudieran despejar dudas sobre el cultivo de los híbridos de maíz. Se terminó la parte técnica del día de campo, con la evaluación que hicieron los participantes en esta etapa de la plantación.

La actividad fue clausurada por el Ing. Luis Calderón, agradeciendo a los participantes su interés en el día de campo, así como sus aportes en la validación de los híbridos. Previo al regreso se ofreció el respectivo almuerzo para todos.

VI. Principales logros (resultados)

Relacionados con la tecnología expuesta:

- Se dio a conocer el desarrollo en campo de los híbridos de maíz de endospermo blanco ICTA BIOZn-01^{RMA} e ICTA BIOZn-02^{RMA} a extensionistas y promotores del MAGA de Huité y Cabañas, Zacapa.
- Se contribuyó con la meta de difundir la tecnología agrícola generada por el ICTA en beneficio de 42 extensionistas, promotores y productores de maíz de los municipios de Huité y Cabañas, Zacapa.

Lecciones aprendidas relacionadas con la tecnología expuesta:

- Es imprescindible contar con el apoyo financiero de entes externos al ICTA para el desarrollo de los días de campo, debido a los gastos que se incurre en el traslado y alimentación de los beneficiarios.
- El momento del día de campo en el ciclo de cultivo de los híbridos en validación resultó el adecuado, ya que se presentaron las plantaciones en estado reproductivo final, en el que se puede observar ya el potencial de rendimiento.

VII. Análisis de la evaluación de la tecnología

De acuerdo con la información contenida en las boletas de evaluación, se tuvo que el 60% de los participantes manifestaron su gusto por las características que presenta el híbrido de maíz de endospermo blanco ICTA BIOZn-02^{RMA}, mientras que el restante 40% manifiesta su gusto por el híbrido ICTA BIOzn-01^{RMA}. En ambos casos la boleta de evaluación fue marcada por los evaluadores en las opciones de <me gusta> y <no me gusta ni me disgusta>. No se encontró ninguna respuesta con la opción de <no me gusta>.

VIII. Conclusiones.

- Se promocionó y difundió la tecnología híbridos de maíz grano con endospermo blanco ICTA BIOZn-01^{RMA} e ICTA BIOZn-02^{RMA} a 42 extensionistas y promotores del MAGA y productores de maíz de los municipios de Huité y Cabañas, Zacapa.

IX. Recomendaciones

- Difundir los resultados finales del proyecto con los grupos de productores de maíz y personal del MAGA en los municipios de Zacapa y Chiquimula.

X. Referencias bibliográficas de apoyo al tema

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. (2012). Plan Estratégico 2013-2020.

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Ley Orgánica, Decreto Legislativo 68-72. Diario de Centro América, No. 6, t. CXCIV. (22 de noviembre de 1972).

XI. Anexos

Figura A-1. Imágenes del día de campo en parcelas de prueba de dos híbridos de maíz de grano blanco con tolerancia a mancha de asfalto, con mejor calidad de proteína y cinc, ICTA BIOZn-01^{RMA} e ICTA BIOZn-02^{RMA} con extensionistas y promotores del MAGA en Antombrán, Huité, Zacapa. 2019.

A.



B.



C.



D.



A) El Ing. Agr. José Luis Ságuil en compañía del sr. Octavio Ríos, dueño de la parcela, previo al inicio del día de campo. B) Personal del MAGA de Huité y Cabañas que participaron en el día de campo. C) Extensionistas, promotores y productores de maíz observan las características de los híbridos de maíz. D) Vista general de los participantes en día de campo.

Cuadro A-1. Programa general desarrollado en el día de campo en parcelas de prueba de dos híbridos de maíz de grano blanco con tolerancia a mancha de asfalto con, mejor calidad de proteína y cinc ICTA BIOZn-01^{RMA} e ICTA BIOZn-02^{RMA} con Extensionistas y Promotores del MAGA en Antombrán, Huité, Zacapa. 2019.

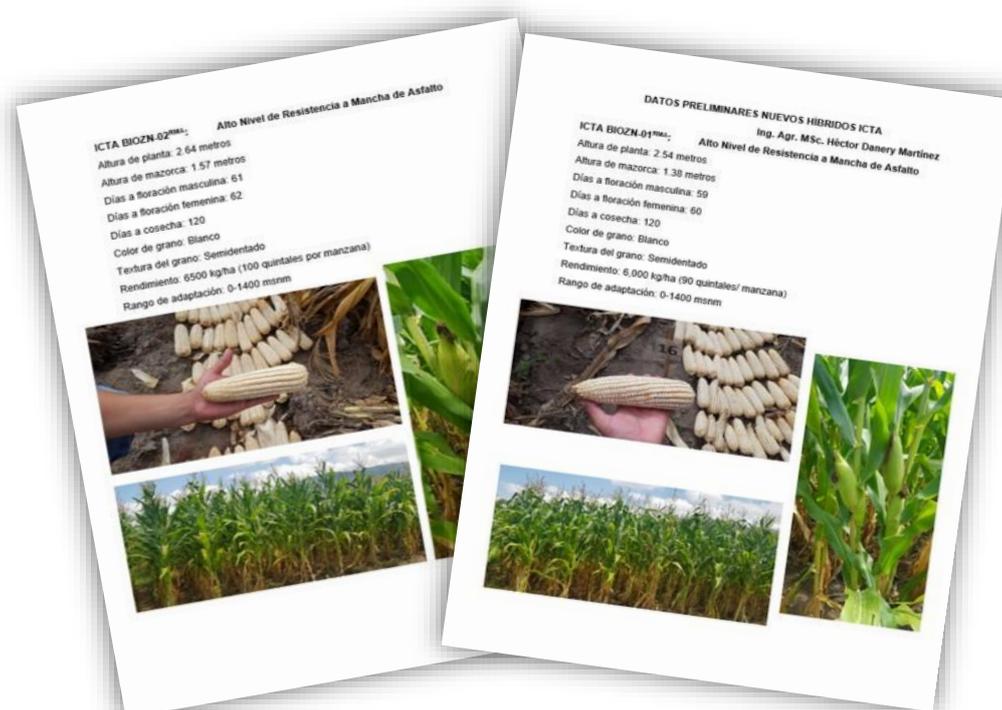
Programa Día de campo con Extensionistas y Promotores del MAGA Huité y Cabañas

Fecha y lugar: jueves 19 de septiembre de 2019, Antombrán, Huité, Zacapa

Facilitadores del evento: José Luis Ságuil Barrera/Luis Emilio Calderón Vásquez

HORA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
09:00-09:15	Apertura y presentación de los asistentes	José Luis Ságuil Barrera Investigador Principal
09:15-9:30	Bienvenida y presentación de los asistentes al día de campo	Luis Barrientos y Fernando Luna, DAR MAGA
09:30-9:45	Explicación de la actividad del día de campo y su relación con el proyecto	Luis Emilio Calderón Vásquez Gestor de la Cadena de Maíz
9:45-10:30	Características agronómicas y nutricionales de los híbridos de maíz de grano blanco	José Luis Ságuil Barrera Investigador Principal
10:30-11:00	Recorrido en las parcelas de prueba	José Luis Ságuil Barrera Participantes
11:00-11:15	Manejo de la parcela de prueba	Octavio Ríos Productor colaborador
11:15-11:45	Intercambio de experiencias, preguntas y respuestas. Evaluación de los híbridos	José Luis Ságuil Barrera Participantes
12:45-12:00	Clausura	Luis Emilio Calderón Vásquez Gestor de Cadena
12:10-13:00	Almuerzo	Todos

Imagen A-2. Hoja informativa entregada en el día de campo en parcelas de prueba de dos híbridos de maíz de grano blanco con tolerancia a mancha de asfalto, con mejor calidad de proteína y cinc ICTA BIOZn-01^{RMA} e ICTA BIOZn-02^{RMA}. Antombrán, Huité, Zacapa. 2019.



BOLETA DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN PARCELAS DE PRUEBA
ICTA
Tecnología evaluada
Híbrido de maíz de grano de endospermo blanco ICTA BIOZn-01^{RMA}

Indique su valoración del híbrido de maíz presentado en el día de campo colocando una marca en la figura que represente su gusto o no de lo que observó

		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ME GUSTA	NO ME GUSTA NI ME DISGUSTA	

BOLETA DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN PARCELAS DE PRUEBA
ICTA
Tecnología evaluada
Híbrido de maíz de grano de endospermo blanco ICTA BIOZn-02^{RMA}

Indique su valoración del híbrido de maíz presentado en el día de campo colocando una marca en la figura que represente su gusto o no de lo que observó

		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ME GUSTA	NO ME GUSTA NI ME DISGUSTA	NO ME GUSTA

Imagen A-3. Boleta de evaluación en el día campo en parcelas de prueba de dos híbridos de maíz de grano blanco con tolerancia a mancha de asfalto, con mejor calidad de proteína y cinc ICTA BIOZn-01^{RMA} e ICTA BIOZn-02^{RMA}. Antombrán, Huité, Zacapa. 2019.



CRIA

Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria



**GOBIERNO de
GUATEMALA**

DR. ALEJANDRO GIAMMATTEI

MINISTERIO DE
AGRICULTURA,
GANADERÍA
Y ALIMENTACIÓN



TRICENTENARIO
1821-2021