

2
0
1
7



Memoria de Labores

Miembros Junta Directiva

Presidente

Mario Méndez Montenegro
Ministro de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)

Presidente Suplente

José Felipe Orellana Mejía
Viceministro de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones (MAGA)

Diretores

Ángel Santay Ixcoy
Representante del Ministro de Economía

Luis Enrique Rojas Samayoa
Representante del Ministro de Finanzas Públicas

Julio César Gordillo Coloma
Representante de la Secretaria de Planificación y Programación (SEGEPLAN)

Mario Godínez López
Decano Facultad de Agronomía USAC

Armando Vidal Sandoval Núñez
Representante Titular del Sector Privado Agrícola

Marco Augusto Quilo Ortiz
Representante Titular del Sector Privado *Agrícola*

Asesor

Julio René Morales
Gerente General ICTA

Comité Editorial del ICTA

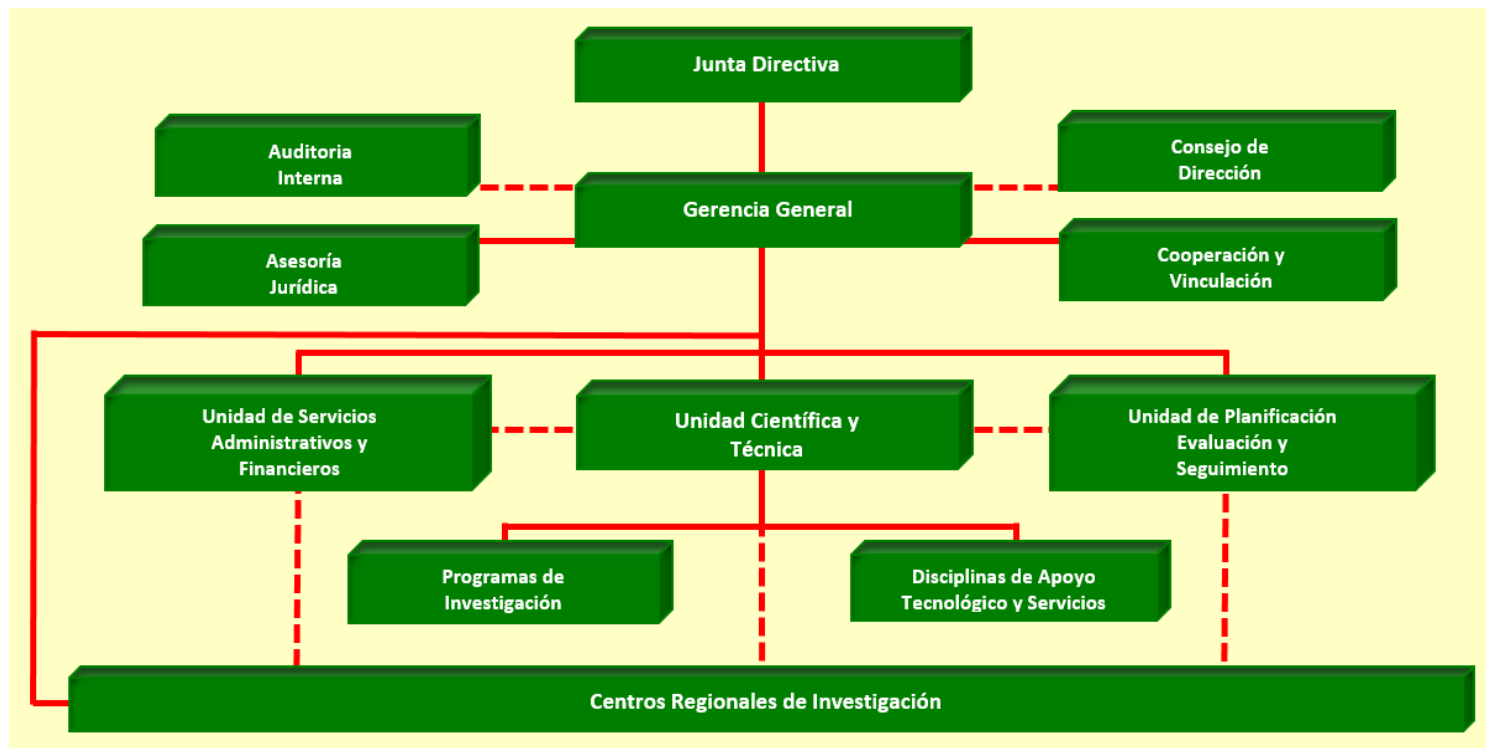
Ing. Agr. Julio César Villatoro Mérida	Presidente
Ing. Agr. MSc. Danilo Ernesto Dardón Ávila	Vicepresidente
Licda. Lidia Guadalupe Tello de la Fuente	Secretaria
Ing. Agr. Msc. Adán Obispo Rodas Cifuentes	Vocal
Ing. Agr. Luis Antonio Huinac Barrios	Vocal
Ing. SC. Benjamín Pérez Ciprián	Vocal

Colaborador

Ing. Agr. MSc. Héctor Alfredo Sagastume Mena

Diseño y diagramación
Disciplina de Divulgación

Estructura organizacional



Objetivo

Es la institución de derecho público responsable de generar y promover el uso de la ciencia y tecnología agrícolas en el sector respectivo. En consecuencia, le corresponde conducir investigaciones tendientes a 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 de agricultor y del desarrollo rural regional, que determine el sector público agrícola. (Artículo 3, Decreto Legislativo No. 68-72, Ley Orgánica del ICTA)

Misión

Somos una institución de derecho público responsable de generar y promover la ciencia y tecnología agrícolas para la [os sistemas de producción agrícola, con énfasis en agricultores de infrasubsistencia, subsistencia y excedentarios, como una contribución al desarrollo agrícola de Guatemala.

Visión

Ser la institución que mediante la generación y promoción de tecnología, contribuye al desarrollo agrícola nacional.

Presentación

Para dar cumplimiento al mandato de la Ley Orgánica del ICTA, Decreto Legislativo No. 68-72, se presenta la Memoria de Labores del año 2017.

Las actividades del ICTA incluidas en la memoria de labores se enmarcan en lo establecido en el Plan Estratégico Institucional 2013-2020 aprobado por la Honorable Junta Directiva, quien definió el marco estratégico de la institución, en cuatro lineamientos: 1) El ICTA debe concentrarse y focalizarse en la generación y validación de tecnología en el tema de seguridad alimentaria. 2) El enfoque dentro de la seguridad alimentaria, es la generación y promoción de tecnología en los cultivos de maíz, frijol, papa, arroz y sistemas tradicionales y alternativos de producción de alimentos, por la importancia de estos cultivos dentro de la economía guatemalteca. 3) La población objetivo deben ser los agricultores de infra-subsistencia, subsistencia y excedentarios y 4) Como rectora de la investigación, debe centralizar y difundir la información relacionada con la investigación agrícola en Guatemala, de manera que se convierta en un punto focal de consulta.

Contenido

	Página
	1
1.1.	2
1.2.	3
1.2.1.	4
1.2.2.	4
1.2.3.	5
1.2.4.	5
1.2.5.	6
1.2.6.	7
1.2.7.	8
1.2.8.	10
1.2.9.	11
1..2.10.	12
1.2.11.	14
1.2.12.	15
1.2.13.	16

1.2.14.	Mejoramiento genético para tolerancia a mustia hilachosa (<i>Thanatephorus cucumeris</i> Frankdonk Anamorfosis <i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn)	16
1.2.15.	Mejoramiento genético para las principales enfermedades fungosas del altiplano de Guatemala	17
1.2.16.	Mejoramiento genético de frijoles volubles de Guatemala	17
1.2.17.	Mejoramiento genético para resistencia al daño de gorgojo <i>Acanthoscelides obtectus</i>	18
1.2.18.	Estudio de aceptabilidad de la variedad de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) ICTA Chorti ^{ACM} en las regiones de oriente y norte de Guatemala	19
1.2.19.	Diagnóstico agro-socioeconómico del cultivo de frijol arbustivo (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el oriente de Guatemala	19
1.3.	Programa de investigación de maíz	21
1.3.1.	Comportamiento del Híbrido ICTA HB-17 ^{TMA} evaluado en el ensayo regional del PCCMCA, en 19 localidades de Centro América	22
1.3.2.	Desarrollo de variedades e híbridos de maíz de grano normal y de alta calidad nutritiva adaptadas a zona de 0-1400 msnm de Guatemala	22
1.3.3.	Formación, prueba y validación de germoplasma de maíz enriquecido con zinc	23
1.3.4.	Mejoramiento convencional de variedades comerciales y fitomejoramiento participativo de maíces nativos para el altiplano de Guatemala	24
1.3.5.	Liberación de la variedad de polinización libre de maíz ICTA B-9 ^{ACP}	24
1.3.6.	Adopción de la variedad de maíz ICTA B-7 ^{TS} en el oriente de Guatemala	25
1.3.7.	Efecto de abonos verdes como fuente de nitrógeno para el cultivo de maíz en condiciones de campo, utilizando para la medición de su efecto técnicas isotópicas y convencionales -FASE 1 y 2-	25
1.3.8.	Validación en parcelas de prueba del maíz ICTA B-13 ^{ACP+Zn} en la región norte de Guatemala	26
1.3.9.	Validación en parcelas de prueba del maíz ICTA B-15 ^{ACP+Zn} en la región norte de Guatemala	27
1.4.	Programa de investigación de arroz	28
1.4.1.	Rendimiento y características agronómicas de 90 líneas de arroz biofortificado procedentes del CIAT	29

1.4.2.	Rendimiento y tolerancia a enfermedades de 12 líneas avanzadas de arroz biofortificado	29
1.4.3.	Producción de semilla de 11 líneas y una variedad de arroz	30
1.5.	Programa de investigación de hortalizas	31
1.5.1.	Rendimiento y resistencia de cultivares de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) al nematodo dorado (<i>Globodera rostochiensis</i> Woll Behrens)	32
1.5.2.	Rendimiento y resistencia de cultivares de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) a tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en las zonas de producción de Guatemala	32
1.5.3.	Determinación de ploidía de parientes silvestres de la papa (<i>Solanum</i> spp.) con fines de mejoramiento genético	33
1.5.4.	Limpieza y micropropagación de vitroplantas de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) con fines de investigación	34
1.5.5.	Rendimiento y calidad de fritura de cultivares de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) con características adecuadas para la elaboración de hojuelas fritas	34
1.5.6.	Conservación <i>in vitro</i> de materiales de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) y camote (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	35
1.5.7.	Conservación <i>in vitro</i> de camote (<i>Ipomoea batata</i>), yuca (<i>Manihot esculenta</i>) y papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	36
1.5.8.	Aumento del rendimiento y del potencial comercial de los cultivos de importancia económica	36
1.5.9.	Cultivo de camote (<i>Ipomea batata</i>)	37
1.5.9.1.	Aplicación de técnicas biotecnológicas para la producción de plantas de camote (<i>Ipomoea batatas</i> L.) libres de enfermedades	37
1.5.9.2.	Generación de tecnología para la producción de semilla vegetativa de camote (<i>Ipomoea batatas</i> L.) de alta calidad	38
1.5.9.3.	Estudio de aceptabilidad de las variedades de camote (<i>Ipomoea batatas</i>) ICTA Dorado e ICTA Pacífico en las regiones de oriente y norte de Guatemala	38
1.5.10.	Cultivo de yuca	39
1.5.10.1.	Propagación <i>in vitro</i> de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) biofortificada proveniente del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical)	39
1.5.10.2.	Evaluación de clones promisorios biofortificados de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) en finca de agricultores	40

1.5.10.3.	Generación de tecnología para la producción de semilla vegetativa de materiales biofortificados de yuca (<i>Manihot sculenta</i> Crantz)	40
1.6.	Otros cultivos y actividades realizadas	41
1.6.1.	Propagación <i>in vitro</i> de macal (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>)	41
1.6.2.	Cultivo de Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	41
1.6.2.1.	Introducción de germoplasma del CIMMYT a través de los viveros HRWYT y ESWYT en ICTA-CIALO	41
1.6.2.2.	Evaluación de diez genotipos avanzados de trigo ENTRI 2017	42
1.6.2.3.	Evaluación de cuatro genotipos de trigo bajo cuatro distanciamientos de siembra	42
1.6.3.	Disciplina de Alimentos	43
1.6.3.1.	Calidad nutricional de dietas a base de maíz y frijol biofortificados y su aplicación en el procesamiento de alimentos	43
1.6.3.2.	Transferencia de tecnología de procesamiento de alimentos en la planta de agroindustria	43
1.6.3.3.	Transferencia de tecnología para el manejo pos cosecha de hortalizas y frutas	44
1.6.4.	Disciplina de Validación y Transferencia de tecnología	45
1.6.4.1.	Transferencia de tecnología para la producción y aprovechamiento integral de bambú	45
1.6.4.2.	Transferencia de tecnología para la producción de frutales tropicales	45
1.6.5.	Disciplina de suelos y agua	46
1.6.5.1.	Servicio de análisis físico químico de suelos y plantas	46
1.6.6	Disciplina de divulgación	46
1.6.7.	Proyecto Masfrijol	47
2.	Actividades destacadas	48
2.1.	Fortalecimiento al sector agrícola, la seguridad alimentaria y nutricional con dos nuevos cultivares de frijol	48
2.2.	ICTA exhibe tecnologías en Congreso Agrícola Nacional	48
2.3.	Capacidades científicas técnicas fortalecidas con donación de maquinaria agrícola, vehículos y equipo de computo	49
2.4.	Fortalecimiento a la agricultura nacional con dos nuevos cultivares biofortificados de maíz y frijol	49
2.5.	Capacitación a agricultores organizados para producir semilla certificadas	50

2.6.	Semillas biofortificadas de maíz y frijol diseminadas en departamentos priorizados con desnutrición crónica	51
2.7.	Agricultores del corredor seco del oriente se beneficiaron con semilla ICTA B-7 ^{TS} tolerante a la sequia	51
2.8.	Contribución del proyecto ICTA-PRIICA en el país	52
2.9.	Conferencia de Investigación de Leguminosas de Grano del Laboratorio de Innovación de Leguminosas (LIL)	52
2.10.	Agricultores del corredor seco de Baja Verapaz beneficiados con semillas de camote biofortificado y de yuca ICTA Izabal	53
2.11.	Abonos orgánicos con KoLFACI	53
2.12.	Vitrinas agrícolas, una forma de transferir tecnología	54
2.13.	Jornadas de transferencia en vitrinas tecnológicas	54
2.14.	Agricultores del altiplano occidental tendrán mejores cosechas de maíz	55
2.15.	Día de campo para evaluar cultivares de papa	55
2.16.	Visita de mejoradores del cultivo de maíz	56
2.17.	Investigadores cursan estudios de maestría	56
3.	Alianzas estratégicas	57
4.	Nuevas publicaciones tecnológicas	59
5.	Capacitaciones de personal	60
6.	Participación de personal en eventos	64
7.	Informe financiero	65

1. Resumen de resultados y avances de investigación

Durante el ejercicio fiscal 2017, el ICTA desarrolló su objetivo de conformidad a lo establecido en el Plan Estratégico Institucional 2013-2020 y en el plan operativo anual.

El mandato del ICTA es la generación de tecnología agrícola que contribuya a fortalecer al sector agrícola nacional, la seguridad alimentaria y nutricional de la población guatemalteca. Como parte de dicha labor a través de la Unidad Científica Técnica se ejecutaron alrededor de 260 actividades de investigación, validación, transferencia y promoción de tecnología a nivel nacional.

Como producto de varios años de trabajo, se liberaron dos nuevos cultivares de frijol negro de enredo: a) ICTA Labor Ovalle tipo bolonillo, b) ICTA Uatatlán. Generalmente se siembran en asocio con maíz en altitudes entre los 2,000 a 2,800 metros sobre el nivel del mar (msnm). En abril se liberaron dos cultivares biofortificados uno de frijol negro ICTA Chorti^{ACM} y uno de maíz blanco ICTA B-9^{ACP}. ICTA Chorti^{ACM} la primera variedad de frijol negro en Guatemala con mayor contenido de hierro (99 ppm) y zinc (36 ppm). Es apta para siembra en altitudes entre 500-1,000 msnm.

El consumo de este frijol contribuirá a combatir la anemia e incrementará la absorción de otros minerales. Por otro lado, ICTA B-9^{ACP} es una variedad de maíz blanco con alta calidad de proteína, aporta el 90% de las proteínas que contiene la leche. Es apta para siembra en altitudes entre 0-1,400 msnm.

Durante cuatro años el ICTA ejecutó actividades dentro del Programa Regional de Investigación e innovación por Cadenas de Valor Agrícola (PRIICA), adaptado a productores de infra-subsistencia y subsistencia a través de Consorcios Locales de Investigación e Innovación Agrícola (CLIITA), en las agrocadenas de aguacate, yuca, papa y tomate. En este programa se beneficiaron a 2,214 productores de Guatemala, en los cultivos de yuca, tomate, papa y aguacate.

En el eje de promoción de tecnologías, se realizaron siete jornadas de transferencia, donde

se capacitaron a 2,610 personas, entre agricultores, estudiantes, extensionistas y líderes comunitarios. Se beneficiaron a 7,984 personas con publicaciones agrotecnológicas, y se generaron seis publicaciones agrotecnológicas (cuatro de frijol, una de maíz blanco y una de papa). Se transfirió conocimiento a 299 agricultores en tecnología del frijol, de los cuales 81 fueron seleccionados para ser productores de semilla y administrar almacenes comunitarios de la misma. Esta actividad se realizó con apoyo financiero del proyecto Masfrijol.

En el eje de fortalecimiento institucional: a) cuatro investigadores realizaron estudios de maestría en universidades de Estados Unidos, donde obtuvieron el título de Fitomejoradores (Plant Breeder). Las becas fueron otorgadas como parte del proyecto colaborativo entre ICTA y el Legume Innovation Lab de USAID; b) La unidad científica técnica se fortaleció con la donación de seis vehículos tipo pick up, un tractor, una rastra de tiro, una chapeadora, 18 computadoras portátiles, una computadora de escritorio y tres impresoras, a través del Programa de Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria (CRIA), financiado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Dentro del eje de alianzas se suscribieron 11 de acuerdo a lo estipulado en el artículo 11, numeral 7 de su Ley Orgánica, Decreto Legislativo No. 68-72.

La Unidad Científica Técnica continúa realizando investigaciones para liberar nuevas variedades de frijol con tolerancia a enfermedades que afectan el cultivo en el oriente y occidente del país. En maíz se evalúan variedades nativas para el altiplano, a través de mejoramiento participativo. En papa se validan nuevas variedades de forma oblonga con tolerancia a *Phytophthora infestans* y *Globodera rostochiensis*, organismos que disminuyen la producción de la papa. Se evalúan cultivares biofortificados (betacarotenos, hierro y zinc) de camote, papa, yuca y arroz.

1.1. Sistema tecnológico

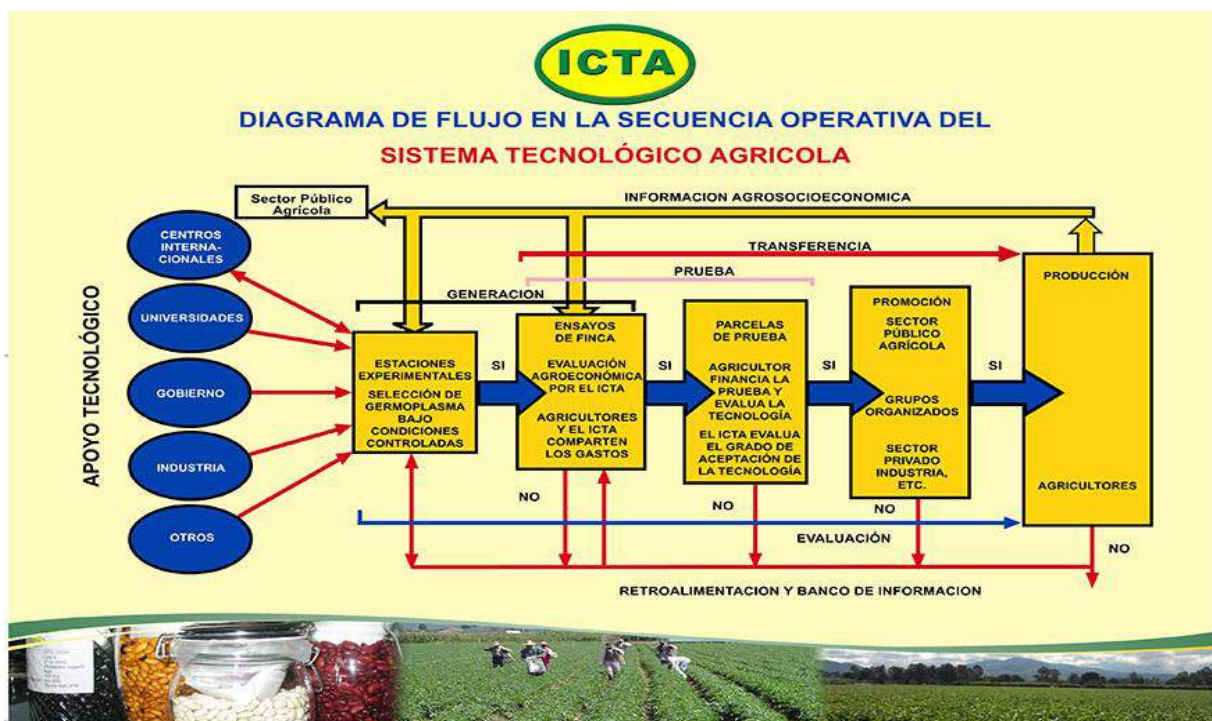
El sistema tecnológico agrícola del ICTA integra las fases de generación, validación (prueba) y transferencia de tecnología. Este sistema puede iniciarse en cualquiera de ellas, depende del estado de adaptación o validación de la tecnología disponible o si se trata de investigación básica o aplicada.

La fase de generación se determina al utilizar el enfoque de “investigación participativa” debido a que los propios agricultores son los que definen su problemática a resolver. El tipo de tecnología a desarrollar es definida por los análisis agrosocioeconómicos hechos con la población objetivo. La generación se lleva a cabo en las estaciones experimentales del ICTA o en campos de agricultores.

Una vez generada la tecnología, ésta se evalúa en la fase de prueba de tecnología. Ésta se hace en campos de los agricultores y determina su funcionalidad y grado de aceptación.

La última fase consiste en la transferencia de la tecnología. Ésta se hace con extensionistas y grupos organizados de agricultores (cooperativas, asociaciones, grupos organizados, aldeas, comunidades y otros).

Considera las interacciones más importantes entre los diferentes actores relacionados con la generación y transferencia de tecnología y cuenta con un sistema de retroalimentación con base en la información que se genera en el proceso, basado en el método científico



1.1 Programa de investigación de frijol

Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*)

En Guatemala se siembran 362,000 manzanas, se producen 5,460,400 quintales de grano, con un rendimiento promedio de 15.10 quintales por manzana. El 69.3% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en siete departamentos: Petén (17%), Jutiapa (13.5%), Quiché (9.9%), Chiquimula (8.4%), Huehuetenango (8.1%), Jalapa (6.4%) y Santa Rosa (6.0%). El cultivo genera 15,944,350 empleos directos en campo, 54,944 empleos permanentes. Se importan 11,196 toneladas métricas y se exportan 820 (MAGA en Cifras, 2016).

El cultivo de frijol en Guatemala es principalmente para autoconsumo, constituye la principal fuente de proteínas en el área rural.

El consumo anual por persona para el país, se calcula en 35 libras. El cultivo se adapta a altitudes desde 0 hasta 2,500 msnm y se han identificado factores limitantes, siendo los más importantes: a) factores bióticos: enfermedades como virus del mosaico dorado amarillo, virus del mosaico común, bacteriosis, antracnosis, mancha angular, ascochyta, roya y mustia hilachosa y dentro de las plagas insectiles, el picudo de la vaina, y b) factores abióticos: sequía, bajas temperaturas y baja fertilidad de los suelos. El énfasis del programa es el mejoramiento genético para: a) factores bióticos; b) factores abióticos y c) aumentar el contenido de hierro y zinc.



1.1.1 Rendimiento y características agroeconómicas de tres variedades de frijol voluble bajo tres sistemas de siembra

Con el propósito de identificar qué sistema de asocio con frijol genera mayor rendimiento y rentabilidad, se evaluaron los sistemas: espaldera (frijol voluble), doble surco (frijol voluble y arbustivo, y maíz) y tradicional (maíz y frijol voluble). El mejor resultado se obtuvo con la combinación de la variedad ICTA

Uatlán bajo el sistema de espaldera, por su mayor rendimiento (1502 kg/ha) y precocidad. Sin embargo, el sistema doble surco con ICTA Texel provee mayor rentabilidad debido a la venta de los componentes (maíz, frijol voluble y arbustivo).

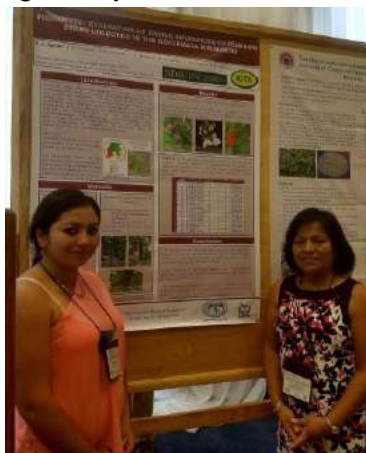


Presentación del póster
Jessica Moscoso

1.2.2 Características fenotípicas de 460 accesiones nativas de frijol voluble recolectadas en el altiplano de Guatemala

Un total de 460 accesiones nativas (*P. vulgaris*, *P. coccineus*, y *P. Polyanthus*) fueron recolectadas en el altiplano de Guatemala durante el 2015. De las 460 accesiones un 62.6% son *P. vulgaris* (54.34% voluble y 8.26% arbustivo), 31.1% son *P. polyanthus*, y el 6.3% son *P. coccineus*. Estas accesiones fueron evaluadas en Quetzaltenango y

Chimaltenango, bajo el sistema de espaldera. Veinticuatro accesiones de *P. vulgaris* mostraron características agronómicas superiores en resistencia a enfermedades, distribución de vainas y potencial productivo. Estas accesiones fueron incluidas en el plan de cruzamiento del Programa de mejoramiento de frijol.

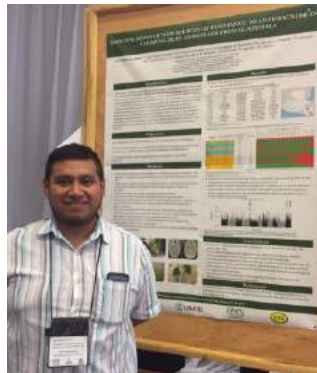


Presentación del póster
Karen Agreda

1.2.3 Identificación de nuevas fuentes de resistencia a antracnosis en germoplasma de frijol voluble de Guatemala

Se evaluó la resistencia a la raza 73 de antracnosis, que fue identificada en Dakota del Norte. Además, esta raza es la más predominante en Estados Unidos. Aproximadamente 10% de las 369 accesiones evaluadas no mostraron síntomas a la enfermedad, mientras 56% mostraron resistencia. También se identificaron regiones genómicas en los cromosomas Pv07 y Pv04 que están relacionadas con la resistencia al patógeno y puede ser utilizada en el mejoramiento de frijol. Por otra parte, seis razas de *C. lindemuthianum* provenientes de muestras

colectadas del hospedero en el altiplano de Guatemala fueron identificadas con el uso de 12 cultivares diferenciales. Las razas identificadas fueron: 556, 585, 897, 1609, 1993 y 3981; éstas pueden ser utilizadas para evaluar resistencia en germoplasma de frijol. Esta investigación fue presentada por Carlos Maldonado en la conferencia de la Cooperativa de mejoramiento genético de frijol (BIC) en East Lansing, Michigan (2017) y en el 33avo. Simposio Anual de Ciencia de las Plantas para Estudiantes de Postgrado en Saskatoon SK, Canadá (2017).



Presentación del póster
Carlos Maldonado

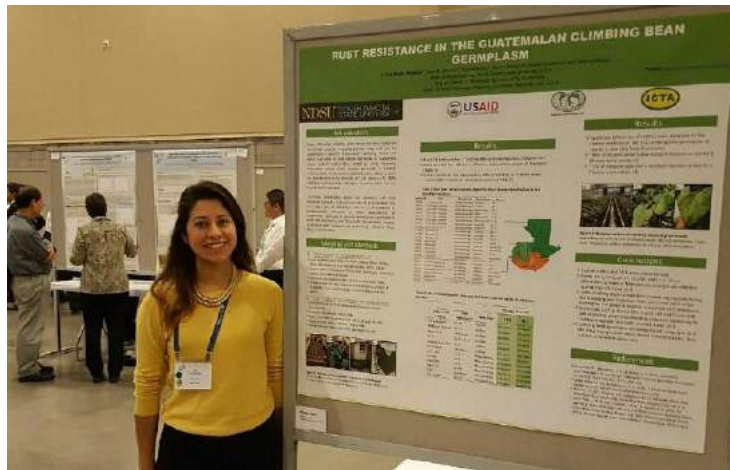
1.2.4 Resistencia a roya en la colección de frijol voluble de Guatemala

Se caracterizaron 17 aislamientos de roya de Guatemala y se identificaron dos razas: 63-1 y 31-1. Se evaluó resistencia en 372 accesiones de frijol voluble, usando como inóculo la raza 63-1, 31-1 y la raza 20-3 que ha sido identificada en Dakota del Norte. Como resultado, el 82% de las accesiones fueron resistentes a la raza 63-1, 86% a la raza 31-1 y 90% a la raza 20-3. Se identificaron regiones genómicas relacionadas con la resistencia a estas razas: Pv07 (3.72-3.79 Mb) para la raza 20-3, Pv06

(20,86 Mb) y Pv11 (51,87 Mb) para la raza 63-1, y Pv04 (39.6 Mb- 40.17 Mb) para la raza 31-1. Muchas de estas regiones genómicas no han sido reportadas previamente para resistencia a roya y deben tomarse en cuenta dentro de los programas de mejoramiento de frijol. Esta investigación fue presentada por Luz de María Montejo en el 33avo. Simposio Anual de Ciencia de las Plantas para Estudiantes de Postgrado en Saskatoon SK, Canadá (2017), en la Conferencia Panafricana de Leguminosas de

Grano en Livingstone, Zambia (2016) y en la Reunión Anual de la Asociación Americana de Agronomía. Phoenix, Arizona (2016).

Además, ganó el premio a mejor presentación en el Simposio de estudiantes de Postgrado en el área de fitopatología.



**Presentación del póster en la Reunión Anual de la Asociación Americana de Agronomía. Phoenix, Arizona
Luz Montejo**

1.2.5 Resistencia de líneas de frijol a dos especies de gorgojo

Quince líneas de frijol de la Universidad de Puerto Rico fueron evaluadas en Guatemala para identificar resistencia al daño de dos especies de gorgojos. Las unidades experimentales fueron recipientes de vidrio que contenían 20 semillas y 20 gorgojos adultos. El gorgojo común (*Acanthoscelides obtectus* Say) se evaluó en Chimaltenango y Quetzaltenango. El gorgojo mexicano (*Zabrotes subfasciatus* Boheman) se evaluó

en San Jerónimo, Baja Verapaz. Se midió el peso inicial y final, número de semillas dañadas y número de agujeros por semilla (a los 30, 45 y 60 días después de infestación). Como resultado, la mejor línea fue PR1303-(121-129) porque mostró tolerancia al gorgojo mexicano, y resistencia al gorgojo común. Esta línea fue incluida dentro del programa de mejoramiento de frijol en ICTA.

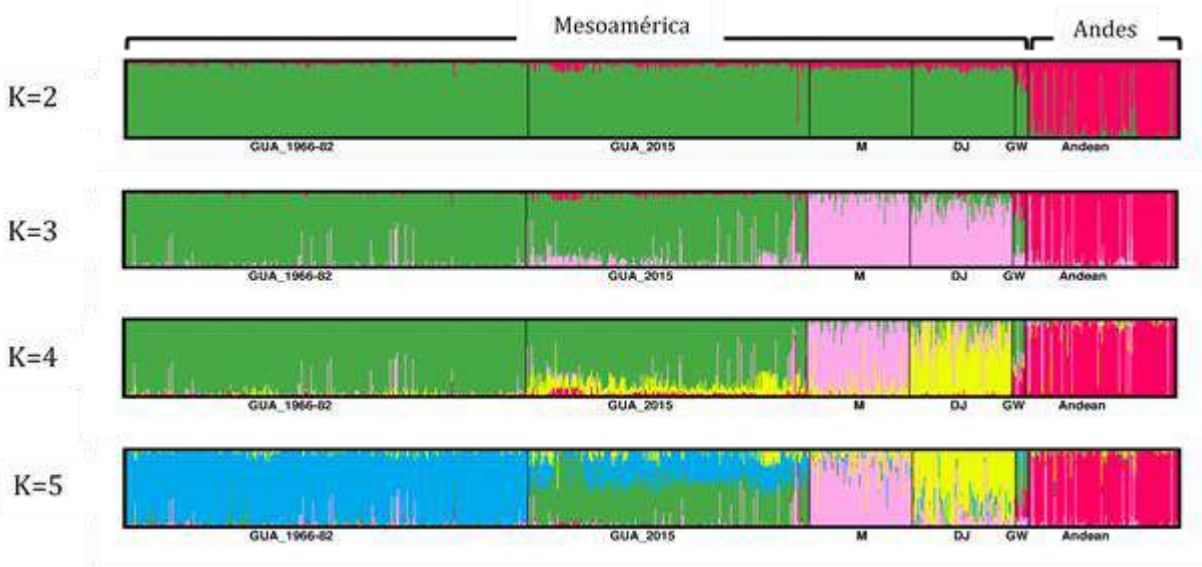


**Presentación de la investigación
Conferencia de Burkina Faso, África
Ángela Miranda**

1.2.6 Diversidad genética de las colecciones de frijol voluble guatemalteco

El frijol común es una de las leguminosas más importantes para consumo humano alrededor del mundo. Por esta razón los mejoradores de frijol han sido desafiados a incrementar la producción de frijoles mientras enfrentan nuevos problemas como el cambio climático. Los frijoles volubles guatemaltecos se han considerado como representantes de la raza Guatemala, una nueva raza identificada en el acervo genético Mesoamericano que puede representar una fuente de alelos para el mejoramiento de frijol que aún no ha sido explotada. Este estudio confirmó la existencia de la raza Guatemala en el acervo genético Mesoamericano y su diferenciación con las

otras razas. La baja estructura de población encontrada dentro de estos frijoles guatemaltecos también hace a esta población ideal para el descubrimiento de genes candidatos para rasgos importantes. En esta investigación se demostró que la población de frijoles volubles guatemaltecos fue útil para proveer genes candidatos para factores genéticos previamente reportados como el gen *V* para color de flor, el gen *Prp* para color de la vaina y el gen *Asp* para el brillo de semilla. La importante relación entre el tiempo de floración y la adaptación altitudinal de los frijoles también se enfatizó con la ayuda de un estudio de asociación genómica.

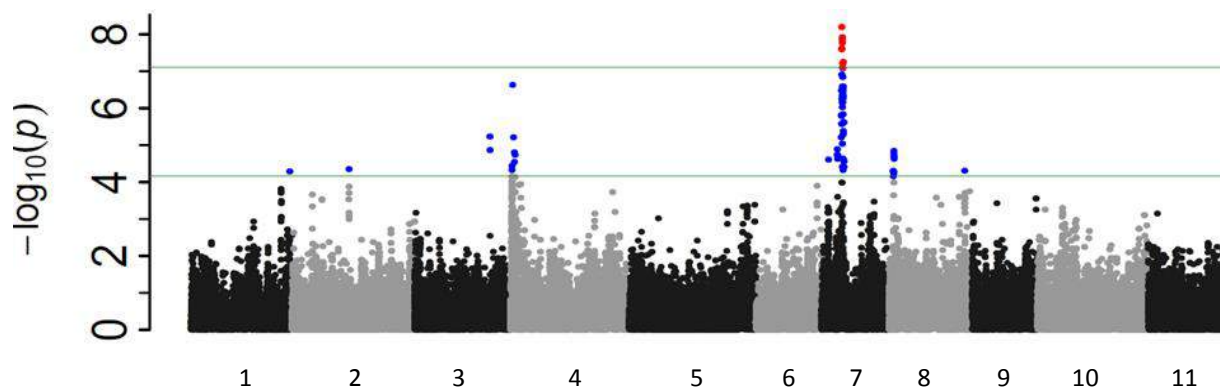


Resultados del análisis de estructura de población con el número de subpoblaciones oscilando entre 2 y 5 (K). M= raza Mesoamérica, DJ= raza Durango, Jalisco, GW= Silvestres guatemaltecos. Esta gráfica muestra como los frijoles guatemaltecos se separan completamente de las otras razas de frijoles, confirmando la existencia de la raza Guatemala.

1.2.7 Identificación de nuevas fuentes de resistencia para antracnosis en el germoplasma de frijol voluble de Guatemala

La antracnosis es causada por *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. and Magnus) Briosi y Cavara, y es una enfermedad que afecta el frijol común alrededor del mundo. Las pérdidas en rendimiento de semilla pueden ser hasta del 100%, cuando la semilla está infectada y las condiciones ambientales son favorables para la enfermedad. La antracnosis es una amenaza para la producción de frijol en el altiplano guatemalteco. Seis razas de antracnosis fueron identificadas en muestras colectadas en el altiplano de Guatemala a través del uso de

líneas diferenciales estandarizadas de frijol. Además, el germoplasma del ICTA fue evaluado para la resistencia a la raza 73 de antracnosis ya reportada en Guatemala y en Estados Unidos de Norteamérica. Aproximadamente el 10% de las 369 accesiones de frijol voluble no mostraron síntomas (escala 1). Los resultados del estudio de asociación del genoma (GWAS) usando 78,754 marcadores polimórficos de un solo nucleótido (SNP) indicaron que existen regiones relacionadas con resistencia a antracnosis en los cromosomas PV04 y PV07.



Manhattan plot usando el modelo de análisis mixto (EMMA) para la resistencia de la raza 73 *C. lindemuthianum*. La línea verde es una línea de corte para poder llamar a un valor significativo. Marcadores SNP por encima de 0.01 percentile están resaltados en rojo, mientras aquellos encima de 0.1 están resaltados en azul. Los números debajo del Manhattan plot representan los cromosomas

Esta investigación sugiere que el germoplasma de frijol voluble del altiplano de Guatemala es una fuente potencial de resistencia para la raza 73 de *C. lindemuthianum*. Los resultados de GWAS indican que la región que está involucrada con la resistencia a *C. lindemuthianum* está localizada en Pv07. Los genes Co-5, Co-52 y Co-6 reportados en Pv07 confieren resistencia a la raza 73. El grupo de genes Co-3, los recientes Co-15 y Co-16 están localizados en Pv04. Otros marcadores

asociados a la resistencia en este estudio fueron encontrados en esta región. Además, fueron localizados genes candidatos basados en la proximidad de los marcadores SNP y la comparación con el genoma de referencia. Tres proteínas involucradas en la resistencia a enfermedades fueron escogidas: Laccasa/Diphenol oxidasa, LRR y NB-ARC, y Kazal.

Reacción de las diferenciales de frijol para antracnosis a 16 aislamientos de *C. lindemuthianum* de Guatemala

Cultivares diferenciales	Acervo Genético	Gen de Resistencia	Cromosoma	Código binario	Reacción de las diferenciales a los aislamientos de <i>C. lindemuthianum</i>															
					CLC-13-1	CLQ-1-2	CLQ-7-1	CLQ-8-1	CLQ-11-1	CLH-3-1	CLH-5-3	CLC-18-2	CLC-26-2	CLC-20-3	CLC-28-1	CLQ-30-4	CLC-19-1	CLC-5-1	CLC-6-2	CLC-4-1
Michelite	MA	Co-11	Pv03	1	1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5
MDRK*	A	Co-1	Pv01	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Perry Marrow	A	Co-1 ³	Pv01	4	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6
Cornell 49242	MA	Co-2	Pv11	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1	9	9	9	9
Widusa	A	Co-1 ⁵	Pv01	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaboon	A	Co-1 ²	Pv01	32	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mexico 222	MA	Co-3	Pv04	64	1	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1	7	7	7	3
PI 20762	MA	Co-3 ³ , Co-4 ³	Pv04, 08	128	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1	8	8	9
TO	MA	Co-4	Pv08	256	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	9	9	9	
TU	MA	Co-5	Pv07	512	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
AB 136	MA	Co-6, co-8	Pv07, NA	1024	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	8	8	7	
G2333	MA	Co-4 ⁴ , Co-3 ⁵ , Co-5 ²	Pv04,08, 07	2048	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
				Race	556	585	585	585	585	585	585	585	585	585	585	897	1609	1993	1993	3981

A: andino

MA: Mesoamericano

MDRK: diferencial Michigan Dark Red Kidney

Escala (1-3) resistente; escala (4-9) susceptible

NA: No disponible

Seis razas fueron caracterizadas en respuesta a los cultivares diferenciales (Pastor-Corrales, 1991). La raza más frecuente de *C. lindemuthianum* fue la raza 585. Todos los aislamientos fueron virulentos a los cultivares diferenciales TU, Michelite, Cornell 49242 y Mexica 222. Las razas identificadas mostraron más genes de virulencia Mesoamericanos que genes de virulencia Andinos. Las razas 556 y 3981 mostraron compatibilidad con los genes en el locus *Co-1*. La raza 585 ha sido reportada anteriormente en Guatemala. Sin embargo, las razas 556, 897, 1609, 1993 y 3981 no han sido reportadas en Guatemala con anterioridad. En un estudio previo, Awale *et*

al. (2007), recomendaron piramidar los genes *Co-1²* y *Co-4²*, sin embargo, las razas 556 y 3981, encontradas en una localidad del altiplano representan una amenaza al sobrepasar la resistencia de *Co-1²* y *Co-4²*. Los resultados de la caracterización sugieren que fuentes de origen Andino que contengan *Co-1* y *Co-1⁵* son necesarias para desarrollar cultivares con mayor resistencia a *C. lindemuthianum* en el altiplano de Guatemala u otras regiones. Se recomienda confirmar la virulencia de cada raza encontrada en este estudio y hacer un muestreo adicional para evaluar posibles cambios y/o nuevas razas, debido a la diversidad del patógeno en esta región.



Lecturas de antracnosis en la colección de frijoles volubles del altiplano de Guatemala
Carlos Maldonado

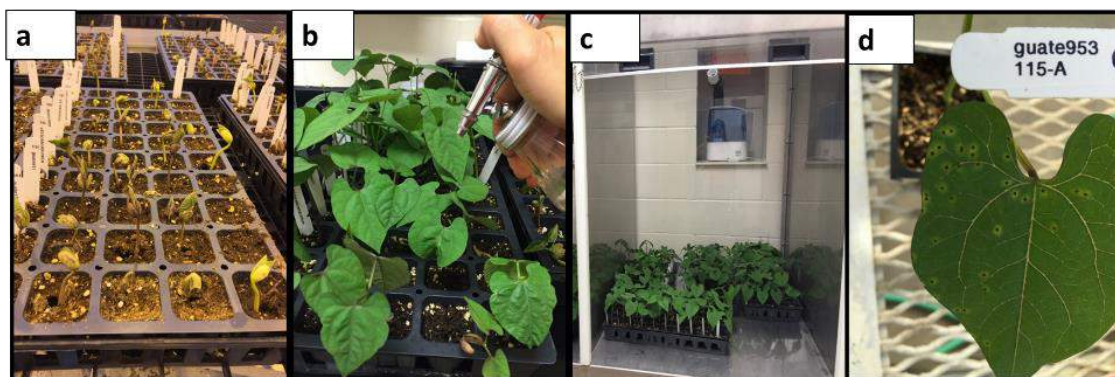
1.2.8 Resistencia a roya en la colección de frijol voluble de Guatemala

La roya del frijol es causada por el patógeno *Uromyces appendiculatus* (Pers) Unger. Este patógeno se caracteriza por su alta variabilidad genética, puede causar hasta el 100% de pérdidas cuando infecta tempranamente. A pesar de su importancia, en Guatemala existe limitada información acerca del patógeno y fuentes de resistencia,

especialmente en frijol voluble. Actualmente se conoce y utiliza el cultivar Compuesto Negro Chimalteco (CNC), el cual tiene un gen aún no caracterizado para resistencia a roya, y es tipo arbustivo. Para conocer cuál es la variabilidad del patógeno en Guatemala e identificar posibles fuentes de resistencia en frijol voluble, se hizo lo

siguiente: se colectaron muestras de hojas de frijol en San Marcos, Chimaltenango y Quetzaltenango, durante el año 2015. Luego, de las 23 muestras se caracterizaron 17 aislamientos de roya de Guatemala y se identificaron dos razas: 63-1 y 31-1. Se evaluó resistencia en 372 accesiones de frijol voluble de la colección nacional de germoplasma de Guatemala, se usó como inóculo las razas 63-1, 31-1 y 20-3, ésta última identificada en Dakota del Norte. Como resultado, se identificó que el 82% de las accesiones fueron resistentes a la raza 63-1, 86% a la raza 31-1 y 90% a la raza 20-3. Mediante la secuenciación de 364 de estas accesiones por el método GBS, se obtuvieron 78,754 marcadores SNP (con frecuencia alélica menor al 5%). Estos marcadores en conjunto con los resultados de resistencia fueron usados para realizar

Estudios de Asociación Genómica. Se utilizó el paquete GenABEL con datos binarios. En donde grupo 0= Resistentes y 1= Susceptibles. Como resultado, se identificaron las siguientes regiones genómicas relacionadas con la resistencia a estas razas: Pv02 (38.13 Mb-38.22 Mb) y Pv04 (379 kb) para la raza 20-3; Pv10 (10.71-10.68 Mb y 11.09 Mb) y Pv04 (1.42 Mb) para la raza 63-1; y Pv04 (39.28 Mb) y Pv02 (35.92 Mb) para la raza 31-1. Muchas de estas regiones genómicas no han sido reportadas previamente para resistencia a roya, y deben tomarse en cuenta dentro de los programas de mejoramiento de Frijol. Estos resultados son el inicio para entender la diversidad patogénica de la roya en zonas del altiplano de Guatemala, y de las fuentes de resistencia de frijol voluble.



a) Germinación de frijoles volubles, b) Inoculación de las plantas con roya, c) plantas inoculadas en la cámara de humedad, d) lectura de sintomatología de roya en las plantas de frijol.

1.2.9 Diversidad genética de dos colecciones de frijol voluble de Guatemala

La diversidad genética y estructura de la población de dos colecciones de frijol voluble guatemalteco fueron evaluadas con el uso de marcadores moleculares tipo SNP. Todos los análisis de estructura mostraron que las colecciones de frijol de Guatemala están diferenciadas al compararse con las razas de los acervos genéticos Mesoamericano y Andino.

Además, los índices de heterocigosidad esperada (diversidad) indicaron que los frijoles guatemaltecos son tan diversos como las razas Mesoamericanas. Estos resultados confirman que los frijoles volubles de Guatemala conforman una nueva raza de *P. vulgaris* y son una fuente potencial de genes para los programas de mejoramiento

genético. Esta investigación fue presentada por Gabriela Tobar, en la Conferencia de la Cooperativa de Mejoramiento de Frijol (BIC) en East Lansing, Michigan, USA (2017), en el Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA) en San Salvador, El Salvador (2017), en el 33avo. Simposio Anual de Ciencia de las Plantas para Estudiantes de Postgrado en Saskatoon SK, Canadá (2017), en la Conferencia del

Genoma de Plantas y Animales (PAG) en San Diego California, USA (2017), y en la Segunda Conferencia Internacional de la Sociedad de Leguminosas en Troia, Portugal. Además, ganó el premio a la mejor presentación en el programa de leguminosas en el PCCMCA y el segundo lugar en el Simposio para estudiantes de Postgrado en la rama de mejoramiento y biotecnología.



**Presentación en la Conferencia de la Cooperativa de Mejoramiento de Frijol. (BIC) en East Lansing, Michigan
Gabriela Tobar**

1.2.10 Desarrollo de líneas de frijol que combinen resistencia a mustia hilachosa, bacteriosis común y los virus BGYMV, BCMV y BCMNV

La mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* Frank (Donk)], bacteriosis común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*), virus del mosaico común (BCMV), virus del mosaico común necrótico (BCMNV) y el virus del mosaico dorado amarillo (BGYMV), pueden llegar a ocasionar pérdidas en el rendimiento de hasta 100% en el cultivo de frijol. Un total de 644 líneas provenientes de distintos programas de investigación fueron evaluadas para seleccionar altos niveles de resistencia a estas cinco enfermedades, con el uso de técnicas de fitomejoramiento convencional y selección asistida por marcadores moleculares. Los experimentos

fueron conducidos a nivel de campo para realizar evaluaciones de reacción a la mustia hilachosa. Los ensayos se sembraron en dos épocas distintas en un diseño de bloques completos al azar. Fueron encontrados altos niveles de resistencia en 37 líneas se tuvieron rangos de severidad entre 2.4 y 4.5, en la escala del CIAT, durante las dos épocas de evaluación. Se obtuvieron altos rendimientos, destacándose las líneas y cultivares TARS-MST1, PR1147-1 y Amadeus 77, con rendimientos promedios superiores a 1,800 kg/ha. Es importante destacar que algunas líneas con alto potencial de rendimiento, tales como Amadeus 77, tuvieron un bajo

porcentaje de semilla dañada a pesar de haber presentado alta severidad de la enfermedad en el follaje. Estos resultados sugieren que la herencia de la resistencia a la mustia en las hojas y la herencia al daño en la semilla son independientes. Debido a lo anterior es recomendable realizar evaluaciones para ambas características. Evaluaciones bajo condiciones de invernadero fueron realizadas para reacción a bacteriosis común, en un diseño completamente al azar, con dos cepas (*Xap* 484A y UPR 3353). Se determinaron altos niveles de resistencia. La línea de grano blanco pequeño 1601-21-3 de TARS, no presentó síntomas. Evaluaciones con inoculaciones con la cepa *NL3* de BCMNV, se efectuaron bajo condiciones de invernadero, con la finalidad de observar la respuesta fenotípica de las distintas líneas de frijol a esta cepa del virus. Los marcadores

moleculares SW13, ENM, SR2 y SW12, fueron utilizados para detectar los genes que confieren resistencia a BCMV, BCMNV y BGYMV. Un total de 12 líneas presentaron altos niveles de resistencia a las cinco enfermedades evaluadas. Estas líneas tuvieron promedios de rendimiento de 1,400 kg/ha, con grano de buena calidad, durante la segunda época de siembra. Los resultados indican que altos niveles de resistencia a múltiples enfermedades no reducen el rendimiento, ni la calidad de la semilla cosechada. En el presente estudio se identificaron líneas blancas, negras y rojas de frijol, candidatas a ser liberadas como variedades comerciales y que también pueden ser consideradas como progenitores en futuros programas de mejoramiento por sus excelentes combinaciones de características.

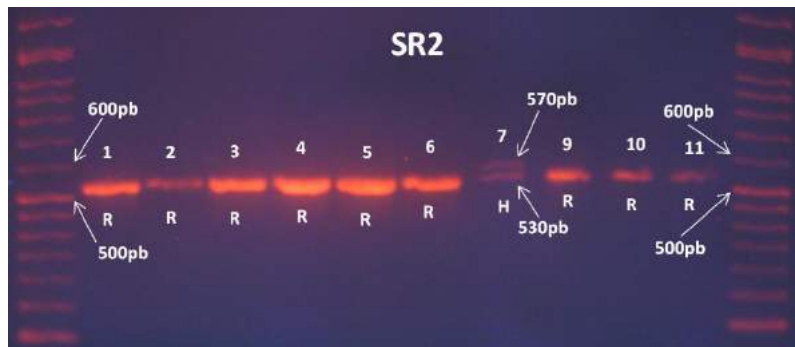


**Aplicaciones de inóculo a plantas de frijol
por Héctor Martínez**

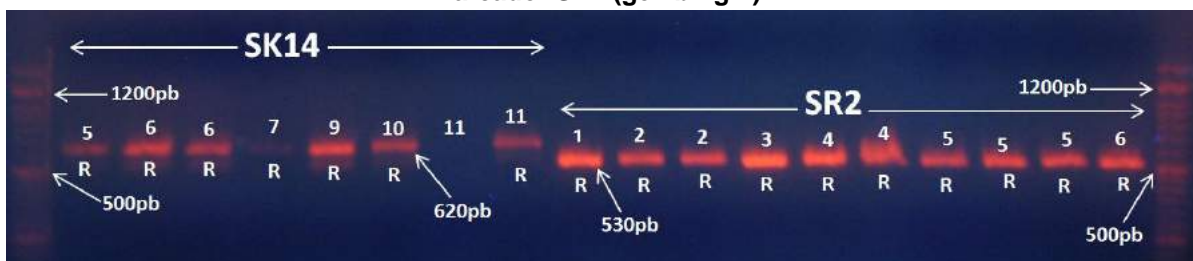
1.2.11 Selección asistida con marcadores ligados a genes de resistencia a enfermedades en frijol

Los problemas que afectan la producción del frijol son diversos. Entre los más importantes están las enfermedades como: roya (*Uromyces appendiculatus*), virus del mosaico común (BCMV), virus del mosaico dorado (BGMV), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*). La biotecnología es una herramienta científica aplicada que puede contribuir a introducir la resistencia genética a las enfermedades en variedades de frijol mejoradas. Ésta tuvo el objetivo de contribuir en el mejoramiento genético del frijol con la inclusión de herramientas moleculares como la selección asistida por marcadores tipo regiones amplificadas secuenciadas y caracterizadas (SCAR) ligados a genes asociados a características de interés. La metodología consistió en la extracción del ácido desoxirribonucleico (ADN), amplificación de fragmentos de ADN específicos mediante

PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) y electroforesis de los fragmentos. Se analizaron 14 líneas avanzadas de frijol, provenientes de Puerto Rico, para determinar la presencia de genes de resistencia genética a cuatro enfermedades, para lo cual se analizaron siete genes. Los resultados indican que las 14 líneas avanzadas de frijol poseen cinco de los siete genes de resistencia a enfermedades de interés para el fitomejoramiento en Guatemala. Nueve líneas dieron positivo para el gen de resistencia *Phg-2*, de la mancha angular. Las 14 líneas mostraron alelos de resistencia al virus del mosaico dorado por el gen *bgm-1*, sin embargo, las líneas 7 y 13 aún muestran segregación (son heterocigotas). Doce líneas mostraron alelos de resistencia a roya por el gen *Ur-3*. Seis líneas mostraron alelos de resistencia a roya por el gen *Ur-11*. Solamente tres líneas (4, 5 y 6) mostraron alelos de resistencia a roya por el gen *Ur-4*.



Marcador SR2 (gen *bmg-1*)



Marcadores SK14 (gen *Ur-3*) y SR2 (gen *bmg-1*)

1.2.12 Mejoramiento genético para resistencia al virus del mosaico dorado amarillo del frijol, sequía y alto contenido de minerales

La enfermedad del virus del mosaico dorado amarillo del frijol (BGYMV) es de importancia en Guatemala, causa hasta el 100% de pérdida en la producción en variedades susceptibles. La enfermedad es más frecuente en zonas con patrones de sequía y siembras de cultivos hospederos para la mosca blanca (melón, tomate, pepino y otras plantas) particularmente en el oriente de Guatemala. Asimismo, se ha dado prioridad a mejorar el contenido de minerales como hierro y zinc (biofortificación) sin perder la ganancia genética que se ha acumulado en resistencia a las principales enfermedades de cada región productora. Actualmente se tienen 165 familias F₄ seleccionadas por tolerancia y/o resistencia al virus del mosaico dorado amarillo, calificaciones de 1 a 3 en la

escala del CIAT (donde el testigo susceptible tuvo calificaciones promedio de 7 y 8), estas familias provienen de cruza de cinco progenitores que tienen alta resistencia al virus del mosaico dorado amarillo de frijol y más de 90 ppm de hierro. Se identificaron 20 líneas en generaciones avanzadas, que fueron evaluadas por tercer año consecutivo, bajo una presión natural del virus del mosaico dorado amarillo con buen potencial de rendimiento y alta tolerancia al virus. En marzo 2017, se liberó la variedad biofortificada ICTA Chortí^{ACM}, con más de 99 partes por millón (ppm) de hierro y tolerancia al virus del mosaico dorado y sequía. Esta variedad ha sido diseminada con el apoyo de HarvestPlus, IFPRI y el CIAT; y benefició a más de 5,000 familias



Líneas tolerantes y susceptibles al virus del mosaico dorado amarillo del frijol

1.2.13 Mejoramiento genético para resistencia a roya

La roya del frijol es una enfermedad causada por el hongo *Uromyces appendiculatus*. Es considerada como uno de los problemas más importantes que afectan la producción de frijol en América Latina. Las pérdidas estimadas están entre el 18 al 100%. La resistencia del

frijol a la roya está regulada por al menos 11 genes, los cuales confieren resistencia a múltiples razas. Se tienen 112 líneas F₅ que han sido seleccionadas en dos años consecutivos con resistencia a roya.



Líneas tolerantes y susceptibles a roya

1.2.14 Mejoramiento genético para tolerancia a mustia hilachosa

En la costa sur y norte de Guatemala, la producción de frijol se ve limitada por el exceso de lluvia que favorece el desarrollo de enfermedades como la mustia hilachosa (MH) *Rhizoctonia solani* forma asexual, y *Thanatephorus cucumeris* forma sexual, que limitan su producción, reduciendo el

rendimiento hasta en un 100%. Con el objetivo de generar variedades tolerantes a esta enfermedad se establecieron tres viveros y dos ensayos en el municipio de La Nueva Concepción, Escuintla. Se identificaron 10 líneas con tolerancia.



Mustia Hilachosa



Líneas tolerantes a Mustia Hilachosa

1.2.15 Mejoramiento genético del cultivo del frijol para las principales enfermedades fungosas del altiplano de Guatemala

Por las condiciones climatológicas del altiplano de Guatemala (bajas temperaturas y alta humedad), las enfermedades más importantes que afectan el rendimiento del frijol son: antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), ascochyta (*Ascochyta phaseolorum*) y roya (*Uromyces appendiculatus*). Mediante selección asistida por marcadores moleculares se identificaron

25 líneas, que a través del marcador SBB14 dieron positivo a la presencia del gen *Co-4^r* (que confiere resistencia a una de las razas más virulentas de antracnosis en el altiplano de Guatemala). También se identificaron en evaluaciones en tres localidades, 22 líneas avanzadas con alta tolerancia a las enfermedades antes mencionadas y buen potencial de rendimiento.



Antracnosis

1.2.16 Mejoramiento genético de frijol voluble de Guatemala

En el altiplano de Guatemala se cultivan varias especies de frijol voluble Tipo IV (indeterminado trepador), en asocio con el cultivo de maíz como cultivo principal y el frijol como cultivo secundario. Durante los últimos años ha surgido la necesidad de evaluar diferentes genotipos de frijol voluble que se adapten a las condiciones y necesidades del agricultor. Dentro de las especies de frijol que son utilizadas por los agricultores están: *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus polyanthus* y *Phaseolus coccíneus*. Bajo este sistema de producción, el agricultor le proporciona poco

manejo al frijol voluble. Fueron evaluadas 384 familias F₃ de frijol voluble provenientes de cruzamientos de las mejores accesiones seleccionadas de la Encuesta Nacional de Frijol Voluble, por las accesiones G2333 (genes de resistencia a antracnosis) y G10474 (genes de resistencia a mancha angular), seleccionando 86 familias con buena distribución de la carga, alta tolerancia a mancha angular, buen potencial de rendimiento. Además, se realizó un ensayo con 50 accesiones de la colección nacional de frijol voluble sembrado en Quetzaltenango

para evaluar el daño ocasionado por picudo de la vaina (*Apion godmani*). Se identificaron con daños al grano menores que 10% las

acciones: Guate 1152, Guate 1028, Guate 1041, Guate 1042 y Guate 978.



Picudo de la vaina

1.2.17 Mejoramiento genético para resistencia al daño del gorgojo al frijol

El gorgojo del frijol, *Acanthoscelides obtectus*, es la plaga más importante del frijol almacenado en las regiones altas. Esta especie puede causar daños al grano de frijol, tanto en el campo como en el almacenamiento, debido a que las hembras ovipositan en las valvas (grietas) de las vainas o en los espacios libres entre los granos almacenados. Las pérdidas económicas causadas por ataque de este insecto al frijol almacenado son considerables en todos los países del mundo; sin embargo, son mayores en los países en desarrollo, ya que en muchos casos carecen

de una infraestructura de almacenamiento adecuada. Las pérdidas ocasionadas por los brúchidos a nivel mundial están estimadas en un 13%. La resistencia varietal o resistencia genética es el mejor método de control de plagas que afectan a los cultivos por ser ecológicamente limpia y natural. Se cuenta con 290 poblaciones F₄₋₆ evaluadas en diferentes localidades y seleccionadas por varios caracteres (adaptación, resistencia a las principales enfermedades, rendimiento, y arquitectura).



Líneas de frijol con tolerancia al gorgojo

Líneas susceptibles y con tolerancia al gorgojo

1.2.18 Estabilidad de genotipos de frijol arbustivo en el altiplano de Guatemala 2016-2017

Se evaluaron en ensayos de finca 12 genotipos de frijol arbustivo en seis localidades de los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Guatemala y Chimaltenango (Aguacatán, San Sebastián Huehuetenango, Secheu, Cunén, Chuarrancho, y Parramos). El objetivo de la investigación fue evaluar la estabilidad de los genotipos. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: dos variedades comerciales (ICTA Hunapú e ICTA

Superchiva^{ACM}) y diez líneas avanzadas (L-51, L-72, L-103, L-117, L-123, L-124, L-198, L-219, L-240 y L-307). Con base en el análisis de interacción genotipo-ambiente con el modelo SREG, para las localidades Aguacatán y Cunén, se recomienda el genotipo L-72 y para las localidades Secheu, San Sebastián H., Chuarrancho y Parramos se recomienda la variedad ICTA Superchiva^{ACM}. Los materiales con mejor estabilidad fueron: L-103, L-240, L-123 y L-219.



Cultivo de frijol arbustivo en el altiplano

1.2.19 Estudio de aceptabilidad de la variedad de frijol ICTA Chortí^{ACM} en las regiones de oriente y norte de Guatemala

El estudio tuvo como objetivos: a) determinar el índice de aceptabilidad de la variedad biofortificada ICTA Chortí^{ACM} en las regiones de oriente y norte de Guatemala; b) identificar los factores agrosocioeconómicos que incidieron en la aceptabilidad de la variedad. Para recopilar la información se realizó una encuesta utilizando un cuestionario estructurado y realizando las entrevistas en las fincas de los productores. El tamaño de

muestra para la región de oriente fue de 143 y para la región del norte de 66. El índice de aceptabilidad para la región de oriente fue de 82%, considerándose alto y para la región norte de 4% el cual se considera bajo. Los factores asociados a la aceptabilidad fueron para el oriente, la precocidad, el rendimiento, menor daño de insectos y tolerancia a sequía, en la fase productiva; y el sabor del caldo en la fase de consumo.

En el norte la no aceptación es por bajos rendimientos, plagas y mala adaptación.



Agricultores que cultivan frijol ICTA Chortí^{ACM}

1.2.20 Diagnóstico agrosocioeconómico del cultivo de frijol arbustivo en el oriente de Guatemala

El objetivo fue realizar un diagnóstico del cultivo de frijol en tres departamentos del oriente del país, Jutiapa, Jalapa y Chiquimula. La metodología consistió en realizar talleres y entrevistas con productores de organizaciones vinculadas a la producción de frijol. El tamaño de muestra, para la fase de encuesta, fue de 40 para los departamentos de Jutiapa y Jalapa; y 32 para Chiquimula, para un total de 112. Se dispone de información socio-económica, como número

de miembros de la familia y su edad, escolaridad, organización y consumo familiar de frijol, índice de pobreza y de desarrollo humano, entre otros. En el informe detallado se describe la tecnología aplicada al cultivo de frijol. Entre las principales limitantes se mencionan: sequía, plagas y enfermedades, falta de capital, falta de semilla mejorada, escasa información de mercado y los inadecuados canales de comercialización.



Cultivo de frijol arbustivo en el oriente

1.3 Programa de investigación de maíz

Cultivo de maíz (*Zea mays*)

En Guatemala se siembran 1,254,080 manzanas (877,856 hectáreas), se producen 40,891,150 quintales, con un rendimiento promedio de 32.6 quintales por manzana. El 62.3% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en los departamentos: Petén, Alta Verapaz, Quiché, Huehuetenango, Jutiapa, San Marcos e Izabal, genera 57,983,333 jornales permanentes. Se importan 62,597 toneladas métricas de maíz blanco y 916,705 de maíz amarillo, principalmente de Estados Unidos de América. Se exportan 7,570 toneladas métricas de maíz blanco y siete toneladas de maíz amarillo (MAGA en Cifras, 2016).

El maíz es el principal cultivo alimenticio de la población guatemalteca. Se estima un consumo por persona de 110 kg/año para su utilización directa como tortilla. El aporte nutricional

equivale a cubrir las necesidades nutricionales en un 38% de calorías y 36% de proteína, debido a que este cereal es deficitario en cantidad y calidad de la misma, especialmente en lo que se refiere a aminoácidos esenciales como lisina y triptófano. Este consumo puede triplicarse en estratos sociales con menores ingresos económicos y menos acceso a otras fuentes de alimento.

El programa de maíz del ICTA desarrolla sus actividades en generar variedades e híbridos para altitudes de 0 a 1,200 msnm, trópico bajo y para altitudes de más de 1,200 msnm para variedades del altiplano. La prioridad es desarrollar variedades e híbridos con alto potencial de rendimiento, mejor contenido de proteína y minerales, y tolerancia a factores limitantes.



1.3.1. Potencial de rendimiento y tolerancia a la mancha de asfalto del híbrido de grano blanco ICTA HB-17^{TMA} en 19 localidades de Centro América

El híbrido ICTA HB-17^{TMA} fue seleccionado por el Programa de Investigación de Maíz del ICTA en el ciclo 2012-2013 por su alto potencial de rendimiento (6.5 a 9.5 TM/ha), sus altos niveles de resistencia al complejo mancha de asfalto. El ensayo regional fue evaluado en 19 localidades de Centro América, de las cuales ocho fueron de

Guatemala. En general se tuvo rendimientos de 7.72 TM/ha, (120 quintales por manzana) ubicándose en el cuarto lugar de los 20 híbridos evaluados, solamente superado por tres híbridos élite del CIMMYT. Además, mantuvo sus altos niveles de resistencia a mancha de asfalto,



Tolerancia a mancha de asfalto ICTA HB-17 comparado con ICTA HB-83. Centro Regional de Investigación del Norte, San Jerónimo, Baja Verapaz.

1.3.2 Rendimiento y resistencia a la mancha de asfalto de híbridos de maíz adaptados a altitudes de 0-1,400 msnm de Guatemala

Dentro de los factores limitantes de la producción de maíz están: bajo potencial de rendimiento, susceptibilidad a la mancha de asfalto y la sequía, entre otros. Se hicieron evaluaciones de variedades e híbridos y se seleccionaron diez híbridos avanzados de grano blanco (5,425.08 a 7,072.86 kg/ha), tres híbridos avanzados de grano amarillo (5,321.48 a

5,546.25 kg/ha), cuatro híbridos promisorios de grano blanco (6,009.73 a 6,340.81 kg/ha) y dos híbridos promisorios de grano amarillo (4,810.44 y 5,045.59 kg/ha), todos ellos con un buen potencial de rendimiento, bajos porcentajes de mazorcas podridas (<10% considerado aceptable), bajos porcentajes de mazorcas con mala cobertura (<10% considerado aceptable) y

la mayoría con un buen nivel de resistencia a mancha de asfalto (1 a 2 escala de CIMMYT), excepto los híbridos de grano amarillo. Algunos de estos híbridos podrán pasar a ensayos de finca durante el año 2018 (híbridos avanzados),

con el objetivo de evaluarlos en un mayor número de localidades y confirmar sus buenas características.



Mazorcas de híbridos de maíz de grano blanco y amarillo

1.3.3 Rendimiento, porcentaje de mazorcas podridas, cobertura de mazorca y tolerancia a mancha de asfalto de híbridos de maíz de grano blanco con alta calidad de proteína y alto contenido de zinc

Se evaluaron híbridos de alta calidad de proteína (en inglés QPM) y con alto contenido de zinc. Se establecieron experimentos, en localidades del trópico bajo de Guatemala. Se identificaron y seleccionaron cuatro híbridos avanzados con un rango de rendimiento de grano blanco QPM 4,230 a 4,749 kg/ha, dos híbridos promisorios de grano blanco normal, con alto contenido de zinc y rango de rendimiento de 4,287 a 4,762 kg/ha, diez cruza simples de grano blanco normal y con alto contenido de zinc con un rango de rendimiento

de 5,068 a 6,645 kg/ha, dieciséis cruza simples de grano blanco normal con un rango de rendimiento de 4,978 a 6,504 kg/ha, y una cruza de grano blanco QPM y con alto contenido de zinc con rendimiento de 6,193 kg/ha. En general todos ellos tuvieron buen rendimiento, bajos porcentajes de mazorcas podridas (<10% considerado aceptable), bajos porcentajes de mazorcas con mala cobertura (<10% considerado aceptable) y con un buen nivel de resistencia a mancha de asfalto (1 a 2 escala de CIMMYT).



Mazorcas de híbridos seleccionados

1.3.4 Fitomejoramiento participativo en maíces nativos para el altiplano de Guatemala

Se condujeron experimentos en localidades del altiplano medio (1,400 a 2,000 msnm) y el altiplano alto (2,000 a 2,900 msnm) de Guatemala. Se concluyó el primer ciclo de

mejoramiento de cinco variedades nativas de grano blanco y seis variedades nativas de grano amarillo.



Agricultoras del altiplano occidental participan en mejoramiento participativo

1.3.5 Liberación de la variedad de polinización libre de maíz ICTA B-9^{ACP}

ICTA B-9^{ACP} es una variedad de maíz con alta calidad de proteína (ACP), tiene un mayor contenido alimenticio en aminoácidos esenciales (lisina y triptófano), aporta el 90% de proteínas que contiene la leche, comparado con el maíz normal que únicamente aporta el 40% de la calidad de la proteína de la leche, esta cualidad convierte al ICTA B-9^{ACP} en una excelente alternativa para mejorar la alimentación de niños, mujeres embarazadas,

adultos mayores y en general de toda la población guatemalteca, contribuyendo a disminuir los índices de desnutrición. ICTA B-9^{ACP} está recomendada para las localidades de 0 a 1,200 msnm de Guatemala, tiene un grano blanco con textura semicristalina, posee una altura de planta promedio de 2.15 metros, con un promedio de 118 días a cosecha, alcanzando un rendimiento promedio de 55 quintales por manzana.



Variedad ICTA B-9^{ACP}

1.3.6 Adopción de la variedad de maíz ICTA B-7^{TS} en el nororiente de Guatemala

En el año 2002 el ICTA liberó la variedad de maíz blanco ICTA B-7 recomendada para el nororiente de Guatemala, debido a su tolerancia a plagas y enfermedades, resistencia al acame de raíz y tallo, además de un rendimiento alto en áreas con déficit de humedad. El presente estudio describe aspectos relacionados con la adopción de esta variedad. Dicha actividad se realizó para conocer el impacto y la percepción de los productores hacia la variedad. Se determinó que la variedad se cultiva actualmente en la región nororiente de Guatemala, comprendida principalmente en los

departamentos de Jutiapa, Chiquimula, Jalapa, Zacapa e Izabal. Los productores indicaron que la variedad de maíz es resistente al acame de raíz y tallo, tolerante al daño de plagas, buen color de grano y tamaño de mazorca, buen grosor de caña y altura de mazorca cómoda para la cosecha. En Los Amates, Izabal, los productores indicaron que continuarán con el uso de la variedad, porque posee buenas características agronómicas como: ciclo precoz, buen potencial de rendimiento, grano grande y de buen color.



Variedad de maíz ICTA B-7 vendida por REDSEGUA en el mercado del oriente de Guatemala



Entrevista realizada a representantes de la organización ASEJO (Chiquimula).

1.3.7 Efecto de abonos verdes como fuente de nitrógeno para el cultivo de maíz en condiciones de campo, mediante el uso de técnicas isotópicas y convencionales

El objetivo del proyecto fue evaluar el efecto de los abonos verdes (leguminosas), como fuente de nitrógeno para el cultivo de maíz, en condiciones de campo, utilizando técnicas isotópicas y convencionales en su medición. Los resultados demostraron que la *Mucuna pruriens* puede fijar hasta 100 kg/ha de nitrógeno. En condiciones de Bárcenas, se encontró diferencia en el rendimiento de grano de maíz por efecto

de las dosis de fertilizante nitrogenado. No así, producto de la aplicación de abono verde. En condiciones de San Jerónimo, Baja Verapaz, se encontró diferencia en el rendimiento del grano de maíz, debido al efecto de las dosis de nitrógeno y a la interacción, manejo del abono verde-dosis de fertilizante, sin embargo no por efecto del abono verde. En suelos franco-arenosos, como los de la estación experimental

del ICTA-San Jerónimo con el uso de la leguminosa (*Mucuna pruriens*), como fuente de nitrógeno en el cultivo de maíz, es posible un ahorro de fertilizante químico nitrogenado. La *mucuna mulch+50kg de N/ha* y la *mucuna incorporada+50kg N/ha*, presentaron rendimientos de grano de maíz (4370 y 4790 kg/ha respectivamente). Estos fueron estadísticamente iguales a los obtenidos con las

dosis de 150 y 200 kg N/ha en parcelas sin abono verde (4826 y 4948 kg/ha). Estos resultados demuestran que con el uso de abonos verdes es posible disminuir la dosis de fertilizantes químicos nitrogenados. Con el uso de esta tecnología el agricultor puede ahorrar costos en la compra y aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados.



Abonos verdes (Mucuna)

1.3.8 Validación de la variedad de maíz ICTA B-13^{ACP+Zn} en la región norte de Guatemala

Se establecieron 38 parcelas de maíz en localidades de la Franja Transversal del Norte y 32 parcelas en localidades en el corredor seco de Baja Verapaz. La metodología consistió en la comparación de la variedad del agricultor con la variedad ICTA B-13^{ACP+Zn} mediante el uso de parcelas pareadas. Para el análisis del rendimiento se utilizó la comparación de medias de rendimiento. Para medir la aceptación de la variedad se entrevistó a los agricultores en días de campo, con preguntas sobre: ciclo vegetativo y altura

de planta. Para la zona norte del país, Alta y Baja Verapaz, la variedad ICTA B-13^{ACP+Zn} superó a los cultivares locales con una media de 216.67 kg/ha (4.76 qq/mz). Adicional a esta característica de rendimiento, en los días de campo los productores valoraron su porte bajo, que la hace tolerante al acame; la madurez fisiológica a 90 días después de la siembra que asegura que la familia rural disponga de grano en los meses críticos en ventaja sobre las variedades locales que se cosechan a los 120 días.



Validación de tecnología con agricultores del norte

1.3.9 Validación de la variedad de maíz ICTA B-15^{ACP+Zn} en la región norte de Guatemala

Se establecieron 39 parcelas en localidades de la Franja Transversal del Norte y 30 parcelas en localidades en el corredor seco de Baja Verapaz. La metodología consistió en la comparación de la variedad del agricultor con la variedad de maíz con alta calidad de proteína y alto contenido de zinc, ICTA B-15^{ACP+Zn} mediante el uso de parcelas pareadas. Para el análisis del rendimiento se utilizó la comparación de medias de rendimiento. Para medir la aceptación de la variedad se entrevistó a los agricultores en días de campo, con preguntas sobre: ciclo

vegetativo y altura de planta. Para la zona norte del país, Alta y Baja Verapaz, la variedad ICTA B-15^{ACP+Zn} superó a los cultivares locales con una media de 278 kg/ha (6.1 qq/mz). Adicional a esta característica de rendimiento, en los días de campo los productores valoraron su porte bajo, que la hace tolerante al acame; la madurez fisiológica a 90 días después de la siembra que asegura que la familia rural disponga de grano en los meses críticos en ventaja sobre las variedades locales que se cosechan a los 120 días.



Validación de tecnología con agricultores del norte

1.4 Programa de investigación de arroz

Cultivo de arroz (*Oryza sativa*)

En Guatemala se siembran 16,200 manzanas (11,408 hectáreas) de arroz, (). Se producen 744,000 quintales, con un rendimiento promedio de 46.1 quintales por manzana (65.5) quintales por hectárea). El 87% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en los departamentos: Jutiapa, Izabal, San Marcos, Alta Verapaz, Petén, Chiquimula y Quetzaltenango. Genera 500,000 empleos directos en campo (jornales por año), 1,800 empleos permanentes. Se importan 102,369 toneladas métricas, principalmente de Estados Unidos de América y se exportan 331 a Centro América. El arroz tiene 6.61 % de proteína, 79.34% de

carbohidratos y es fuente importante de minerales y vitaminas. El consumo anual por persona para el país se calcula en 18.6 libras (DIPLAN-MAGA, con datos 2016/2017 de BANGUAT).El programa de arroz trabaja con énfasis en el mejoramiento genético para incorporar tolerancia a *Pyricularia oryzae*, potencial de rendimiento, calidad molinera y culinaria, biofortificación del grano. En los últimos tres años se han presentado patrones de sequía que han afectado la producción de este cultivo, por lo que es necesario recabar información actual del sistema de producción para priorizar líneas de investigación.



1.4.1 Rendimiento y características agronómicas de 90 líneas de arroz biofortificado procedentes del CIAT

Se evaluaron 90 líneas de arroz biofortificado procedente del CIAT a través del proyecto de “Evaluación y desarrollo de líneas y variedades de arroz para la biofortificación del arroz en Guatemala dentro de un plan de colaboración entre ICTA-CIAT-HarvestPlus”. Se evaluaron en

dos localidades para identificar líneas avanzadas con características agronómicas favorables y alto potencial de rendimiento y mayor contenido de zinc. Fueron seleccionadas 46 líneas que pasarán a la siguiente fase de evaluación.



Evaluación de 90 líneas de arroz biofortificado con alto zinc

1.4.2 Rendimiento y tolerancia a enfermedades de 12 líneas avanzadas de arroz biofortificado.

Se determinó la estabilidad de 12 líneas avanzadas de arroz biofortificado, a través del rendimiento en siete localidades bajo condiciones de secano. Además, la tolerancia a enfermedades y contenido de zinc en el grano. Los resultados para rendimiento determinaron que las líneas de arroz IG 2676, IG 2671, IG 2677, ICTA Jade, IR64, IG 2674, IG 2679 e IG 2672 fueron superiores, con un rango de 5.97 a 5.39 t/ha

y una media de 5.7 t/ha. El análisis de estabilidad a través del modelo AMMI(1) (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction) indica que de las líneas con rendimientos superiores las más estables fueron en su orden ICTA Jade, IG 2676, IG 2674, IG 2672 e IR64. Todas estas líneas evaluadas presentaron buena tolerancia a enfermedades.



Estabilidad de 12 líneas avanzadas de arroz biofortificado con mayor zinc

1.4.3 Producción de semilla de 11 líneas y una variedad de arroz

El programa de investigación de arroz incrementó semilla de 11 líneas avanzadas de arroz biofortificado con mayor contenido de zinc y la variedad de arroz ICTA Jade, en

el subcentro de Cristina, Los Amates, Izabal. Se obtuvo 1,695 kilogramos (37 quintales) de semilla que servirá para continuar con el proceso de investigación y validación.



Incremento de semilla de 11 líneas avanzadas de arroz biofortificado

1.5. Programa de Hortalizas

Cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)



La papa en Guatemala la cultivan en su mayoría pequeños agricultores, cuya producción se destina al autoconsumo y al mercado nacional. La producción obtenida de agricultores excedentarios se destina al mercado centroamericano.

De acuerdo con El agro En Cifras, para el año 2016, la producción nacional se distribuyó de la siguiente forma: Huehuetenango 32%, Quetzaltenango 23%, San Marcos 21%, Guatemala 6%, Sololá 4% y los demás departamentos de la república suman el 14% restante. El 88.9% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en seis departamentos:

Huehuetenango 29.1%, San Marcos 24%, Quetzaltenango 21.7%, Guatemala 5.6%, Jalapa 4.7% y Sololá 3.8%. Se establecieron 30,00 manzanas (21,350 hectáreas) que produjeron 11,873,600 quintales, con un promedio de producción de 395.75 quintales por manzana. Durante el año 2016 se importaron 5,868 toneladas métricas, en su mayoría de Canadá y Estados Unidos de América, y se exportaron 72,947 toneladas, a El Salvador en mayor porcentaje. Como generador de empleo directo en campo (jornales/año 2014): 3,581,900, equivalente en empleos permanentes a 12,793 (MAGA, 2016).

1.5.1. Rendimiento y resistencia de cultivares de papa al nematodo dorado

Los rendimientos de papa han disminuido en zonas de producción del occidente de Guatemala. Una de las causas de este problema es la infestación del nematodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis* Well), ya que muestreos realizados en el año 2016 reportaron poblaciones de esta plaga superiores a 90 quistes por 300 gramos de suelo. Las variedades de papa actualmente utilizadas en la región son: Día 71 y Loman, que han mostrado susceptibilidad a este nematodo. Se han realizado estudios para el control de este nematodo por medios químicos y mecánicos, pero no han sido efectivos. La investigación planteó como objetivo determinar la resistencia genética al nematodo dorado en nuevas variedades de papa. Para este estudio se

utilizaron variedades portadoras del gen H1, que en Estados Unidos y Europa han mostrado resistencia a la raza 1 del nematodo dorado. Se realizaron dos muestreos de nematodos en el suelo, tomados al inicio y al final del ciclo del cultivo para determinar la tasa de multiplicación y la resistencia se midió a partir de conteos de hembras adheridas a la raíces. Los resultados preliminares mostraron que hubo cultivares que mostraron resistencia media y provocaron una tasa de multiplicación menor que el resto de las variedades. Con esta información generada y con los resultados de laboratorios que complementarán esta investigación se concluye que con el uso de estas variedades de papa se puede recuperar el rendimiento de papa en esta zona de producción.



Quistes de nematodo dorado

1.5.2. Rendimiento y tolerancia de variedades de papa a tizón tardío

La mayor parte de la producción de papa en Guatemala se realiza con la variedad Loman, que es un tubérculo que presenta alta calidad culinaria y es de forma oblonga. El problema de esta variedad es la susceptibilidad al hongo causante del tizón tardío, por lo que los costos de producción son altos al igual que la

contaminación ambiental debido al uso frecuente de fungicidas. El ICTA y otras instituciones han investigado otras variedades de papa que cumplan con las características comerciales de la variedad Loman y que presenten tolerancia a la enfermedad del tizón tardío. Se realizaron evaluaciones de siete

variedades de papa en los departamentos de Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Jalapa y Baja Verapaz. Después del análisis de tolerancia al patógeno, rendimiento y opinión de productores, se identificaron las variedades

Jacqueline Lee, Yukon y Defender como promisorias que pueden adaptarse a las condiciones de producción local y al mercado de Guatemala.



Síntomas del tizón tardío en el cultivo de la papa

1.5.3. Determinación de ploidía de parientes silvestres de la papa con fines de mejoramiento genético

El Programa de Hortalizas conserva *in vitro*, cultivares y parientes silvestres para uso en mejoramiento genético, por lo que surge la necesidad de crear protocolos citológicos para determinar el número de ploidía en células somáticas y determinar su posible comportamiento en células sexuales. La citología es una herramienta básica para determinar la ploidía y la presencia de gametos no reducidos, identificar posibles apareamientos o cruzamientos entre

especies homólogas, así como también identifica las barreras de incompatibilidad debido a las irregularidades meióticas en híbridos inter específicos y la formación de gametos. Los resultados indican que la variedad Loman Mutante es triploide ($3n = 36$), la variedad Granola es tetraploide ($4n = 48$), la variedad Loman Palestina es triploide ($3n = 36$), *Solanum oxycarpum* es diploide ($2n = 24$) y *Solanum morelliforme* es diploide ($2n = 24$).



Solanum oxycarpum (diploide)

1.5.4. Limpieza y micropropagación de vitroplantas de papa con fines de investigación

Mediante el uso de la termoterapia y el aislamiento de meristemos, dos técnicas de la biotecnología, es posible la producción de semillas de alta calidad fitosanitaria de especies de propagación asexual. Los beneficios que se obtiene al sembrar semillas de alta calidad son: a) aumento de la productividad; b) disminución de costos de producción; c) reducción de impactos ambientales por reducción de agroquímicos. El ICTA ha implementado un sistema laboratorio-invernadero-campo para la producción de semilla básica de papa libre de enfermedades. Los objetivos de esta actividad fueron la eliminación de virus en papa y

proporcionar al programa de hortalizas plántulas de papa adaptadas a condiciones de invernadero, para sus proyectos de investigación. Durante el año 2017 se logró la limpieza de tres genotipos criollos de papa. Los tres genotipos dieron negativo a la prueba de ELISA para los virus PVX, PVY, PLRV y PVS. Se micropropagaron 51 accesiones de papa, incluyendo 26 accesiones de la colección CIP 2017, con fines de investigación. En total se propagaron 8,800 plántulas, las cuales fueron trasplantadas y aclimatadas a condiciones de invernadero.



Termoterapia



Aclimatación a condiciones de invernadero

1.5.5. Rendimiento y calidad de fritura de variedades de papa con características adecuadas para la elaboración de hojuelas fritas

En Guatemala la papa para la elaboración de hojuelas fritas o chips, básicamente es importada por empresas internacionales. Sin embargo, en la actualidad existe una industria nacional incipiente, que utiliza como fuente de materia prima para procesamiento a la variedad Tollocan por su forma redonda. Sin embargo, esta variedad no cumple con todos los parámetros de calidad necesarios de una variedad para fritura. Este proyecto, tiene como objetivo generar variedades de papa que cumplan con lo requerido para el procesamiento industrial. Se evaluó el rendimiento de siete

variedades de papa en diferentes localidades a diferentes altitudes para determinar las características para calidad de fritura, como la gravedad específica (mayor de 1,085). Este es uno de los factores importantes para la mayoría de productos procesados, puesto que determina de forma directa el rendimiento industrial, la menor absorción de aceite y el tiempo de fritura. Al mismo tiempo se realizaron pruebas de fritura para conocer las características de la hojuela como: consistencia, color y apariencia. Se identificaron y seleccionaron tres cultivares promisorios con características superiores.

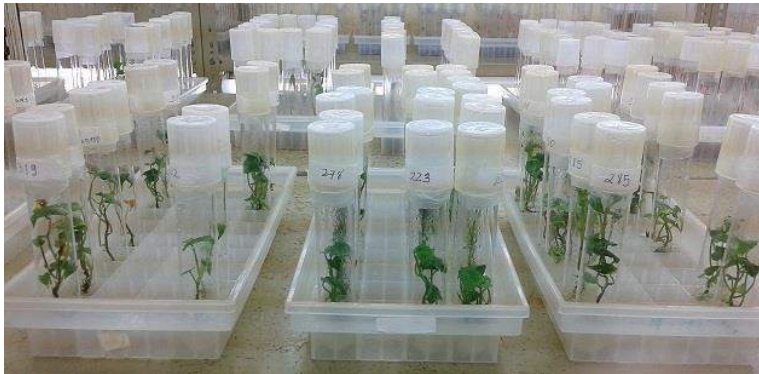


Tipo de tubérculo preferido para fritura, forma redonda, se selecciona aquellos que no presenten alteración en la fritura

1.5.6. Conservación *in vitro* de camote, yuca y papa

La conservación de plantas *in vitro* permite disponer de plantas libres de plagas, con las características de interés, a menor costo que en campo y un gran número de plantas en un pequeño espacio. Durante el año 2017 el laboratorio de biotecnología conservó *in vitro*, 88 variedades de yuca (*Manihot esculenta*) provenientes del CIAT; 33 variedades de

camote (*Ipomoea batata*) y 55 variedades de papa (*Solanum tuberosum*) provenientes del CIP. Algunas de las variedades tienen alto contenido de betacarotenos, precursores de la vitamina A. Para la conservación *in vitro* de camote y papa se utilizó el medio desarrollado por Murashigue y Skoog (1962); para la yuca se utilizó el medio empleado en el CIAT.



Plántulas de camote conservadas in vitro



Plántulas de yuca conservadas in vitro

1.5.7. Conservación *in vitro* de variedades de papa y camote

El cultivo *in vitro* se requiere para conservar germoplasma para su regeneración periódica de acuerdo con la demanda de semilla por parte de investigadores y productores. Esta actividad de conservación de variedades de papa, yuca y camote implica el uso de metodologías de conservación *in vitro* que han sido validadas. Se

mantiene en conservación *in vitro*, con retardantes del crecimiento, 1,742 plantas de 220 variedades y clones de papa. Se conservan en medios específicos, 630 plantas de 63 variedades de yuca y 340 plantas de 34 variedades de camote.



Conservación de yuca



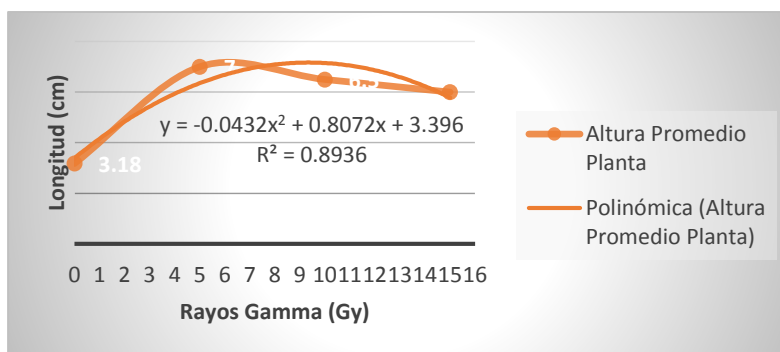
Conservación de papa

1.5.8. Aumento del rendimiento y del potencial comercial de los cultivos de importancia económica

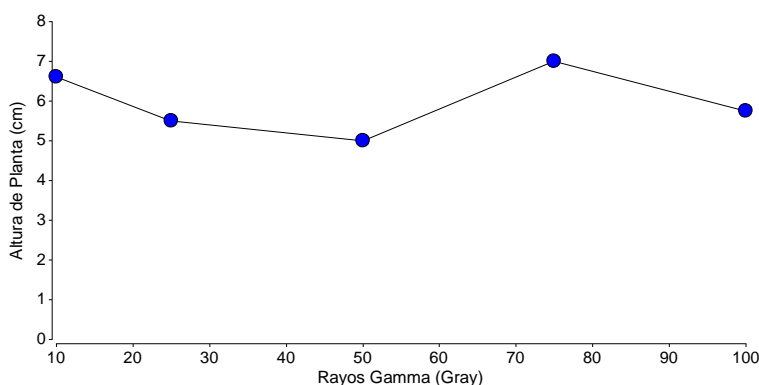
Con la finalidad de mejorar la productividad de diversos cultivos en Latinoamérica se realizó, en Paraguay, en el año 2015, la primera reunión de preparación, diseño e implementación del Proyecto RLA/5/068, financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). En dicha reunión participaron representantes de los siguientes países: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú y Venezuela. El propósito es obtener cultivos mejorados que satisfagan las necesidades de los pobladores de cada país participante. Se definieron los objetivos del proyecto y las

especies a mejorar, se elaboró un cronograma de actividades y se definieron los rubros de gasto dentro del presupuesto de cada país. Guatemala priorizó papa y camote con el objetivo de obtener variedades tolerantes a patógenos. En el año 2017 se irradiaron vitroplantas de tres variedades de camote con dosis de 5, 10, 15 y 20 Gray y dos variedades de papa con dosis de 10, 25, 50, 75 y 100 Gray. Las irradiaciones se hicieron en la Planta El Pino de MOSCAMED. Se obtuvieron generaciones mutantes M1V7, que serán entregadas al Programa de Hortalizas para ser sembradas y evaluadas en campo con el fin de seleccionar las plantas de interés.





Efecto de la radiación en Camote ICTA Dorado^{BC}



Efecto de la radiación en papa ICTA Tollocan

1.5.9. Cultivo de camote (*Ipomoea batata*)

1.5.9.1. Producción de plantas de camote libres de plagas y enfermedades, con fines de producción de semilla

El camote se cultiva en gran parte del mundo por su raíz tuberosa comestible. El camote es un alimento reconocido como eficaz en la lucha contra la desnutrición debido a sus características nutritivas, facilidad de cultivo y productividad. La semilla es uno de los elementos básicos para obtener buenos rendimientos, por lo que se requiere producir, obtener y utilizar semillas de buena calidad a través de tecnología. El objetivo de esta actividad fue contribuir al desarrollo de tecnología del cultivo del camote en Guatemala utilizando métodos biotecnológicos aplicados a la producción de semilla libre de enfermedades. En el año 2015, se estableció el estado inicial de

infección causado por los virus SPFMV, SPCSV, SPMMV, SPLV, SPVG, SPMSV, SPCFV, SPC6V, SPCV y CMV, en la variedad ICTA San Jerónimo, mediante la técnica de NCM-ELISA. En el año 2016, se evaluaron tres procedimientos de termoterapia, en combinación con el cultivo de meristemos, aplicados a partes vegetativas de la variedad ICTA San Jerónimo, con el fin de remover los agentes virales presentes en los tejidos de las plantas infectadas. Uno de los procedimientos fue efectivo en la eliminación de los virus. En el año 2017, se micropropagaron 1,000 plantas libres de virus, de la variedad ICTA San Jerónimo.



Micropropagación y adaptación a invernadero de plantas libres de virus

1.5.9.2. Sistema autotrófico hidropónico (SAH) para la producción de semilla vegetativa de camote de alta calidad

La semilla es uno de los elementos básicos para obtener buenos rendimientos, por lo que se requiere producir, obtener y utilizar semillas de buena calidad a través del uso de tecnologías en su producción. El objetivo de esta actividad fue contribuir al desarrollo de tecnología del cultivo del camote en Guatemala mediante el uso del Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH), para la producción de plántulas de camote. En el año

2014 se evaluó el efecto de tres sustratos sobre el crecimiento de plántulas de cinco variedades de camote. En el año 2017 el objetivo fue evaluar el crecimiento de las plántulas directamente en el campo. Fueron propagadas 714 plantas de ICTA Dorado^{BC} y 1,000 plantas de ICTA Pacífico^{BC}, ambas variedades biofortificadas con betacarotenos.



Micropropagación por el sistema SAH



Adaptación a condiciones de invernadero

1.5.9.3. Estudio de aceptabilidad de las variedades de camote ICTA Dorado^{BC} e ICTA Pacífico^{BC} en regiones de oriente y norte de Guatemala

Los objetivos del estudio fueron: a) determinar la aceptabilidad de las variedades biofortificadas de camote ICTA Dorado^{BC} e ICTA Pacífico^{BC}; b) identificar las razones de aceptación de las variedades por los agricultores. Se realizó una encuesta estructurada y personalizada a beneficiarios de la tecnología, con una muestra para el oriente de 52 agricultores y para la región norte de 113. Los resultados indican que para

la región de oriente la aceptabilidad fue de 70% y en la del norte de 48%, los cuales se consideran altos. En el oriente los factores de aceptabilidad están vinculados a características tales como: sabor, color, valor nutritivo; y en el norte, además de las anteriores, por el tamaño grande de la raíz y precocidad. Además, es una nueva opción de alimento para la familia.



Cultivo de camote en el norte y oriente de Guatemala

1.5.10. Cultivo de yuca (*Manihot esculenta*)

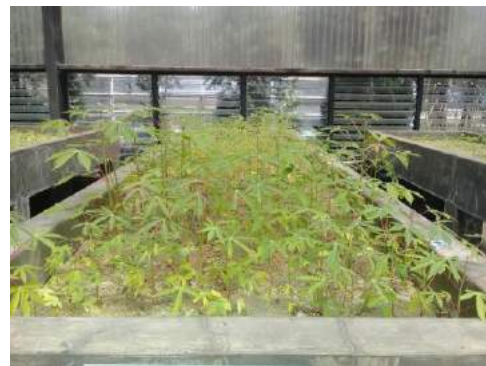
1.5.10.1. Propagación *in vitro* de yuca biofortificada proveniente del CIAT

La yuca es un alimento rico en carbohidratos que se adapta a condiciones de sequía y terrenos inclinados. El CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) conserva en su banco de germoplasma 6,592 variedades de yuca. En el laboratorio de biotecnología, se conservan *in vitro* 88 variedades seleccionadas de yuca

provenientes del CIAT. La propagación de plantas *in vitro* permite obtener plantas libres de plagas y una multiplicación acelerada. La actividad consistió en propagar y aclimatar 100 plantas de cada una de 58 variedades de yuca. Éstas poseen alto contenido de betacarotenos, que son los precursores de la vitamina A.



Plántulas de yuca propagadas *in vitro*



Aclimatación de plántulas en el invernadero

1.5.10.2. Variedades biofortificadas promisorias de yuca en finca de agricultores

Se establecieron seis experimentos con cinco variedades promisorias de yuca biofortificada, procedentes del centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Los experimentos se establecieron en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Zacapa, Chiquimula, Escuintla y

Huehuetenango. Como resultados se tiene que la variedad CIAT 5CM 3750-5 presentó el mayor rendimiento (36.51 t/ha), siguiéndole la variedad CIAT 4CM 2086-16, que presentó mayor contenido de betacarotenos (291 ppm).



Variedades biofortificadas con mayor contenido de betacarotenos

1.5.10.3. Producción de semilla vegetativa de variedades biofortificados de yuca

Se realizó la micropropagación y trasplante a invernadero de 3,372 plántulas de 41

variedades de yuca biofortificada provenientes del CIAT.



Micropropagación y adaptación a invernadero

1.6. Otros cultivos y actividades realizadas

1.6.1. Propagación *in vitro* de macal (*Xanthosoma sagittifolium*)

El macal es una especie de la familia de las aráceas, originaria de América Central, cuyas raíces tuberosas son comestibles, ricas en almidón y que contienen entre uno y 8.8% de proteína. Durante los años 2013-2015, la Disciplina de Recursos Genéticos del ICTA

colectó a nivel nacional y conservó en campo, en Cuyuta, Masagua, Escuintla, accesiones de macal nativo. De lo colectado, la Disciplina de Biotecnología estableció *in vitro*, propagó, aclimató y conservó 60 accesiones de macal.



Plántulas de macal aclimatadas en invernadero



Plántulas de macal sembradas *in vitro*

1.6.2. Cultivo de Trigo (*Triticum aestivum*)

1.6.2.1. Introducción de germoplasma de trigo proveniente del CIMMYT

Se establecieron dos viveros en el centro experimental ICTA Labor Ovalle: 36HRWYT (50 genotipos evaluados en dos repeticiones) y 24ESWYT (50 genotipos en dos repeticiones). Las variables de respuesta fueron: variables del desarrollo fisiológico, tolerancia a las principales enfermedades, rendimiento y peso específico. Como resultado se obtuvo que del vivero

36HRWYT, se seleccionaron 35 genotipos por su rendimiento. Los genotipos 130 y 133 fueron los más precoces con 60 días a floración y 125 días a madurez fisiológica. En cuanto a peso específico, 24 genotipos fueron superiores a ICTA Don vale, con un peso específico mayor a 70 kg/hl. En el vivero 24ESWYT el genotipo 239 fue superior, con 6.80 T/ha.



Viveros de trigo en el centro experimental ICTA Labor Ovalle

1.6.2.2. Evaluación de diez genotipos avanzados de trigo ENTRI 2017

Se evaluaron nueve genotipos promisorios y un testigo. Como resultado se obtuvo que no hubo diferencia significativa para la variable rendimiento de grano. Para peso específico no hubo diferencia significativa. En cuanto a porcentaje de acame, los genotipos que

presentaron un mayor porcentaje fueron: ICTA Don Vale y ESWYT 197 con 70 y 66% respectivamente, aunque dicho acame no afectó el rendimiento de grano ni el peso específico.



Evaluación genotipos promisorios de trigo

1.6.2.3. Efecto de cuatro distanciamientos de siembra en cuatro genotipos de trigo

Se evaluaron cuatro genotipos (Don vale, V-8, ESWYT 200 y ESWYT 137) bajo cuatro distanciamientos de siembra (20*20 25*25, 10*10 y 15*15 centímetros) se sembró una sola semilla por postura. Como resultado se obtuvo que para la variable altura de planta hubo diferencia significativa entre los genotipos y entre los distanciamientos; Los genotipos más altos fueron: Don Vale y ESWYT 200, altura entre 88 a 95 centímetros. El rendimiento de grano fue

superior con el distanciamiento de 10*10 centímetros, independientemente del genotipo. Los distanciamientos fueron significativos para las variables diámetro de tallo y diámetro de raíz. Un mayor diámetro de tallo 25*25 y 20*20 centímetros. En cuanto al número de granos por espiga y número de espigas por planta, los distanciamientos que presentaron un mayor número fueron los de 25*25 y 20*20 centímetros.



Distanciamientos de siembra

1.6.3. Disciplina de Alimentos

1.6.3.1. Calidad nutricional de dietas a base de maíz y frijol biofortificados

Se estudió la calidad biológica de la proteína de nuevas variedades de maíz y frijol, individualmente y en mezcla de maíz y frijol en proporción de 70:30. Se evaluó maíz ICTA B-9^{ACP}, frijol ICTA Chortí^{ACM} (ambos biofortificados), y maíz ICTA HB-83 y frijol ICTA Ligerito como testigos. El método que se utilizó para la evaluación fue el Índice de Eficiencia Proteica (NPR, por sus siglas en inglés). La harina de maíz se obtuvo por medio del tueste a 130 °C durante 30 minutos; la harina de frijol se obtuvo por medio de cocción a 100 °C durante 60 minutos y deshidratado a 100 °C durante 60 minutos. Para obtener el NPR se trabajó con

grupos de ocho ratas (cuatro machos y cuatro hembras) de la raza Spraw Dawley, de 21 a 23 días de nacidas, con peso promedio de 45 gramos. La mezcla de maíz ICTA B-9^{ACP} con frijol Chortí^{ACM} fue la que generó mayor aumento de peso acumulado y así también, la que presentó mayor NPR (2.95), equivalente al 70% de la calidad biológica de la caseína. El NPR de ICTA B-9^{ACP} fue superior al de maíz ICTA HB-83. Con esto se comprobó la alta calidad de proteína de la variedad ICTA B-9^{ACP}. El frijol ICTA Ligerito posee mejor calidad de proteína que el ICTA Chortí^{ACM}, sin embargo, este último posee mayor contenido de hierro.



Peso de ratas con dieta de: a) maíz ICTA B-9 más frijol ICTA Chortí^{ACM}; b) caseína y c) HB-83

1.6.3.2. Transferencia de tecnología de procesamiento de alimentos en la planta de agroindustria

La Disciplina de Tecnología de Alimentos promueve a grupos interesados en el procesamiento de frutas y hortalizas, actividades de transferencia de tecnología. Esta disciplina tiene dentro de sus objetivos capacitar a productores sobre buenas prácticas de

manufactura y procesamiento agroindustrial de frutas y hortalizas, granos, raíces y tubérculos. Para apoyar la construcción de capacidades, habilidades y destrezas así como también el carácter emprendedor de los agricultores se dispone de una planta procesadora de

alimentos. Se capacitó un total de 551 personas, organizados en 26 grupos, entre los

cuales figuran estudiantes, asociaciones, grupos organizados y ONGs.



Capacitación a grupos de productoras

1.6.3.3. Transferencia de tecnología para el manejo postcosecha de hortalizas y frutas

La Planta Empacadora del Centro de Investigación del Altiplano Central, en Chimaltenango fue utilizada, durante el año 2017, de acuerdo con los objetivos, para transferir a productores de hortalizas y frutas del altiplano central el paquete tecnológico utilizado para el embalaje de hortalizas y frutas para exportación y generar un fondo para financiar actividades de capacitación en temas

relacionados. En total fueron embaladas 848,221 libras de arveja china y arveja dulce para su exportación. Se capacitaron en el tema del paquete tecnológico utilizado en el embalaje de hortalizas un total de 107 personas, principalmente estudiantes de nivel medio y universitario, de los departamentos de Chimaltenango, Guatemala y Zacapa.



Capacitación a grupos de productores

1.6.4. Disciplina de validación y transferencia de tecnología

1.6.4.1. Transferencia de tecnología para la producción y aprovechamiento integral de bambú

La transferencia de tecnología de bambú se realizó a 313 personas, a través de 14 eventos (días de campo) con énfasis en el cultivo y sus usos (artesanías, construcción, muebles y alimento). Los participantes fueron: estudiantes, agricultores, personal de instituciones y

empresas privadas. Asimismo, se tuvo la visita de 1,172 personas, requiriendo información del cultivo y sus usos. Además, se comercializaron 2,562 plantas de bambú, con las cuales se pueden sembrar 23 hectáreas del cultivo.



Capacitaciones en el cultivo y uso del bambú

1.6.4.2. Transferencia de tecnología para la producción de frutales tropicales

Los objetivos de este proyecto son producir y poner a disposición de los interesados plantas injertadas de guayaba, carambola dulce, limón persa, limón criollo, mango y anona. Se

atendieron a 632 personas entre agricultores, estudiantes y técnicos. Se entregaron a productores 3,244 plantas injertadas de diferentes especies de frutas tropicales.



Guayaba y plantas de frutales tropicales

1.6.5. Disciplina de suelos y agua

1.6.5.1. Servicio de análisis físico químico de suelos y plantas

El objetivo del laboratorio de análisis de suelos, plantas y agua, es apoyar la labor de investigación de los programas y disciplinas del ICTA, asimismo ofrece servicios a los demandantes en general, para determinar el estado de fertilidad de los suelos. Se hicieron

2,090 determinaciones de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, clase textural, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre, hierro y manganeso.



Análisis de suelos

1.6.6. Disciplina de Divulgación

Se divulgaron actividades relacionadas con la generación, validación y transferencia de tecnología, realizadas por el ICTA, a través de cuatro redes sociales, 12 boletines electrónicos enviados en forma mensual a 2,184 usuarios externos y 168 usuarios del ICTA. Se beneficiaron a 7,984 personas con publicaciones agrotecnológicas, tanto en formato digital como físico. Se produjeron seis publicaciones agrotecnológicas contenidas en los siguientes trifoliales: a) ICTA Utatlán, nueva variedad de frijol de vara o enredo; b) ICTA Labor Ovalle, nueva variedad de frijol de enredo

tipo bolonillo; c) ICTA Chortí^{ACM} variedad de frijol biofortificado; d) ICTA B-9^{ACP} nueva variedad de maíz blanco con alta calidad de proteína; e) La semilla de papa: una tecnología para incrementar el rendimiento; f) La mosca de la vaina del frijol (*Asphondylia*). Se imprimieron 10 banner y se participó en ferias agrícolas con 11 stands, días de campo y jornadas de transferencia. Se realizaron dos eventos de liberación de semillas, donde se pusieron a disposición de los agricultores cuatro cultivares (uno de maíz y tres de frijol), tres eventos de entrega de semillas al MAGA. Se mantuvo actualizado el sitio web del ICTA



1.6.7. Proyecto Masfrijol

El ICTA suscribió un convenio con el proyecto “MASFRIJOL”, cuyo propósito principal es incrementar la producción, productividad e incrementar el consumo de frijol en los departamentos de Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Quiché y Totonicapán. Dentro de este convenio se promueve y difunde tecnología de producción de frijol para consumo, con especial énfasis, en la producción de semilla de calidad a nivel local, que corresponde al segundo ciclo de esta iniciativa, a través de los almacenes comunitarios de semilla, realizándose días de campo en los lotes de producción de semilla, cursos cortos dirigidos a los agricultores colaboradores y el monitoreo técnico a los lotes semilleristas. En las actividades de promoción

y capacitación se transfirió conocimiento a 299 agricultores en tecnología del frijol, entre estos 81 agricultores seleccionados para ser productores de semilla de calidad, que de igual manera corresponden a 81 almacenes comunitarios de semilla, 34 más que el primer ciclo. Se produjeron 176 quintales de semilla, 148 más que el ciclo anterior. También se participó a través de un stand en las ferias de agrobiodiversidad realizadas en los municipios de Todos Santos Cuchumatán y Huehuetenango, en las cuales se exhibió la diversidad de los cultivares desarrollados por el ICTA, también se tuvo a la venta la semilla producida en los almacenes.



Producción de semilla de frijol ICTA Hunapú

2. Actividades destacadas

2.1. Fortalecimiento al sector agrícola, la seguridad alimentaria y nutricional con dos nuevos cultivares de frijol

En un acto público realizado en las instalaciones del Centro Regional de Investigación del Altiplano Occidental (CIALO), el ICTA liberó, el 9 de marzo, dos nuevos cultivares de frijol de enredo, denominados: ICTA Labor Ovalle tipo bolonillo e ICTA Utatlán, los cuales generalmente se siembran en asocio con maíz.

Las variedades fueron entregadas por el Gerente General, Julio Morales, al representante departamental del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Oscar López, quien a su vez, entregó las variedades liberadas al representante de los agricultores.



Liberación de dos nuevas variedades de frijol de enredo

2.2. ICTA exhibe tecnologías en Congreso Agrícola Nacional

Con el propósito de difundir el uso de la ciencia y tecnología agrícolas, el ICTA participó en el VI Congreso Agrícola Nacional 2017, celebrado el 9 de marzo en la ciudad capital, en el cual se compartieron experiencias mediante un stand agrotecnológico. Entre los asistentes figuraron: estudiantes, productores, extensionistas y técnicos. El lema del

Congreso fue “Emprender es sembrar desarrollo”, organizado por el gremio constituido como la Asociación del Gremio Químico Agrícola (Agreguima), quienes tienen como finalidad Trabajar por una Tierra Productiva y Sostenible en el país, (Agreguima), quienes tienen como finalidad Trabajar por una Tierra Productiva y Sostenible en el país.



Difusión de tecnologías agrícolas en Congreso Agrícola Nacional

2.3. Fortalecimiento institucional

Para fortalecer las capacidades científicas y técnicas del ICTA, el Programa de Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria (CRIA), financiado por el Departamento de Agricultura del Gobierno de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), ejecutado según alianza estratégica de cooperación entre el MAGA y el IICA, el 31 de marzo donó seis vehículos tipo pick up, un tractor, una rastra de tiro, una chapeadora, 18 computadoras portátiles, una computadora de escritorio y tres impresoras. El ICTA ejecuta proyectos de investigación con enfoque de cadenas de valor

en consorcios de: maíz, frijol, papa, aguacate, loroco, chile cahabonero y ovinos, en el oriente, norte y occidente de Guatemala. La donación se realizó a través de un acto público, donde le fue entregado al Gerente General del ICTA, Julio Morales, el equipo en mención, por el Excelentísimo Embajador de los Estados Unidos de Norteamérica, Todd Robinson, por el señor Viceministro de Desarrollo Económico Rural, Doctor Felipe Orellana y por el Representante del IICA en Guatemala, Doctor Manuel Sánchez.



Donación de vehículos, maquinaria agrícola y equipo de cómputo

2.4. Liberación de dos nuevos cultivares de maíz y frijol biofortificados

Con la colaboración del Proyecto HarvestPlus y la Plataforma BioFORT, el ICTA a través del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), en un acto público realizado en las instalaciones de la Cooperativa Atescatel, en el municipio de Atescatempa, Jutiapa, el 20 de abril, puso a disposición de los

agricultores y de la sociedad, la primera variedad de maíz blanco biofortificada, ICTA B-9^{ACP}, la cual aporta el equivalente al 90% de las proteínas que contiene la leche; y la variedad de frijol negro ICTA Chorti^{ACM}, con 99 partes por millón de hierro y 36 partes por millón de zinc, el propósito de este cultivar es contribuir a

combatir la anemia e incrementar la absorción de otros minerales, por medio del incremento del contenido de hierro y de zinc en el grano.



Acto de liberación de cultivares de maíz y frijol biofortificados

2.5. Capacitación a agricultores para producir semillas certificadas

Con el objetivo de impulsar a las organizaciones, como productoras de semillas certificadas y de esta manera contribuir con la solución de problemas de desnutrición e inseguridad alimentaria que prevalecen en el oriente, el ICTA con el apoyo financiero de la Misión de Taiwán,

capacitó a 38 miembros de la Red de Semilleristas de Guatemala (Redsegua), con el curso “Producción de semilla certificada de maíz, frijol y sorgo”, impartido del 30 de noviembre de 2016 al 28 de marzo de 2017.



Capacitación a agricultores del oriente de Guatemala

2.6. Entrega de semillas biofortificadas de maíz y frijol en los departamentos con mayor desnutrición crónica

Con el propósito de contribuir con la seguridad alimentaria y nutricional de la población guatemalteca, el 30 de mayo, el Gerente General, Julio Morales y el Subgerente General, Julio Villatoro, entregaron al representante de la Dirección de Coordinación Regional y Extensión Rural del MAGA, Emil Mas, semillas de maíz biofortificadas con alta calidad de proteína más zinc, de las variedades ICTA B-13^{ACP+Zinc} (2,000 libras) e ICTA B-15^{ACP+Zinc} (1,000 libras), ICTA B-9^{ACP} (960 libras) y semilla de frijol negro

ICTA Chortí^{ACM}. Las semillas fueron distribuidas en los departamentos de El Progreso, Chiquimula, Santa Rosa, Alta Verapaz, Baja Verapaz, San Marcos, Jutiapa y Zacapa, priorizados por la Estrategia Nacional de Prevención de la Desnutrición Crónica (ENPDC). Estos cultivos biofortificados están siendo impulsados en el país, con el apoyo de la Plataforma BioFORT y HarvestPlus Latinoamérica y el Caribe.



Autoridades del ICTA entregan semillas biofortificadas al MAGA

2.7. Días de campo para transferir tecnologías

Como parte del proceso de promoción y transferencia de tecnología a nivel nacional, se realizaron 77 eventos en donde se atendieron a

1,529 personas entre agricultores, extensionistas y líderes comunitarios.



Días de campo con agricultores del altiplano occidental

2.8. Agricultores del Corredor Seco del oriente se beneficiaron con semilla ICTA B-7^{TS} tolerante a la sequía

El ICTA, a través del Gerente General, Julio Morales y el Gerente General de la Mancomunidad Montaña El Gigante, Luis Roche, hicieron entrega de 200 quintales de semilla certificada de maíz de la variedad ICTA-B-7^{TS}, producto del objetivo de la alianza interinstitucional, la semilla fue producida por la Mancomunidad con el apoyo técnico del ICTA.

Con el proyecto beneficiaron a 2,000 agricultores de los municipios de San Diego y Huité, que atiende la mencionada Mancomunidad, quien unió esfuerzos locales con el MAGA y VISAN, con el propósito de contribuir a erradicar los problemas de desnutrición e inseguridad alimentaria



Entrega de semilla de maíz a agricultores del oriente

2.9. Conferencia de Investigación de Leguminosas de Grano del Laboratorio de Innovación de Leguminosas (LIL)

Del 13 al 18 de agosto se realizó el evento denominado “Conferencia sobre investigación en leguminosas de grano del Laboratorio de Innovación de Leguminosas (LIL)” en Ouagadougou, Burkina Faso, África. Al evento asistieron investigadores de universidades de los Estados Unidos, África, e instituciones de

investigación de Centro América. Por el ICTA participaron Jessica Moscoso, Karen Agreda, Ángela Miranda, Gabriela Tobar Piñón, Luz Montejo y Carlos Maldonado, quien presentó un póster en el área de fitopatología, el cual fue premiado como el mejor del evento en su categoría.



Carlos Maldonado recibiendo el premio a mejor póster en el área de fitopatología

2.10. Agricultores del corredor seco de Baja Verapaz beneficiados con semillas de camote biofortificado con betacaroteno y de yuca ICTA Izabal

El 13 de septiembre, en el Centro Regional de Investigación del Norte (CINOR), autoridades del ICTA, del MAGA departamental de Baja Verapaz, de la Gobernación departamental, de la Brigada de Artillería entregaron a 258 agricultores semillas (esquejes) de camote

biofortificado ICTA Dorado^{BC}, ICTA Pacífico^{BC} y semilla (vareta) de yuca ICTA Izabal. Los agricultores provenían de siete municipios que forman parte del corredor seco de Guatemala.



Entrega de semilla de camote biofortificado y yuca ICTA Izabal al representante del MAGA departamental y a agricultores

2.11. Capacitación en la producción de frijol voluble en dos municipios del departamento de Quetzaltenango

En coordinación con la Dirección de Extensión del MAGA, la Disciplina de Validación y Transferencia de tecnología del ICTA realizó dos capacitaciones en los municipios de San Juan Ostuncalco y Concepción Chiquirichapa. La temática abordada por módulos fue la siguiente: a) características de las variedades mejoradas;

b) manejo agronómico de los cultivares de frijol; c) plagas del cultivo de frijol de enredo; d) control fitosanitario; e) cosecha y secado del grano; f) manejo postcosecha. Mediante el proceso de capacitación, los productores conocieron tecnología de manejo apropiado para la producción de frijol en asocio con maíz.



Capacitación a agricultores de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango

2.12. Transferencia de tecnología a través de vitrinas tecnológicas

Con el objetivo de transferir el conocimiento para que el agricultor o extensionista aplique tecnologías agrícolas en el campo y mejore el rendimiento de los cultivos. Las jornadas de transferencia de tecnología se realizaron de septiembre a octubre mediante la modalidad de vitrinas tecnológicas ubicadas en los centros regionales de investigación del ICTA: CIOR en la finca El Oasis, Estánzuela, Zacapa; CIALO en Labor Ovalle, Olinstepeque, Quetzaltenango; CIALC, en La Alameda, Chimaltenango; CISUR en la finca Cuyuta, Masagua, Escuintla y CINOR en San Jerónimo, Baja Verapaz y Playa Grande-

Ixcán, Quiché. El objetivo de las jornadas es transferir tecnología agrícola generada y validada por el ICTA de diferentes cultivos especialmente granos básicos, hortalizas, plantas medicinales, productos agroindustriales, entre otros. Durante el año 2017, se realizaron siete jornadas en las cuales se atendieron a 2,876 personas (1,589 hombres y 1,287 mujeres), entre autoridades del MAGA, agricultores, estudiantes, extensionistas, líderes comunitarios y de organizaciones, y público en general.



Jornadas de transferencia

2.13. Contribución del programa PRIICA en Guatemala

Durante cuatro años el ICTA, la Unión Europea y el IICA, unieron esfuerzos a través del Programa Regional de Investigación e innovación por Cadenas de Valor Agrícola (PRIICA), el cual se ejecutó en apoyo a productores de infra-subsistencia y subsistencia a través de los Consorcios Locales de Investigación e Innovación Agrícola (CLIITA), en

los municipios de Jocotán y Camotán Chiquimula, en las agrocadenas de tomate y yuca; en San Pedro Sacatepéquez, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, y San Andrés Semetabaj, Sololá, en las agrocadenas de aguacate y papa. Los productores beneficiados fueron 2,214.



Evento de cierre del PRIICA

2.14. Entrega de semillas de maíz a agricultores del altiplano occidental

En el Centro Regional de Investigación del Altiplano Occidental (CIALO), el 12 de octubre, el ICTA hizo entrega al MAGA de 440 quintales de semilla de maíz de las variedades ICTA Compuesto Blanco e ICTA San Marceño Mejorado. Estas semillas fueron entregadas a 8,800 agricultores de 15 municipios de Sololá, 8

de Totonicapán, 19 de Quetzaltenango, 16 de San Marcos, 22 de Huehuetenango y 13 de Quiché, con el objetivo de promover el uso de variedades mejoradas e incrementar los rendimientos de maíz en el altiplano en localidades de 2,000 a 2,600 metros sobre el nivel del mar.



Entrega de semillas a agricultores del altiplano occidental

2.15. Día de campo para evaluar cultivares de papa

El 7 de noviembre se realizó un día de campo con agricultores de las aldeas: Bacú (San Juan Ixcoy), Caserío Buena Vista y Aldea Chichim (Todos Santos Cuchumatán), Huehuetenango, con los objetivos de: a) mostrar 10 cultivares de papa que están en proceso de validación por su

rendimiento y tolerancia al nematodo dorado; b) mostrar 16 cultivares promisorios de papa oblonga con tolerancia a tizón tardío, éste se hizo con apoyo del Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria.



Evaluación de cultivares de papa

2.16. Visita de mejorador del cultivo de maíz

Durante la semana del 4 al 7 de diciembre, el PhD. Félix San Vicente, mejorador del CIMMYT, realizó gira de campo con el equipo de investigadores y técnicos del programa de investigación de maíz del ICTA, en la cual se realizaron las cosechas de variedades e híbridos cultivados de junio a noviembre, en las localidades del trópico bajo de Guatemala. Se seleccionaron las mejores variedades e híbridos

de maíz de grano blanco y amarillo de alta calidad de proteína, alto contenido de zinc y buenas características agronómicas. Además, sostuvo reunión de trabajo con el Subgerente General, Julio Villatoro, Director Científico Técnico, Danilo Dardón, Coordinador del Programa de Maíz, Héctor Martínez, y el Coordinador de la Disciplina de Tecnología de Semillas, Edwin Argueta.



Gira de campo y reunión con autoridades del ICTA

2.17. Investigadores cursan estudios de maestría

Como parte del fortalecimiento institucional del ICTA, cuatro investigadores realizaron estudios de maestría: Carlos Raúl Maldonado Mota, Luz de María Montejó Domínguez y María Gabriela Tobar Piñón graduados de la Universidad Estatal de Dakota del Norte (NDSU) y Héctor Danery Martínez Figueroa, graduado del

Recinto Universitario de Mayagüez en Puerto Rico, todos con título de Mejoramiento Genético de Plantas. Las becas para los profesionales fueron otorgadas como parte del proyecto colaborativo entre el Legume Innovation Lab de USAID y el ICTA.



56 Grupo de investigadores que cursaron estudios de maestría en compañía de Jessica Moscoso, Ángela Miranda, Dr. Fernando Aldana y Dra. Cynthia Donovan del Legume Innovation Lab

3. Alianzas estratégicas

Uno de los ejes del Plan Estratégico institucional 2013-2020 lo constituyen las alianzas. Durante el año 2017 se suscribieron 9 alianzas:

3.1 Carta de entendimiento para la cooperación interinstitucional entre el ICTA y la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA).

El objetivo de la carta de entendimiento es establecer los compromisos entre ambas instituciones, con base en la complementariedad de objetivos y líneas de trabajo.

3.2 Carta de entendimiento entre el ICTA y la Dirección de Desarrollo Agrícola del departamento de cuencas hidrográficas, del viceministerio de desarrollo Económico Rural y la Unidad Especial de Ejecución del Programa Bosques y Agua para la Concordia.

Tiene por objeto aunar esfuerzos para impulsar la producción de plantas en viveros forestales.

3.4 Acuerdo de colaboración entre el ICTA y la Fundación CODESPA.

Pretende transformar de manera estructural la forma en que se prestan los servicios de apoyo a los agricultores, familiares a través de la creación de una plataforma tecnológica que abra un nuevo canal de comunicación bidireccional que permita ofrecer información agraria y obtener información precisa de los agricultores.

3.5 Carta de entendimiento entre el ICTA y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y la Fundación para la Innovación Tecnológica, Agropecuaria y Forestal (FUNDIT).

El objetivo es la ejecución de actividades técnicas por parte del ICTA, las cuales son: a) evaluación de 264 poblaciones de frijol F_{2.3}, b) evaluación de 50 líneas de frijol F_{5.7} con alto contenido de hierro y tolerancia a BGYMV, c) evaluación de 23 líneas de frijol en el occidente y d) prueba de dos líneas avanzadas de frijol en el nororiente.

3.6 Convenio de cooperación técnica para impulsar la educación agrícola y tritícola en población escolar primaria y básica del altiplano occidental entre ICTA y el Colegio Nuestra Señora del Rosario.

Tiene por objetivo definir los compromisos del ICTA y del colegio Nuestra Señora del Rosario, que asumirán para la educación agrícola y tritícola en población escolar primaria y básica.

3.8 Carta de donación entre el ICTA y el Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la FUNDIT, para la ejecución de un proyecto de investigación.

En esta carta se establece que la FUNDIT administrará los fondos proporcionados por el CIMMYT para que el ICTA ejecute el proyecto de investigación M0294.02 HPlus-MAIZ BIOFORTIFICADO- formación, prueba y validación de germoplasma de maíz enriquecido con zinc en Guatemala.

3.10 Carta de entendimiento entre el ICTA y la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE).

La carta tiene por objetivo la ejecución conjunta del proyecto “Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays* L) a la aplicación de diferentes niveles de macronutrientes NPK en la cuenca del lago de Atitlán, Sololá”, para contribuir al desarrollo e implementación de tecnología más adecuada para el mejoramiento de la producción a disposición de los pequeños productores sin causar deterioros y contaminaciones.

3.11 Carta de intención entre el ICTA y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y la FUNDIT.

La carta tiene como objetivo la evaluación y desarrollo de líneas y variedades de arroz biofortificado dentro de un plan de colaboración ICTA-CIAT-HarvestPlus.

4. Nuevas publicaciones tecnológicas

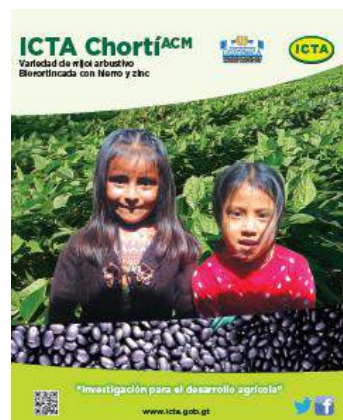


Trifoliar que describe la nueva variedad de frijol negro de vara o enredo, ideal para producirse en altitudes del altiplano, desde los 2,000 a 2,800 metros sobre el nivel del mar.

Trifoliar que presenta la nueva variedad de frijol negro ICTA Labor Ovalle, variedad ideal para asocio con maíz, con una adaptación de 2,000 a 2,800 metros sobre el nivel del mar.



Trifoliar que informa sobre la semilla de papa libre de virus. Síntomas de los virus en la planta y qué se puede hacer cuando se observan síntomas de la enfermedad.



Trifoliar sobre la variedad de frijol negro biofortificado con 95 partes por millón de hierro y 36 de zinc. Su propósito es contribuir a reducir los índices de desnutrición, anemia ferropénica e incrementar la absorción de otros minerales que el zinc facilita, se adapta a condiciones de los departamentos de Jutiapa, Jalapa y Chiquimula.



Trifoliar que presenta la variedad de maíz blanco con alta calidad de proteína (ACP). Tiene un valor agregado del equivalente al 90% de las proteínas que contiene la leche. Recomendada para regiones comprendidas entre los 0 a 1,200 msnm.

La mosca de la vaina del frijol (Asphondylia)

5. Capacitaciones al personal

Participante	Capacitación	Lugar	Organizador/ Financiante	Fecha
Licda. Aura Elena Suchini Farfán	“Mejoramiento genético para resistencia a estrés biótico mediante inducción de mutaciones”	Heredia, Costa Rica	Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)	06 al 10 de marzo
Inga. Agra. Olga Vanessa Illescas Contreras	“Taller de inauguración de los proyectos KoLFACI Establecimiento de sistema del ambiente edáfico. Establecimiento del modelo del mejoramiento del manejo de la calidad postcosecha de los cultivos hortícolas”	San José Costa Rica	KoLFACI	20 al 21 de marzo
Ing. Agr. Luis Américo Márquez Hernández				
Ing. Agr. Luis Miguel Salguero Morales	“Selección participativa de variedades de papa usando la metodología mamá y bebé: procedimientos y herramientas para manejo de la información y análisis de datos”	La Esperanza, Intibucá, Honduras	Programa PRIICA	20 al 23 marzo
MEPU. Eduardo Alfredo Landaverri Villeda				
Ing. Agr. Osman Estuardo Cifuentes Soto			CRIIA	
Ing. Agr. Roberto Antonio Morales Lima				
Inga. Agra. Jessica Raquel Moscoso Alfaro	“Entrenamiento de campo y visita a viveros de cruza en Palmira. Evaluar mancha angular, sequía y minerales a un grupo de familias F _{3,4} en Quilichao”	CIAT-Colombia	HarvestPlus CIAT	02 al 09 de abril
Ing. Agr. Roberto Antonio Morales Lima	Homologación de técnica de diagnóstico para la identificación de nematodos	ICTA Labor Ovalle	ICTA Labor Ovalle	08 al 17 de mayo
Inga. Agra. Jenny Guísela Calderón Maldonado				
Inga. Agra. Glenda Edelmira Pérez García				

Participante	Capacitación	Lugar	Organizador/ Financiante	Fecha
Ing. Agr. Julio César Paniagua Barillas	"Plant Variety and DUS Testing"	Corea del Sur	KOICA	15 de mayo al 10 de junio
Inga. Agra. Angela Nadezhda Miranda Mijangos				
Ing. Agr. Luis Américo Márquez Hernández	Entrenamiento para los investigadores del Proyecto de la Información Edáfica de Kolfaci	Corea del Sur	KoLFACI	29 de mayo al 02 de junio
Ing. Agr. Adán Obispo Rodas Cifuentes				
Ing. Agr. Leopoldo Calel Mus	"Cultivo moderno de cacao"	Costa Rica	KoLFACI	19 al 30 de junio
Ing. Agr. Leopoldo Calel Mus	"Cultivo de cacao "	CATIE/Costa Rica	IICA Guatemala	03 al 05 de julio
Ing. Agr. Luis Antonio Huinac Barrios	"Demostración de la mejora de productividad del arroz a través de la utilización del sistema adecuado del manejo del agua"	Tegucigalpa, Honduras	KoLFACI	28 y 29 de agosto
Ing. Agr. Julio César Villatoro Mérida	"Taller regional de planificación de la investigación en frijol común para Centro América y El Caribe"	Tegucigalpa, Honduras	Programa Feed Future Legume Innovation Laboratory/USAID	24 al 28 de julio
Inga. Agra. Angela Nadezhda Miranda Mijangos				
Inga. Agra. Ángela Nadezhda Miranda Mijangos	"Conferencia de investigación de leguminosas de grano"	Burkina Faso del Continente de África	Proyecto SO1.A1 Genetic Improvement of Middle American Climbing Beans Guatemala	13 al 18 de agosto
Inga. Agra. Jessica Raquel Moscoso Alfaro				
Inga. Agra. Karen Adriana Agreda Hernández				

Participante	Capacitación	Lugar	Organizador/ Financiante	Fecha
Ing. Agr. Leonel Abraham Esteban Monterroso	"Curso específico anual de plataformas"	El Batán, Texcoco, México	CIMMYT	21 al 24 de agosto
Ing. Agr. Elmer Adolfo Estrada Navarro				
Ing. Agr. Eduardo Rodrigo Fuentes Navarro				
Ing. Agr. Oscar Antonio Xutuc Castillo				
Ing. Agr. Tomas Silvestre García				
Ing. Agr. José Arnulfo Vásquez Rivas				
Ing. Agr. Luis Américo Márquez Hernández	"Mejoramiento del ambiente del cultivo en tierra a través de la utilización eficiente de los abonos orgánicos y biológicos"	Tegucigalpa, Honduras	Proyecto KoLFACI	28 y 29 de agosto
M.V. Elder Roderico Fajardo Roca	"Redacción Científica"	Centro Regional de Investigación del Oriente CIOR-Zacapa	Proyecto CRIA-ICTA	28 al 31 de agosto
Ing. Agr. Edwin Leonel Argueta Ventura				
Ing. Agr. David Alejandro Valdez Cancinos				
Inga. Agra. Angela Nadezhda Miranda Mijangos				
Ing. Agr. Juan Carlos Sis Pérez				
P.A. Daniel Gerardo Peinado Monroy				
P.C. Marco Antonio Colocho González				
Br. Rodolfo Antonio Rodríguez Menjívar				
Ing. Agr. Mairor Rocael Osorio				
Ing. Agr. Héctor Danery Martínez Figueroa				
Ing. Agr. Luis Miguel Salguero Morales				
Ing. Agr. José Emerio Portillo Paz				

Participante	Capacitación	Lugar	Organizador/ Financiante	Fecha
Ing. Agr. Dulce Alexandra Saravia	"Redacción Científica"	Centro Regional de Investigación del Oriente CIOR-Zacapa	Proyecto CRIA-ICTA	28 al 31 de agosto
Ing. Agr. Juan Josué Santos Pérez				
Ing. Agr. Rudy Estuardo Tení Cacao				
Ing. Agr. Héctor Hugo Ruano Solís				
MEPU. Carlos Alberto Palma García				
Br. Flavio Joel Cabrera Ávila				
Ing. Agr. José Luis Sagüil Barrera				
Ing. Agr. Edgar Edgardo Carrillo Ramos				
Ing. Agr. Saúl Edín Pérez Batz				
Ing. Agr. José Hiram Cúa				
Inga. Agr. Myriam Consuelo Escobar Molina				
Lic. Julio Alexander Jocol Villalobos				
Licda. Guisela María Rojas Arellano				

6. Participación de personal en eventos

Participante	Evento	Lugar	Organizador/ Financiante	Fecha	
Licda. Lidia Guadalupe Tello De La Fuente	LXII Reunión Anual del PCCMCA	San Salvador, El Salvador	HarvestPlus	14 al 20 de mayo	
Inga. Agr. Edgar Edgardo Carrillo Ramos			Proyecto SO1.A1 Genetic Improvement Of Middle-American Climbing Beans for Guatemala		
Inga. Agr. Jessica Raquel Moscoso Alfaro					
Inga. Agra. Karen Adriana Agreda Hernández					
Ing. Agr. José Luis Saguil Barrera					HarvestPlus/ FUNDIT
Ing. Agr. Adalberto Maximino Alvarado Calderón					HarvestPlus
Ing. Agr. Luis Antonio Huinac Barrios					HarvestPlus / KoLFACI
Ing. Agr. Julio Antonio Franco Rivera	Reunión de trabajo Proyecto HarvestPlus LAC	CIAT Km. 17, Recta Cali-Palmira, Colombia	Proyecto HarvestPlus LAC	12 al 16 de junio	
Ing. Agr. Erick Ricardo Aguilar Castillo					
Ing. Agr. Enrique Gustavo Mejía Chojolán					
Licda. Lidia Guadalupe Tello De La Fuente					
Ing. Agr. Edwin Leonel Argueta Ventura					
Ing. Agr. Luis Antonio Huinac Barrios					
Inga. Agra. Ángela Nadezhda Nicté Miranda Mijangos					
Inga. Agra. María de los Ángeles Mérida Guzmán	"Planificación para la conservación de parientes silvestres de cultivos mesoamericanos"	Ciudad de México	Program Officer, Plants for People	19 al 21 de junio	
Ing. Agr. Luis Antonio Huinac Barrios	"Análisis Multivariado de Datos aplicado en Agronomía y ciencias afines"	USAC	ICTA	24 al 27 de julio	

Participante	Evento	Lugar	Organizador/ Financiante	Fecha
Inga. Agr. Virginia Adelsuvia Piril Gaitán	"Análisis Multivariado de Datos aplicado en Agronomía y ciencias afines"	USAC	ICTA	24 al 27 de julio
Ing. Agr. Erick Ricardo Aguilar Castillo				
Ing. Agr. José Carlo Figueroa Cerna				
Ing. Agr. Eddy Rodolfo Ixcotoyac Cabrera	"Establecimiento del modelo de mejoramiento del manejo post-cosecha de los cultivos hortícolas"	Lima, Perú	Proyecto KoLFACI	25 al 27 de septiembre
Inga. Agr. Olga Vanessa Illescas Contreras				
Ing. Agr. Erick Ricardo Aguilar Castillo				

7. Informe financiero

El cuadro refleja los aportes totales al Instituto, tanto del gobierno, como los ingresos que el ICTA generó producto de los diferentes servicios prestados durante el ejercicio fiscal. De acuerdo a las normas contables que rigen el sistema de contabilidad integrado SICOIN, la fuente de financiamiento 11 muestra que de los Q.33,300,000.00 recibidos se ejecutó el 99.5%.

Fuente de Financiamiento	Nombre de la Fuente de Financiamiento	Asignado	Recibido	Gastado
11	Ingresos Corrientes	35,000,000.00	33,300,000.00	33,018,274.42
31	Ingresos Propios	3,500,000.00	3,885,318.72	1,914,171.71
32	Disminución de Caja y Bancos de Ingresos Propios	2,765,000.00	2,765,000.00	1,794,506.53
	Total	41,265,000.00	39,950,318.72	36,726,952.66

REPORTE: R00804109.rpt

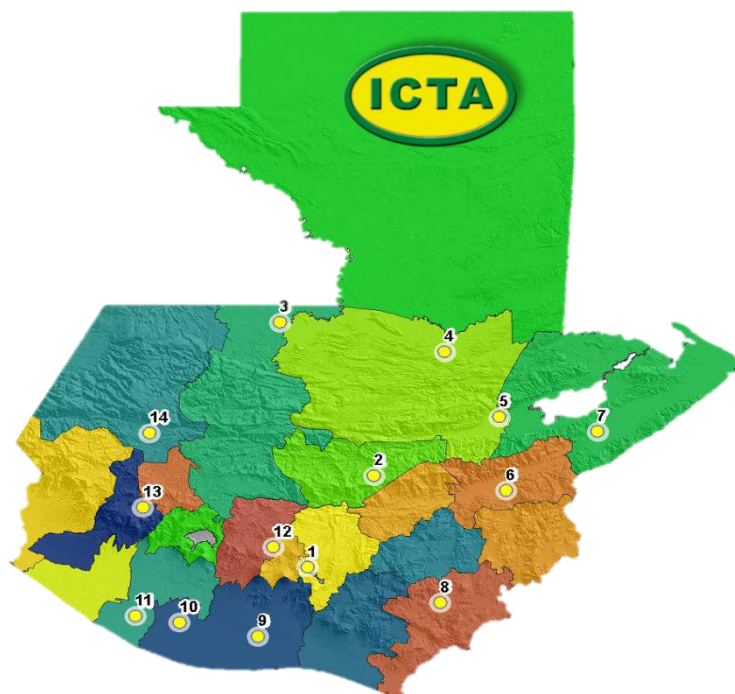
REPORTE: R00805951.rpt

Agradecimiento especial a todos los aliados que contribuyeron en la ejecución de proyectos y actividades durante el ejercicio fiscal 2017



Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

Centros y subcentros regionales de investigación



- 1. Oficinas Centrales**
Km. 21.5 Carretera al Pacífico,
Bárceñas, Villa Nueva, Guatemala,
C.A.
Tel. PBX 6670-1500
- 2. Centro Regional de Investigación del Norte -CINOR-**
Km. 146.5 Carretera a San Jerónimo,
San Jerónimo, Baja Verapaz
Tels. 7940-2903 / 4072-3741
- 3. CINOR - Playa Grande**
Zona 2, Playa Grande, Ixcán, El Quiché
Tel. 4072-4091
- 4. CINOR - Fray Bartolomé de las Casas**
4a avenida 3-97 zona 2, Barrio Magisterio, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz
Tel. 7952-0117
- 5. CINOR-Panzós**
Finca Boca Nueva, Panzós
Alta Verapaz
- 6. Centro Regional de Investigación del Oriente -CIOR-**
Finca El Oasis, Estánzuela, Zacapa
Tels. 5514-0360 / 4072-5943
- 7. CIOR - Cristina**
Km. 210 carretera al Atlántico,
Finca Cristina, Los Amates, Izabal
Tel. 5303-9109
- 8. CIOR - Jutiapa**
Aldea Río de La Virgen, Jutiapa,
Jutiapa Tel.7792 9103 / 4072-4245
- 9. Centro Regional de Investigación del Sur -CISUR-**
Km. 83.5 antigua carretera al Puerto de San José. Cuyuta, Masagua, Escuintla
Tel. 4072-3071
- 10. CISUR - Nueva Concepción**
Parcela A 49, calle del banco, sector urbano,
Nueva concepción, Escuintla
Tel. 4072-3055
- 11. CISUR – La Máquina**
Parcela A-5, San José La Máquina,
Suchitepéquez.
Tel. 4072-2764
- 12. Centro Regional de Investigación del Altiplano Central -CIALC-**
1ª. Calle 3-85 zona 9, La Alameda, Sector B,
Chimaltenango, Chimaltenango.
Tel. 7839-1813
- 13. Centro Regional de Investigación del Altiplano Occidental -CIALO-**
Estación experimental Labor Ovalle, Km. 3.5
carretera a Olintepeque, Quetzaltenango
Tels. 7763-5097 / 7763-5436
- 14. CIALO - Huehuetenango**
9ª. Calle 7-37 Cantón San José zona 5,
Huehuetenango, Huehuetenango
Tel. 7762-7637