



Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria



## **CRIA Oriente Cadena de Frijol**

**Evaluación de nueve líneas avanzadas y dos variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) color negro, con tolerancia a virus del mosaico dorado amarillo, sequía y alto contenido de hierro, en tres localidades del Corredor Seco.**

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

**Ing. Agr. Edson Francisco Sandoval Gálvez  
Investigador Asociado  
CUNORI-USAC**

**Ing. Agr. Silas Estuardo Sancé Cabrera  
Investigador Auxiliar  
CUNORI-USAC**

Chiquimula, Guatemala, agosto de 2018



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

## Contenido.

1.	Introducción	1
2.	Marco teórico	2
2.1	El mejoramiento genético del frijol en Guatemala	3
2.2	Actualidad de la producción del cultivo de frijol en Guatemala	5
3.	Objetivos	8
4.	Hipótesis	8
5.	Materiales y Métodos	9
6.	Resultados y discusión	13
7.	Conclusiones	20
8.	Recomendaciones	20
9.	Bibliografía consultada	20
10.	Anexos	23

## **Siglas y acrónimos**

BGYMV: Bean golden yellow mosaic virus  
CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
CIAT: Centro de Internacional de Agricultura Tropical  
CIMMYT: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo  
CIP: Centro Internacional de la Papa  
COSUDE: Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación  
CRSP: Collaborative Research Support Programs  
CUNORI: Centro Universitario de Oriente  
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación  
ICTA: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.  
ICRISAT: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics  
IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura  
INE: Instituto Nacional de Estadística  
INIAS: Institutos Nacionales de Investigación Agropecuaria  
MAGA: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación  
PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
PRECODEPA: Programa Regional Cooperativo de Papa  
USAC: Universidad de San Carlos de Guatemala  
USAID: Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional  
USDA: United States Department of Agriculture  
VMDAF: Virus del mosaico dorado amarillo del frijol

# **Evaluación de nueve líneas avanzadas y dos variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) color negro, con tolerancia a virus del mosaico dorado amarillo, sequía y alto contenido de hierro, en tres localidades del Corredor Seco de Guatemala, 2016**

Ing. Agr. José Luis Ságuil Barrera<sup>1</sup>  
Ing. Agr. Edson Francisco Sandoval Gálvez<sup>2</sup>  
Ing. Agr. Silas Estuardo Sancé Cabrera<sup>3</sup>

## **RESUMEN**

Por la importancia del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la alimentación de la población guatemalteca, porque constituye una importante fuente de nutrientes como el hierro, este cultivo merece ser mejorado en los aspectos nutricionales (incremento en el aporte de vitaminas y minerales) y de producción (incremento en el rendimiento). El ICTA trabaja constantemente a través del Programa de Frijol, en la obtención de líneas mejoradas que contribuyan a solventar la problemática de enfermedades y condiciones ambientales adversas que presenta actualmente el cultivo (como el virus del mosaico dorado amarillo del frijol) con la finalidad de producir variedades mejoradas de frijol biofortificadas y de alto potencial de rendimiento. Estas líneas que poseen diferentes procedencias pasan por una serie de eventos de selección para dichos problemas a fin de lograr variedades que contribuyan con la mejora de la nutrición de la población. Con este trabajo, se evaluaron nueve líneas avanzadas de frijol negro, producidas por el Programa de Frijol del ICTA, procedentes de selecciones para la resistencia al mosaico dorado, resistencia a sequía y alta cantidad de los minerales hierro y cinc. Los resultados de la evaluación en tres localidades de los departamentos de Chiquimula y Zacapa, indican que las líneas ICTA Ju-2013-41 e ICTA Ju-2013-40 presentaron los mayores niveles de producción de 4103.33 y 3805.37 kg/ha respectivamente, que se encuentran sobre la media del rendimiento nacional, además de manifestar ciclo de vida intermedio y niveles de resistencia al mosaico dorado.

---

<sup>1</sup> Investigador Principal [jlsaguil@icta.gob.gt](mailto:jlsaguil@icta.gob.gt)

<sup>2</sup> Investigador Asociado [efsg3690@outlook.com](mailto:efsg3690@outlook.com)

<sup>3</sup> Investigador Auxiliar [estuardocabrera\\_16@hotmail.com](mailto:estuardocabrera_16@hotmail.com)

**Evaluation of nine advanced lines and two varieties of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with tolerance to the bean golden yellow mosaic virus, drought tolerance and high iron content, in three locations of the dry corridor of Guatemala, 2016**

Ing. Agr. José Luis Ságuil Barrera<sup>1</sup>  
Ing. Agr. Edson Francisco Sandoval Gálvez<sup>2</sup>  
Ing. Agr. Silas Estuardo Sancé Cabrera<sup>3</sup>

**ABSTRACT**

Due to the importance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the nourishment of Guatemalan people because it constitutes an important source of nutrients such as iron, this crop deserves to be improved in the nutritional aspects (increasing the contribution of vitamins and minerals) and in production (increase of seed yield). ICTA works constantly throughout the dry bean breeding program, obtaining improved lines that will contribute to solve the problems of diseases and hostile environmental conditions that faces the crop nowadays (such as the bean golden yellow mosaic virus) with the purpose of developing improved varieties of biofortified beans and with high yield performance. These lines that have different origins go through a series of events of selection for those problems, with the purpose of achieving varieties that will contribute with the improvement of nourishment in the population. With this research, we evaluated nine advanced lines of black beans, developed by the dry bean breeding program of ICTA, coming from selections with resistance to the common bean golden yellow mosaic virus, drought resistance, and high amount of minerals such as iron and zinc. The results of this evaluation in three different locations of the departments of Chiquimula and Zacapa, indicate that the lines ICTA Ju-2013-41 and ICTA Ju-2013-40 have the highest levels of seed yield with 4103.33 and 3805.37 kg/ha, respectively. These lines are above the national average of seed yield, additionally, they showed an intermediate life cycle and intermediate levels of resistance to the bean golden yellow mosaic virus.

---

<sup>1</sup> Investigador Principal [jlsaguil@icta.gob.gt](mailto:jlsaguil@icta.gob.gt)

<sup>2</sup> Investigador Asociado [efsg3690@outlook.com](mailto:efsg3690@outlook.com)

<sup>3</sup> Investigador Auxiliar [estuardocabrera\\_16@hotmail.com](mailto:estuardocabrera_16@hotmail.com)

## 1. INTRODUCCION.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es una leguminosa importante en la dieta de los guatemaltecos. En el país, el frijol ocupa el segundo lugar después del maíz, tanto por la superficie sembrada como por la cantidad que consume la población. Para el año 2015 se reporta el cultivo de 79,706 hectáreas de las que se produjeron 1,282,900 quintales (INE, 2016; SESAN 2018; Villatoro, Castillo y Franco, s.f.). Para el caso del consumo, Aldana (2010) indica que existe una ingesta diaria promedio para adultos de 423 gramos por día de maíz y 58 gramos por día de frijol. Además, indica que el consumo de frijol aparente anual per cápita para el país se calcula en 9.4 kilogramos y que los niveles de consumo varían de acuerdo con el estrato económico de los consumidores, y su localización geográfica, por lo que es en el área rural y en los estratos con bajos ingresos económico donde se produce el mayor consumo de frijol por día.

Uno de los principales problemas que enfrentan los productores de frijol común (*P. vulgaris L.*) en el “corredor seco” (región climatológica con alto riesgo de sequías, que abarca los departamentos de El Quiché, Baja Verapaz, Guatemala, El Progreso, Zacapa, Jalapa, Chiquimula y Jutiapa) de Guatemala es el virus del mosaico dorado amarillo (BGYMV), que desde hace décadas ha causado pérdidas que van desde el 30 al 100% en la producción, en zonas cálidas bajo los 1200 msnm. Otra limitante es la sequía asociada al fenómeno de “El Niño” que, en el año 2015, causó pérdidas que ascienden en algunos lugares de Centroamérica hasta el 80% de la producción total de frijol. El corredor seco de Guatemala es una de las zonas más afectadas por las condiciones de sequía prevalecientes (Voystest, 2000; Morales y Castaño, 2008; IICA, 2008).

De acuerdo con registros de producción de frijol en Guatemala, los rendimientos de grano de frijol son bajos. Durante el período que va de los ciclos agrícolas 2007-2008 al 2013-2014, se registra un rendimiento promedio de frijol de 890 kg/ha (13.71 qq/mz) para los siete años reportados (MAGA, 2014), que son el reflejo de los problemas de producción del cultivo, por lo que amerita desarrollar acciones que generen un cambio positivo y uno de ellos siempre debe ser enfocado en la investigación.

Como medida para contrarrestar las limitantes ambientales que actualmente se presentan en las zonas de producción de frijol en Guatemala, el ICTA mantiene un proceso constante de investigación, que contribuya a generar nuevas tecnologías y germoplasma de frijol común, adaptados a las condiciones ambientales de la región (ICTA 2011). Actualmente se cuenta con nueve líneas avanzadas de frijol que presentan características de alto potencial de rendimiento tolerancia al mosaico dorado (BGYMV), sequía y alto contenido de hierro, que ayudarán a incrementar la productividad y el consumo de este mineral en la dieta de la población. Estas líneas avanzadas requieren ser evaluadas bajo condiciones de producción que poseen los agricultores en su finca.

## 2. MARCO TEÓRICO.

El frijol común *P. vulgaris* L. es una especie vegetal de origen americano. México, Guatemala y Perú son los posibles centros de origen, o al menos como los centros de diversificación primaria. Hallazgos arqueológicos en sus posibles centros de origen México, Centroamérica y Sudamérica indican que el frijol era conocido por lo menos unos 5,000 años antes de la era cristiana (Aldana, 2010)

Desde el punto de vista taxonómico el frijol es el prototipo del género *Phaseolus*. Su nombre científico completo fue designado por Lineo en 1753 como *Phaseolus vulgaris* (Aldana, 2010). Con base en la jerarquía taxonómica, el género *Phaseolus* pertenece a la División Tracheophyta (plantas vasculares), Clase Magnoliopsida, Orden Fabales y Familia Fabaceae. Éste incluye 12 especies y seis variedades, de las cuales se cultivan cuatro: *Phaseolus vulgaris* L., *P. coccineus* L., *P. lunatus* L. y *P. acutifolius* A. Gray (ITIS 2019 y Aldana, 2010).

El frijol es una especie que presenta variabilidad genética, existiendo de cultivares que producen semillas de los más diversos colores, formas y tamaños. Si bien el cultivo se destina mayoritariamente a la obtención de grano seco, tiene una importante utilización hortícola, ya sea como ejote verde o como ejote con granos. Estos últimos productos se destinan fundamentalmente al mercado fresco, a la industria de alimentos congelados y a la elaboración de recetas tradicionales guatemaltecas (Villatoro, Castillo y Franco, s.f.).

En Guatemala, el frijol es uno de los componentes básicos de la dieta alimenticia de la mayoría de la población, especialmente de escasos recursos. Este grano contiene 22% de proteínas de alta digestibilidad, es un alimento de alto valor energético, contiene alrededor de 70% de carbohidratos totales y además aporta cantidades importantes de minerales los minerales calcio, magnesio y hierro, así como vitaminas A, B (B1-Tiamina y B2-Rivoflavina) y C (ácido ascórbico).

El frijol es uno de los granos básicos más importantes para la dieta alimenticia de los guatemaltecos, especialmente para las familias que viven en áreas rurales en donde los índices de desnutrición aguda son mayores comparados con las zonas urbanas (SESAN, 2008).

En el país, dentro de los granos básicos, el frijol ocupa el segundo lugar después del maíz, tanto en superficie sembrada como por la cantidad que consume la población. El frijol se cultiva a nivel nacional variando, desde luego, el área de siembra, los rendimientos y las tecnologías de manejo de una región a otra. El cultivo de frijol se adapta a altitudes desde 0 hasta 2,500 metros sobre el nivel del mar. Por esta razón han desarrollado variedades adaptadas a esas diversas condiciones, divididas en estratos, de 0 a 1,500 metros y a altitudes superiores a los 1,500 metros (Villatoro, Castillo y Franco, s.f.).

En Guatemala durante el año 2015 se cultivaron 79,706 (CV 12.8%) hectáreas con cultivo de frijol, área de la que se obtuvo una producción total 1,282,900 quintales que da como resultado un rendimiento promedio de 16.10 quintales por hectárea (0.73 Ton ha/ha). Esto coloca al frijol como el segundo cultivo de granos básicos con mayor área sembrada en el territorio nacional después del cultivo de maíz (INE, 2016).

El proceso de generación de nuevas tecnologías que mejoren los rendimientos y condiciones de manejo del cultivo de frijol común debe fortalecerse para encontrar alternativas

de solución a los principales problemas que enfrentan los productores y contribuir así al desarrollo agrícola del país (ICTA 2011).

La evaluación de cultivares en campo es un proceso que debe realizarse constantemente para generar nuevas tecnologías y germoplasma de frijol común (*P. vulgaris L.*) adaptados a las condiciones ambientales de la región y las condiciones adversas como la sequía, las plagas y enfermedades que desarrollan resistencia a los agroquímicos utilizados para su control (ICTA 2011).

## **2.1 El mejoramiento genético del frijol en Guatemala.**

La investigación en frijol en Guatemala se inició en 1949 año en que se hicieron los primeros ensayos comparativos de rendimiento en la Alameda, Chimaltenango con material genético introducido de Estados Unidos. Con la creación del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), a comienzos de la década del 1970, inicia la investigación en frijol en Guatemala (Voysesst, 2000).

Se realizó la primera recolección de germoplasma nacional criollo en 1951. En 1954 se reportó que los principales problemas del cultivo del frijol en el altiplano eran causados por *Colletotrichum lindemuthianum*, *Uromyces phaseoli*, *Ramularia* sp., y mosaico común. Para las zonas bajas se reportó como problema *U. phaseoli*, mosaico amarillo y tizón (Villatoro et al., 2011).

A principios de la década de 1970 el cultivo del frijol había sido abandonado por los agricultores del sur-oriental, principalmente por el ataque del virus del mosaico dorado, transmitido por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). En 1973 el Programa de Frijol del ICTA inició sus trabajos en el campo experimental de Monjas, Jalapa y enfocó principalmente su objetivo hacia la obtención de variedades resistentes al virus del mosaico dorado. En 1976 se ampliaron los trabajos en la región del altiplano, en el Centro Experimental de Chimaltenango (Villatoro et al., 2011).

Por esta razón puede decirse que uno de los primeros problemas a estudiar fue la enfermedad del mosaico dorado que empezaba a insinuarse como una de las mayores limitantes de la producción en áreas abajo de los 1000 metros de altitud. Esta enfermedad se registró por primera vez en Guatemala en 1970 y para mediados de la década, ya era considerado el principal problema de la zona sur-oriental del país (Voysesst, 2000).

El mosaico dorado amarillo (BGYMV), es uno de los principales problemas que afecta la producción de frijol en la región, donde causa grandes pérdidas (Morales y Castaño, 2008). Es la enfermedad viral más importante en América Central; puede causar pérdidas entre 30 y 100% dependiendo de la edad de la planta y la población de mosca blanca (*Bemisia tabaci*). El mosaico dorado amarillo (BGYMV) afecta siembras en zonas con 25-30 °C y bajo los 1.200 msnm. Las plantas son afectadas desde las dos semanas de la siembra y los síntomas empiezan a notarse cinco días después de la invasión de mosca blanca, el vector del virus (IICA, 2008).

De acuerdo con Rosas et. al. (2004), desde 1980 se desarrolló una intensa actividad de mejoramiento genético en el frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en Centroamérica y México, en el que tomaron parte una variedad de actores que van desde científicos, técnicos y agricultores. El aporte institucional lo dieron los Programas de Frijol del CIAT, la Universidad de Puerto Rico

y la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano de Honduras en relación con los programas nacionales de los Institutos de Investigación. Por su parte el apoyo económico fue proporcionado por la Agencia Suiza para el Desarrollo (COSUDE) a través del Programa PROFRIJOL y de USAID, a través del Programa Bean/Cowpea CRSP.

Como resultado al trabajo de mejoramiento genético regional realizado se tiene la liberación de variedades mejoradas con caracteres de resistencia o tolerancia a los principales problemas de productor como por ejemplo al mosaico dorado amarillo del frijol (VMDAF) y otros factores de beneficio. Estas variedades están beneficiando a los productores de frijol quienes las adaptaron por mejorar la productividad, por los amplios rangos de adaptación y una mejor respuesta al uso de insumos y prácticas de manejo del cultivo (Rosas et al, 2004).

Los trabajos más exitosos de mejoramiento genético han sido realizados en Centroamérica, por medio de un proyecto iniciado en 1974 y desarrollado entre el CIAT y el ICTA, financiado por USAID, PNUD y el gobierno suizo (Morales, 2000).

Cada año las plagas y enfermedades son más resistentes a los productos convencionales utilizados por los productores, las sequías parecen intensificarse y son evidentes problemas nutricionales relacionados al bajo consumo de hierro.

En Guatemala se ha logrado un avance considerable en el uso de cultivares con resistencia a mosaico común y mosaico dorado. Paralelamente la importancia de conseguir cultivares con alto potencial de rendimiento, precocidad y buena arquitectura, sigue siendo relevante para el país. Así mismo que posean tolerancia o resistencia a factores bióticos como bacteriosis, mustia hilachosa, mancha angular, antracnosis, picudo de la vaina y factores abióticos como altas temperaturas, baja fertilidad y estrés hídrico (Villatoro *et al.*, 2011).

De acuerdo a Villatoro *et al.*, (2011), el estrés hídrico es una de las mayores limitantes en el cultivo de frijol ya que más del 60% del área sembrada en el mundo sufre de este factor. Por lo que lograr cultivares con estas características, facilitaría su adopción masiva permitiendo mayor productividad, un ciclo fenológico más corto, reducción de costos de producción y un mayor ingreso para los agricultores. A nivel general, la zona ganaría, mayor disponibilidad de grano y un impacto ambiental, económico y social favorable.

El ICTA, en búsqueda del cumplimiento de su objetivo institucional de generar y promover tecnología para mediano y pequeños productores, ha logrado, con el respaldo y apoyo del CIAT, así como también con el esfuerzo de instituciones nacionales y de los agricultores beneficiarios, desarrollar tecnología en germoplasma mejorado (Villatoro *et al.*, 2011).

Desde 1976, el ICTA ha liberado las siguientes variedades frijol para los ambientes del trópico bajo (0 a 1,200 msnm) y del altiplano (arriba de los 1,200 msnm).

1. San Martín.
2. Quinak Che.
3. Parramos.
4. ICTA Texel.
5. Guate 1201.
6. ICTA Altense.
7. ICTA Hunapú.

8. Quetzal.
9. Tamazulapa.
10. Ostúa.
11. Doricta.
12. Jutiapán.
13. Chapina.
14. Santa Gertrudis.
15. ICTA Ligerero.
16. ICTA Petén.
17. ICTA Sayaxché.
18. ICTA Texel.
19. ICTA Superchiva.
20. ICTA Chortí<sup>ACM</sup>

Este germoplasma mejorado ha satisfecho la expectativa de los productores por las características de resistencia o tolerancia a enfermedades, estabilidad de rendimiento, precocidad, tolerancia a la sequía y productividad entre otras.

Los retos en el mejoramiento genético se mantienen y es por esa razón que en la actualidad el ICTA trabaja en aspectos como la tolerancia a la sequía, la biofortificación (variedades de frijol que ofrezcan disponibilidad de minerales como hierro y zinc en niveles que impacten positivamente en la nutrición humana), resistencia o tolerancia a enfermedades como la mustia hilachosa y a plagas como el picudo de la vaina (*Trichampion godmani*) (Coleoptera:Curculionidae), la chicharrita o lorito verde *Empoasca* spp. (Homoptera:Cicadellidae), la chimilca o babosa (*Sarasinula plebeia*) (Molusca:Veronicellidae).

## 2.2 Actualidad de la producción del cultivo de frijol en Guatemala.

De acuerdo con el MAGA (2014), en Guatemala la producción de frijol negro se realiza en tres ciclos de cultivo: el primero entre mayo y junio y cuya cosecha se obtiene en agosto, el segundo que va de agosto y septiembre que se cosecha entre noviembre y diciembre, mientras que el tercero va de noviembre a marzo.

En lo referente a la producción por departamentos, Petén es el departamento que genera la mayor producción nacional de frijol, el 27% del total, le siguen Jutiapa, con 13%; y Chiquimula, con 10%; lo que significa que entre estos tres departamentos logran el 50% de la producción nacional. Mientras que, a nivel de municipios, San Luis, La Libertad, Sayaxché y Poptún del departamento de Petén son los mayores productores de frijol, con 8.8%, 6.2%, 5.9% y 2.9% del total nacional, respectivamente. Les siguen en importancia, los municipios de Jutiapa (2.4%), Quezaltepeque (2.1%), Ipala (1.8%), San Luis Jilotepeque (1.7%), Agua Blanca (1.5%) y Jalapa (1.5%). Entre estos diez municipios alcanzan casi el 35% de la producción nacional de frijol (MAGA, 2014).

Con respecto a la producción del grano nacional, para el año agrícola 2013/2014, se estima una producción de frijol de 4,966.7 miles de quintales. La producción del grano se incrementó en un 2.7%, en relación con la del año 2012/2013 (MAGA, 2014).

El resumen de la información de la producción de frijol en el período de siete años, entre los años agrícolas 2007/2008 al 2013/2014, presentado en el Cuadro 1, muestra que existe un incremento anual en el área cosechada del 10.9% que, aunado al incremento en el rendimiento, de 4.6%, se manifiesta en el aumento en la producción de grano hasta el 16%.

**Cuadro 1:** Registros de producción anual de frijol en Guatemala, durante el período del 2007/2008 al 2013/2014.

Año agrícola *	Área cosechada (manzanas)	Producción (quintales)	Rendimiento (qq/mz)
2007/2008	313,105.40	4,281,316.23	13.67
2008/2009	328,000.00	4,401,238.10	13.42
2009/2010	336,500.00	4,367,659.70	12.98
2010/2011	336,756.00	4,610,827.50	13.69
2011/2012	339,200.00	4,704,200.00	13.90
2012/2013 p/	345,400.00	4,836,800.00	14.00
2013/2014 e/	347,200.00	4,966,700.00	14.30

Fuente: Agro en Cifras 2013, DIPLAN-MAGA (MAGA, 2014)

\*Corresponde el período de mayo a abril del año siguiente

p/cifras preliminares. e/cifras estimadas

### La desnutrición y los cultivos biofortificados.

El cuerpo necesita al hierro, en otras, para desarrollar las funciones de producir las proteínas hemoglobina y mioglobina. La hemoglobina se encuentra en los glóbulos rojos y la mioglobina se encuentra en los músculos. Ellas ayudan a llevar y almacenar oxígeno en el cuerpo. Además, el hierro también es parte de muchas otras proteínas y enzimas en el cuerpo. Su presencia es necesaria en una cantidad adecuada de hierro. Los cuerpos con bajos niveles de hierro desarrollan anemia por deficiencia de hierro. Las causas de esta deficiencia incluyen pérdida de sangre, dieta deficiente con bajos niveles de este mineral o incapacidad de absorber suficiente hierro de los alimentos (MedlinePlus, 2019).

La anemia por deficiencia de hierro es una de las carencias nutricionales más frecuentes en el mundo. Su presencia afecta la respuesta inmune y la resistencia a las infecciones, el metabolismo del músculo, el desarrollo intelectual, la capacidad cognitiva y de trabajo, y la regulación de la temperatura corporal. Así como el retraso de talla con peso normal o elevado respecto de su talla actual es la forma prevalente de malnutrición en los niños, la deficiencia de hierro es la forma prevalente del déficit de micronutrientes. Ambas situaciones pueden coexistir en los mismos individuos, estratos sociales y regiones, por otro lado, la deficiencia de micronutrientes en individuos aparentemente sanos suele pasar inadvertida y puede traer consecuencias críticas en la salud (Kogan, L., et al. 2008.)

La deficiencia de hierro es la principal causa de anemia cuya prevalencia indica que esta es la más ampliamente distribuida en el mundo. El estimativo de anemia global es alrededor del 30%, (2,000 millones de personas). Es mayor en países del sur de Asia y África (44 a 56%), y en Asia oriental y Latinoamérica (20 a 26%), que en países industrializados (8-12%). El déficit

de hierro puede ser mayor que la anemia ya que pueden coincidir niveles adecuados de hemoglobina con cantidad muy baja en ferritina. La deficiencia ocurre principalmente en mujeres en edad fértil y niños.

La ferritina es una proteína que almacena el hierro en las células. El hierro es necesario para la producción de glóbulos rojos sanos. Los glóbulos rojos transportan oxígeno de los pulmones al resto del cuerpo. El hierro también es importante para la salud de los músculos y el funcionamiento de la médula ósea y los órganos. El exceso o la insuficiencia del hierro en el cuerpo puede causar problemas de salud graves si no se tratan (MedlinePlus, 2018).

De acuerdo con la FAO, a través de los perfiles nutricionales por país (FAO, 2010), la disponibilidad de alimentos en Guatemala ha sido afectada principalmente por los eventos naturales y las políticas económicas agrarias inadecuadas. Estas limitaciones en el sector productivo agrícola guatemalteco explican por qué el comportamiento del suministro de energía alimentaria en los últimos años ha sido inestable y ha mantenido un incremento a una tasa muy cercana a la de las necesidades nutricionales, lo que representa un riesgo de insuficiencia si se considera la distribución desigual de estos suministros en la población. La tendencia a las importaciones ha sido al incremento, principalmente de cereales, lácteos y grasas de origen animal (FAO, 2010).

Una de las principales causas es el patrón alimentario en Guatemala, que se basa principalmente en el maíz, los azúcares y los frijoles. La adecuación energética de la dieta está cercana al 90% y muestra deficiencias críticas de grasas, proteínas de origen animal y micronutrientes, principalmente en las regiones Altiplano, Norte y Centro y en las categorías de menor ingreso (FAO, 2010).

Según la ENSMI-2014-2015 (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social -MSPAS- Instituto Nacional de Estadística -INE- y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia -Segeplán-, 2017) una adecuada nutrición de las niñas y niños es esencial para su crecimiento, desarrollo y buena salud. En las mujeres es fundamental para: una buena salud y productividad en sus labores; para reducir el riesgo de infecciones, enfermedades y muerte; para ayudar a su recuperación de enfermedades; para reducir el riesgo de problemas en el embarazo y el parto; para asegurar el nacimiento de niñas y niños con un peso adecuado, y para la producción de leche materna. Es muy importante que las niñas y niños sean alimentados adecuadamente durante sus dos primeros años de vida.

Los datos que presenta la ENSMI para los distintos grados de desnutrición, en Guatemala, el total de niñas y niños con desnutrición crónica es de 47%, una disminución de apenas tres puntos porcentuales en comparación con los resultados de la ENSMI 2008-2009, en donde la prevalencia fue de 50 por ciento. Es de hacer notar que 17% de las niñas y niños se encuentra con desnutrición crónica severa. Según el grupo de edad, el porcentaje más elevado de niñas y niños con desnutrición crónica se observa en las edades de 18 a 23 meses (55%) y de 24 a 47 meses (51%). En la desnutrición crónica severa el grupo más afectado es el de 18 a 23 meses (23%). Por el contrario, el grupo con menor nivel de desnutrición crónica es el de cero a dos meses (27%).

El acceso económico a los alimentos es un problema para la mayoría de la población. La relación entre el ingreso *per capita* promedio para la población total y el costo de la Canasta Básica de Alimentos para una familia tipo es de aproximadamente 0,50. Esta misma relación en el caso del salario mínimo oficial es aún más precaria. En 1999 más de una cuarta parte de la población guatemalteca tiene ingresos per cápita inferiores a \$EE.UU. 1/día, es decir, en términos absolutos aproximadamente 2,8 millones de personas son extremadamente pobres, mientras que, más de la mitad cuenta con un ingreso per cápita inferior a \$EE.UU. 2/día, aproximadamente 6 millones de habitantes pobres. El acceso a agua potable constituye una de las necesidades básicas insatisfechas más importantes. Sólo el 67% de los hogares en el ámbito nacional dispone de agua por tubería. La prevalencia de enfermedades infecciosas continúa siendo muy altas, principalmente entre la población más vulnerable (FAO,2010).

La tendencia a la mejoría en las cifras de desnutrición reportadas pueden estarse sustentada en los siguientes factores: la suscripción en 1996 de los Acuerdos de Paz, los estímulos a la municipalización y la descentralización, la ampliación de las coberturas en educación y salud, el incremento del gasto público destinado a estos sectores y el crecimiento de la participación social de organizaciones no gubernamentales y de la sociedad civil organizada gracias al clima de conciliación y democratización (FAO,2010).

### **3. OBJETIVOS.**

#### **3.1. Objetivo General.**

Contribuir con el incremento en la productividad del cultivo de frijol negro de tipo arbustivo en la región oriental de Guatemala.

#### **3.2. Objetivo específico.**

- Determinar el rendimiento de grano y estabilidad ambiental de las líneas avanzadas de frijol negro con características de resistencia al virus del mosaico amarillo y alta calidad de minerales, en tres localidades del oriente de Guatemala.
- Identificar la o las líneas avanzadas de frijol negro superiores que sean consideradas para continuar en el proceso de generación de tecnología del ICTA.

### **4. HIPÓTESIS.**

**Ho:** Las líneas avanzadas de frijol negro evaluadas presentan similar potencial de rendimiento.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 5.1. Localidad y época.

Los ensayos se establecieron en tres comunidades: San Francisco, Ipala y el barrio La Tejera en la cabecera municipal de San Juan Ermita, ambas en Chiquimula y una más en El Porvenir, San Diego, Zacapa; todas ubicadas en el corredor seco de Guatemala. La ubicación geográfica de las localidades y las fechas de siembra de los ensayos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Localización geográfica de los sitios experimentales, evaluación de líneas avanzadas de frijol negro, Guatemala, 2016.

Localidad	Localización geográfica		Altitud (msnm)	Fecha de siembra
	Latitud norte	Longitud oeste		
San Francisco, Ipala, Chiquimula	14° 32' 37.35"	89° 41' 12.45"	837	26-agosto-2016
El Porvenir, San Diego, Zacapa	14° 46' 1.14"	89° 46' 7.60"	703	29-agosto-2016
Barrio La Tejera, San Juan Ermita, Chiquimula	14° 45' 41.33"	89° 26' 4.58"	583	4-sept-2016

Fuente: elaboración propia. 2016.

La época de siembra fue en el ciclo de segunda o postrera, entre la segunda quincena de agosto y la primera de septiembre y la cosecha entre los meses de noviembre y diciembre.

### 5.2. Diseño experimental.

La comprobación de la hipótesis planteada se realizó a través del establecimiento de un ensayo experimental en diseño de *Bloques completos al azar* (BCA) por localidad, en el que se evaluaron once tratamientos o líneas avanzadas en 3 repeticiones, por localidad.

### 5.3. Tratamientos.

Los tratamientos fueron nueve líneas avanzadas más dos testigos: una variedad comercial mejorada (ICTA Ligero) y una variedad local (cuadro 3).

**Cuadro 3.** Identificación de las líneas avanzadas de frijol negro a evaluar como tratamientos en las tres localidades del área de cobertura del Programa CRIA-Oriente. 2016.

No.	Tratamiento	Genealogía
1	ICTA JU 2013-2	SER95/SEN 46-2
2	ICTA JU 2013-10	ICTA Ligero/ Fe23823-1-10
3	ICTA JU 2013-40	SMN-40
4	ICTA JU 2013-41	SMN-41
5	ICTA JU 1439-4	ICTA Ostúa/DOR 390
6	ICTA JU 2014-23	SBCF 16170-23
7	ICTA JU 2014-04	SDFZ 16191-04
8	ICTA JU 2014-15	ICTA Ligero //ICTA Ligero /SEA15
9	ICTA JU 2014-11-3	ICTA Ligero /Fe23823-11-3
10	ICTA Ligero	CHAPINA/DOR385
11	Variedad local	

Fuente: Programa de Frijol, ICTA. 2016

Las líneas avanzadas que se evaluaron provienen de selecciones realizadas por el Programa de Frijol del ICTA, para contrarrestar el daño del frijol por parte del mosaico dorado, sequía y bacteriosis, utilizándose la variedad comercial ICTA Ligero como testigo para evaluar y comparar la resistencia de las líneas. También existen líneas que contienen la incorporación de genes que incrementan la biodisponibilidad del hierro a niveles adecuados para contribuir con la nutrición humana.

#### **5.4 Tamaño del área experimental.**

En cada localidad se ocupó un área experimental de 326.36 m<sup>2</sup>, definida por un lado de 19.6 m en dirección hacia donde se distribuyen los tratamientos y otro lado de 16.6 m en dirección hacia donde se distribuyen los bloques. Se dejó un metro en el contorno del área experimental.

##### **5.4.1 Tamaño de la unidad experimental.**

Estuvieron conformadas por un área de 6.72 m<sup>2</sup>, compuesta por cuatro surcos de cuatro metros con veinte centímetros de largo, distanciados a cuarenta centímetros entre surcos, sobre los cuales se establecieron las posturas a treinta centímetros entre cada una, donde se colocó tres semillas por postura.

##### **5.4.2 Tamaño de la parcela neta.**

La parcela neta consistió en un área de 2.88 m<sup>2</sup> y estuvo constituida por los dos surcos centrales de cada parcela experimental, sin contar con las dos posturas extremas de cada surco.

#### **5.5 Modelo estadístico.**

El modelo estadístico que corresponde al diseño experimental bloques completos al azar, se indica a continuación:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta de la  $ij$ -ésima unidad experimental, expresada en kg/ha.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima repetición.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

$i$  = 1, 2, 3 .... 11 tratamientos.

$j$  = 1, 2, 3 repeticiones.

## 5.6 Variables de respuesta.

- Rendimiento en kg/ha al 14% de contenido de humedad del grano.
- Tolerancia-susceptibilidad al BGYMV.
- Días a floración.
- Días a madurez fisiológica.
- Valor agronómico de la planta.
- Valor comercial del grano.

## 5.7 Análisis de la información.

### Análisis estadístico.

Se realizó el análisis de la información por medio del análisis de la varianza (ANDEVA) combinado entre las localidades a través de modelos lineales generales y mixtos, para la variable de rendimiento en kg/ha para determinar si existían diferencia significativa entre los tratamientos.

## 5.8 Manejo del experimento.

Las actividades de manejo agronómico generales a realizadas en los ensayos son las siguientes.

### Preparación del terreno.

Dos semanas antes de la cosecha se realizó el control de las malezas por medio de la aplicación de un herbicida no selectivo de amplio espectro, para eliminación de hierbas y de arbustos. Se aplicó *glifosato* (Round Up<sup>®</sup> 35.6 SL) en dosis de 1.7 litros/ha.

### Tratamiento de la semilla.

Previo a la siembra se realizó el tratamiento de la semilla. Se aplicó el tratador de semilla de uso en el frijol *imidacloprid+thiodicarb* (Blindage<sup>®</sup> 60 FS) en dosis de 2 ml por kilogramo de semilla.

## **Siembra.**

La siembra se realizó de forma manual, con uso del chuzo para la colocación de las semillas dentro del suelo. Las distancias utilizadas fueron las de 0.40 m entre surcos y 0.30 m entre postura, colocando 3 semillas por postura.

Las fechas de siembra para cada localidad fueron: 26 de agosto de 2016 en San Francisco, Ipala, Chiquimula; 29 de agosto de 2016 en El Porvenir, San Diego, Zacapa y 4 de septiembre de 2016 en La Tejera, San Juan Ermita, Chiquimula.

## **Fertilización.**

Entre 8 y 10 días después de la germinación, se realizó la fertilización, con la aplicación del fertilizante completo (N-P-K) en su presentación comercial de *Triple quince* en mezcla química, a razón de 260 kg/ha (4 qq/mz), en forma incorporada al suelo.

Las fechas de fertilización para cada localidad fueron: 8 de septiembre de 2016 en San Francisco, Ipala, Chiquimula; 9 de septiembre de 2016 en El Porvenir, San Diego, Zacapa y 19 de septiembre de 2016 en La Tejera, San Juan Ermita, Chiquimula.

Además, se hicieron dos aplicaciones de fertilizante foliar 11-8-6 más elementos menores (Bayfolan Forte<sup>®</sup>), a los 15 y 30 días después de la siembra en cada localidad, en dosis de 1.7 l/ha.

## **Control de malezas.**

El control de malezas se realizó al momento de la siembra, se aplicó el herbicida *paraquat* (Paraquat Alemán<sup>®</sup> 20 SL) en dosis de 1.7 l/ha, para favorecer el control de las malezas durante los primeros 30 días después de la germinación.

A los 30 días después de la siembra se realizó una aplicación de herbicida para el control químico de malezas, utilizando el producto *Fomesafen* (Flex<sup>®</sup> 25 SL) en dosis de 1.3 l/ha.

Para todas las aplicaciones de herbicidas se utilizó bombas de fumigar tipo Matabi Super 16, con boquilla de abanico plano de 110°.

## **Control de plagas.**

Se realizaron aplicaciones de insecticidas para controlar plagas que dañan el follaje, a los 15, 30 y 45 días después de la siembra. En las aplicaciones se utilizaron los productos *Thiacloprid* (Monarca<sup>®</sup> 11.25 SE) en dosis de 310 ml/ha y *deltametrina* (Decis 10<sup>®</sup> EC) en dosis de 100 ml/ha.

## **Control de Enfermedades.**

No se realizó practica alguna para el control de enfermedades ya que la resistencia a los patógenos es uno de los parámetros a evaluar en las líneas avanzadas.

## **Cosecha.**

La cosecha se realizó luego que las plantas llegaron a su madurez fisiológica, que se da cuando en las hojas el color varía desde el verde al verde amarillento, mientras que las vainas cambian de color, que según la variedad puede ser blanco crema, rojo morado o blanco crema con pintas. Esto indica que llegó el momento de cosechar o arrancar (ICTA 2011).

En el momento de la cosecha se registró el rendimiento de cada unidad experimental con el grado de humedad de grano de ese momento, para luego realizar la transformación del dato a kg/ha al 14% de humedad del grano. En primer lugar, se cosecharon las parcelas netas y luego las plantas que quedaron de relleno, utilizando costales plásticos debidamente identificados con la unidad experimental a la que correspondía cada uno. Las fechas de la cosecha por cada localidad fueron: 22 de noviembre de 2016 en San Francisco, Ipala, Chiquimula; 25 de noviembre de 2016 en El Provenir, San Diego, Zacapa y 29 de noviembre de 2016 en la localidad de La Tejera, San Juan Ermita.

De 5 a 7 días antes de la cosecha general en cada localidad, se tuvo la necesidad de cosechar dos de los cultivares evaluados, ya que presentaron mayor precocidad (ICTA Ligero y Ju-2014-23).

El control de actividades y registro de datos de cada ensayo se hizo en un libro de campo.

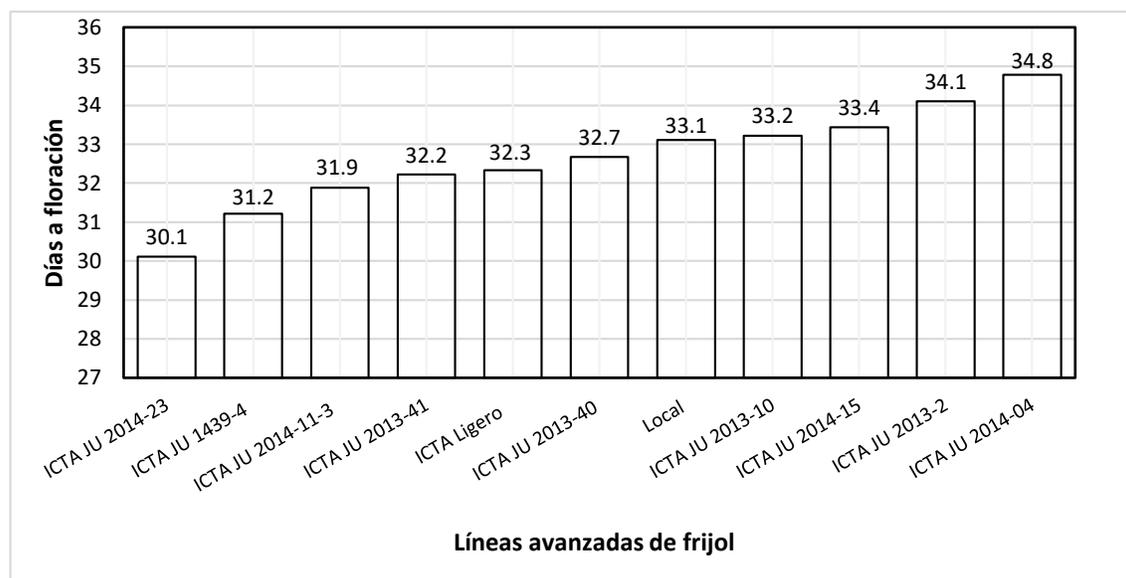
## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

El análisis de las variables días a floración, días a madurez fisiológica y rendimiento en kg/ha se realizó con el método de modelos lineales y mixtos combinando los datos obtenidos en las tres localidades. La variable resistencia-susceptibilidad al mosaico dorado (VMDAF) se analizó con la escala propuesta por el CIAT. La calidad de grano y relación beneficio-costo (B/C) se analizó haciendo una comparación de medias.

### **6.1. Días a floración**

El tiempo que las líneas tardan en llegar a floración es un indicador de su precocidad. En forma general para las tres localidades, la floración se alcanzó entre los treinta y uno a treinta y cinco días después de la siembra (figura 1). Se observa que las líneas Ju-2014-23 y Ju 1439-4 son más precoces en dos y tres días con relación a ICTA Ligero, la variedad comercial utilizada de comparador, respectivamente. Estos días a precocidad, no se consideran de importancia para la producción de frijol en la región.

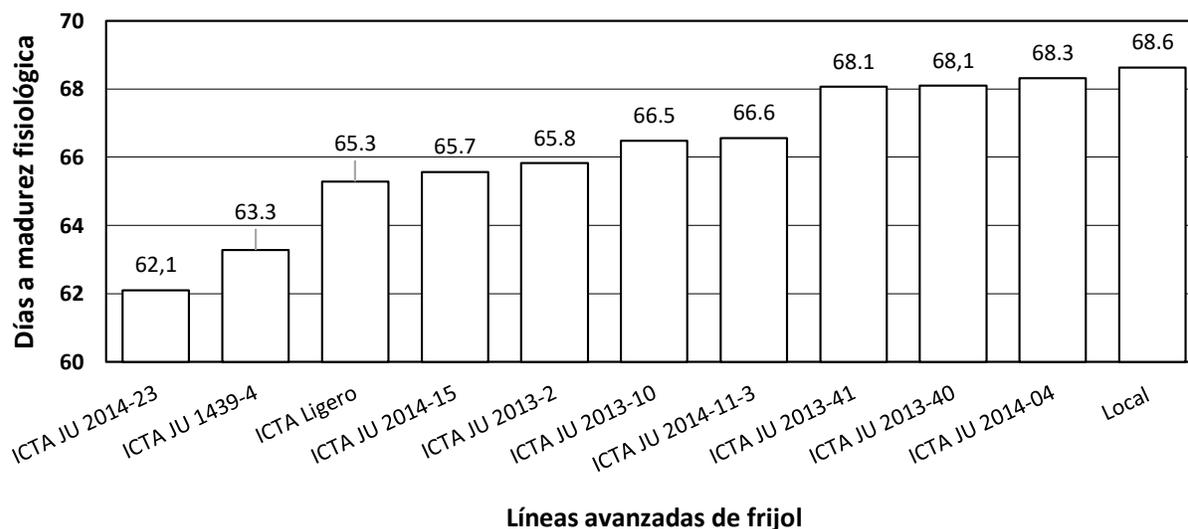
**Figura 1.** Promedio de días a floración de nueve líneas avanzadas y dos variedades de frijol



negro (*Phaseolus vulgaris* L.), evaluadas en tres localidades del corredor seco de Guatemala, 2016.

## 6.2. Días a madurez fisiológica

Así como los días a floración, el tiempo que las líneas avanzadas de frijol tardan en llegar a madurez es un indicador de la precocidad. Esta característica es favorable porque permite en ocasiones adversas, escapar a la sequía y obtener más ciclos del cultivo por periodo de tiempo. En la figura 2, se muestran los días que tomó cada línea en alcanzar su madurez fisiológica.



**Figura 2.** Promedio de días a madurez fisiológica de nueve líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), en tres localidades del corredor seco de Guatemala, 2016.

En la variable días a madurez fisiológica se puede observar de nuevo que las líneas Ju-2014-23 y Ju-1439-4 alcanzan este estado en menor tiempo que el comparador ICTA Ligero, a través de los 3 ambientes en los que se evaluaron. Esto permite llamar la atención hacia esas líneas para aprovechar la característica de precocidad que da ventajas en el manejo agronómico del cultivo en la zona del oriente de Guatemala, a los agricultores que cosechan con el uso del agua de la época lluviosa, misma que presenta períodos de canícula prolongados.

Este escape a la canícula, que posee la variedad de frijol ICTA Ligero por su precocidad, le ha dado un valor para la producción de grano y contribuir a la seguridad alimentaria.

### 6.3. Valoración de resistencia - susceptibilidad al mosaico dorado amarillo (VMDAF).

La valoración de resistencia-susceptibilidad al VMDAF (cuadro 3) se realizó en dos lecturas, para las que se utilizó la escala CIAT. La primera lectura se realizó a los 40 días después de la siembra y la segunda a los 60 días. En éstas se calificó los síntomas del virus en la escala del 1 al 9, donde los valores bajos (1 a 3) representan la resistencia, los intermedios (4 a 6) la tolerancia y los altos (7 a 9) la susceptibilidad.

**Cuadro 4.** Valoración de la resistencia-susceptibilidad al VMDAF de nueve líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en tres localidades del corredor seco de Guatemala, 2016.

Tratamiento	40 dds	60 dds
Local	3	3
ICTA Ju-2014-15	2	3
ICTA Ju-2013-41	1	2
ICTA Ju-2014-11-3	1	2
ICTA Ju-2014-23	1	2
ICTA Ju-1439-4	1	2
ICTA Ju-2013-40	1	1
ICTA Ju-2014-2	1	1
ICTA Ju-2013-10	1	1
ICTA Ju-2014-04	1	1
ICTA Ligero	1	1

Fuente: elaboración propia  
dds = días después de la siembra

Los resultados muestran que todas las líneas avanzadas y las dos variedades comparadoras se ubicaron en el rango de 1 a 3, por que expresaron resistencia al VMDAF. Es válido recordar que esta variable está influenciada por la población de organismos vectores capaces de transmitir el virus, en las localidades al momento del desarrollo de las plantas del cultivo de frijol. El estudio no contempló la medición de esa población.

Por esta razón, las lecturas pueden mostrar valores bajos, sobre todo en las variedades locales utilizadas como comparador para este aspecto, ya que son conocidas por presentar susceptibilidad al VMDAF. Sin embargo, a pesar del nivel de infección que pudo tenerse, la ICTA Ligero mostró siempre su capacidad de tolerancia.

#### 6.4. Rendimiento

El rendimiento del grano es la variable más importante ya que representa el producto final de la cosecha y el alimento para muchos agricultores. El rendimiento determina además la rentabilidad final de las actividades agrícolas.

Para el caso de esta evaluación, los resultados del rendimiento se sometieron al análisis de la varianza (ANDEVA) combinado a través de modelos lineales generales y mixtos. De acuerdo con la salida de datos del Modelo 1 (Anexo 1) existen diferencias en la interacción entre localidad y tratamiento (p-valor = 0.0081). Sin embargo, al realizar el análisis exploratorio de los supuestos (Anexo 2) se determina gráficamente la falta de homogeneidad de la varianza y normalidad de los datos. Por otro lado, se determina que este hecho está influenciado por la heterogeneidad de varianzas para las localidades (Anexo 3).

Lo anterior motivó a correr nuevos modelos para cumplir con los supuestos y se encontró como el mejor modelo ajustado (Modelo 2) aquel que agrega la función *varExp* a las localidades en la heterocedasticidad. La salida de datos del Modelo 2 se presentan en el Anexo 4, en el que se observa que de igual manera existen diferencias en la interacción localidad y tratamiento, (p-valor = 0.0080) pero que además se logra la corrección en la homogeneidad de la varianza y la normalidad de los datos (Anexo 5), así como la homogeneidad de varianza para las localidades (Anexo 6).

Además de la verificación gráfica en la mejora de los supuestos, lograda con el Modelo 2 sobre el Modelo 1, se hizo la comparación matemática de los modelos (cuadro 5), encontrándose diferencias significativas entre ambos. El p-valor en el Modelo 2 indica que existen diferencias significativas, hecho que es respaldado por los menores valores de los criterios AIC y BIC que obtiene este modelo.

**Cuadro 5.** Comparación de los modelos 1 y 2 por medio de los criterios AIC y BIC en la evaluación del rendimiento de nueve líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris l.*) en tres localidades del corredor seco de Guatemala, 2016.

Model	df	AIC	BIC	logLik	Test	L.Ratio	p-valor
mlm.modelo.01 Rendim REML..1.00	35	1137.17	1213.81	-533.59	1.00		
mlm.modelo.02 Rendim REML..2.00	38	1124.84	1208.04	-524.42	2.00	18.34	<b>0.0004</b>

Fuente: InfoStat®

Con el Modelo 2 ajustado se realizó la comparación de medias por el método DGC

( $\alpha=0.05$ ) a la interacción tratamiento-localidad, cuyos datos se muestran en el cuadro 5. En éste puede observarse que se generan dos grupos entre las líneas avanzadas evaluadas, resaltando dos líneas con los mejores rendimientos: ICTA Ju-2013-41 e ICTA Ju-2013-40.

**Cuadro 6.** Prueba de medias por medio del método DGC ( $\alpha=0.05$ ) de la variable Rendimiento en kg/ha, en la evaluación de nueve líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris l.*) en tres localidades del corredor seco de Guatemala, 2016.

Localidad	Cultivares	Medias	EE	
San Diego	ICTA Ju-2013-41	4103.33	792.31	A
San Diego	ICTA Ju-2013-40	3805.37	724.98	A
San Diego	Variedad local	3178.87	610.93	B
San Diego	ICTA Ju-2013-2	2922.88	573.62	B
San Diego	ICTA Ju-1439-4	2803.08	557.79	B
San Diego	ICTA Ju-2014-15	2671.80	541.56	B
San Diego	ICTA Ju-2014-23	2658.73	540.00	B
San Diego	ICTA Ju-2013-10	2629.36	536.55	B
San Diego	ICTA Ju-2014-04	2449.99	516.62	B
San Juan Ermita	ICTA Ju-2014-11-3	2303.74	400.25	B
San Juan Ermita	ICTA Ju-2013-2	2266.22	399.86	B
San Juan Ermita	Variedad local	2258.48	399.78	B
San Diego	ICTA Ju-2014-11-3	2121.00	484.85	B
San Juan Ermita	ICTA Ju-2013-10	2066.57	397.84	B
San Juan Ermita	ICTA Ligero	1963.35	396.83	B
San Juan Ermita	ICTA Ju-2014-04	1875.27	395.98	B
Ipala	ICTA Ju-2013-2	1871.39	420.45	B
San Diego	ICTA Ligero	1864.03	463.91	B
San Juan Ermita	ICTA Ju-2014-15	1849.68	395.73	B
San Juan Ermita	ICTA Ju-2013-40	1801.44	395.28	B
San Juan Ermita	ICTA Ju-1439-4	1734.36	394.65	B
Ipala	ICTA Ju-2013-40	1671.17	414.46	B
San Juan Ermita	ICTA Ju-2014-23	1624.29	393.64	B
Ipala	ICTA Ju-2013-41	1608.88	412.70	B
Ipala	ICTA Ju-2013-10	1602.31	412.52	B
Ipala	ICTA Ju-2014-23	1599.34	412.44	B
San Juan Ermita	ICTA Ju-2013-41	1557.73	393.04	B
Ipala	ICTA Ju-1439-4	1386.55	406.78	B
Ipala	ICTA Ju-2014-04	1338.00	405.55	B
Ipala	ICTA Ju-2014-15	1132.75	400.66	B
Ipala	ICTA Ju-2014-11-3	1115.83	400.28	B
Ipala	ICTA Ligero	1109.20	400.13	B
Ipala	Variedad local	865.19	394.90	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Fuente: InfoStat®

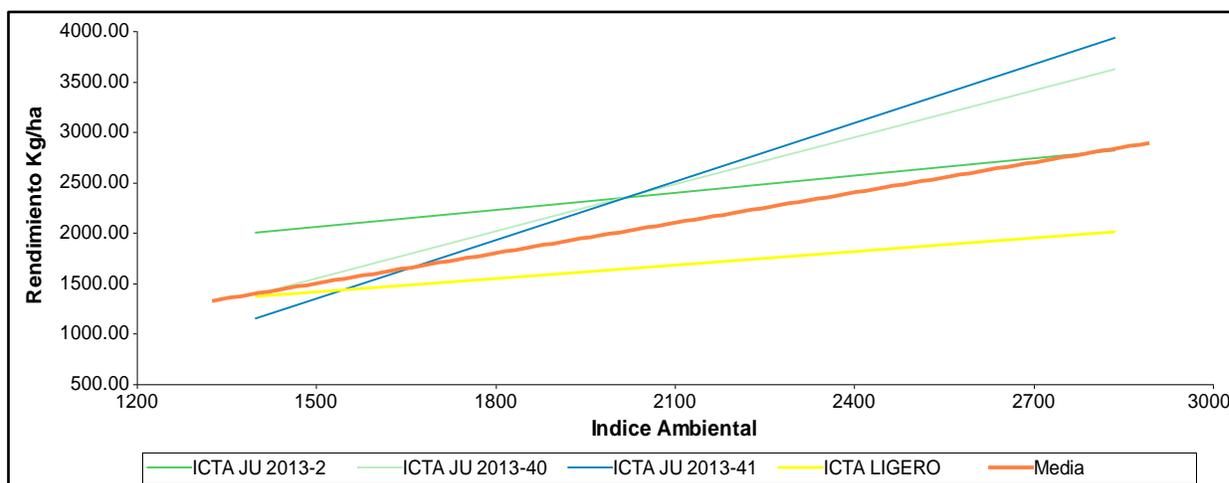
Las dos líneas del grupo A manifiestan las mayores medias en rendimiento, 4103.33 y 3805.37 kg/ha respectivamente para la localidad de San Diego, que son altos en comparación con los datos de rendimiento promedio para el año agrícola 2013-2014 que fue de 930 kg/ha y para el promedio de los años 2008 a 2014 que alcanzó a su vez el promedio de 890 kg/ha.

El grupo B, está conformado por el resto de las líneas avanzadas de frijol y las variedades comparadoras para las tres localidades, que indica que las medias de rendimiento en este amplio grupo son iguales estadísticamente. Esto permite determinar que si bien, las líneas ICTA-Ju-2013-41 e ICTA-Ju-2013-40 no fueron estadísticamente superiores en rendimiento en las localidades de San Juan Ermita e Ipala, se encuentran en el nivel superior.

Acá se entiende que diferencia encontrada en la variable rendimiento, fue influenciada por los rendimientos altos de dos líneas en una sola localidad y que de lo contrario no hubiese diferencias entre las medias de los tratamientos por localidad. Sin embargo, de acuerdo con los resultados las líneas de frijol ICTA-Ju-2013-41 e ICTA-Ju-2013-40 son las mejores en las localidades de San Juan Ermita e Ipala.

### 6.5. Estabilidad del rendimiento

El análisis de estabilidad del rendimiento se realiza por medio del método de Eberhart and Russell (figura 3). La gráfica compara la media de los rendimientos con la media de cada cultivar. Los cultivares más estables son **ICTA Ligero** e **ICTA JU 2013-2**.



**Figura 3.** Modelo de estabilidad del rendimiento de nueve líneas de frijol negro (*Phaseolus vulgaris L.*) en tres localidades del corredor seco de Guatemala, 2016.

El comportamiento del rendimiento de cada cultivar se compara con la media de rendimiento obtenido para esta investigación. El comportamiento del rendimiento del cultivar **ICTA Ligero** se mantuvo paralelo con respecto a la media (línea roja), esto muestra que es estable, pero con rendimientos inferiores a la media. Debe tomarse en cuenta que esta es una variedad comercial liberada y amplio rango de adaptación para zonas frijoleras del oriente de

Guatemala, entre otras zonas del país. Es importante notar que los genotipos JU-2013-41 y JU-2013-40, muestran su potencial de rendimiento en ambientes “ricos” (cuadro 6), como en la localidad de San Diego, contrario a JU-2013-2, quien lo hace en ambientes “pobres”, localidades de San Juan Ermita e Ipala. Lo importante es: la identificación de genotipos superiores al testigo comercial, en las localidades y épocas evaluadas.

Para tener una mayor visión del comportamiento de las líneas evaluadas será necesario contar con un mayor número de localidades repartidas en la zona del Corredor Seco de Guatemala

## 6.6. Análisis de la calidad del grano

La comercialización es una de las actividades más importantes en la recuperación del capital invertido en la producción de frijol, uno de los aspectos que determina la aceptación en el mercado es la calidad del grano. Los factores que determinan la calidad del grano son: la forma, el color y el tamaño. Para el efecto, se realizó la determinación de la calidad del grano de las nueve líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro con un grupo de 25 productores de la región (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Calidad del grano de nueve líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris l.*), en tres localidades del corredor seco de Guatemala, 2016.

Línea	Calidad del grano
ICTA Ju-2013-40	7
ICTA Ju-1439-4	6
ICTA Ju- 2014-23	6
Variedad local	6
ICTA Ju-2013-2	5
ICTA Ju-2013-10	5
ICTA Ju-2013-41	5
ICTA Ju-2014-04	5
ICTA Ju-2014-15	5
ICTA Ju-2014-11-3	5
ICTA Ligero	3

Fuente: Elaboración propia

Los promedios de las valoraciones manifiestan que la línea ICTA Ju-2013-40 es la que presenta mayor ponderación, ya que su grano cumple con mejores expectativas de calidad para la comercialización. Le sigue un pequeño grupo integrado por otras dos líneas, ICTA Ju-1439-4 e ICTA Ju- 2014-23 además de la variedad local. El resto, a excepción de la variedad ICTA Ligero se encuentra en el término intermedio con valor de cinco. La variedad ICTA Ligero, tal y como sucede con normalidad entre los productores de frijol, recibió la valoración más baja,

principalmente por su tamaño que es el aspecto que les provoca el mayor problema al momento de la comercialización, razón por la cual alcanza menores precios en el mercado.

## 7. CONCLUSIÓN.

- Los genotipos **ICTA Ju-2013-40** e **ICTA Ju-2013-41** presentaron valores de rendimientos superiores con el resto de las líneas avanzadas y variedades evaluadas, ciclo intermedio a la madurez fisiológica y buena calidad de grano.

## 8. RECOMENDACIÓN.

Pasar a la etapa de validación las líneas ICTA Ju-2013-40 e Ju-2013-41 debido a que poseen características superiores en rendimiento, ciclo intermedio a madurez fisiológica y buen nivel de aceptación de la calidad de grano.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aldana, L.F. 2010. Manual Producción comercial y de semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). PROETTAPA/Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas – JICA. Quetzaltenango, Guatemala. 38 p.
- FAO. 2010. Perfiles nutricionales por país: Guatemala. (en línea) Consultado el 18 de junio de 2019. Disponible en [http://www.fao.org/ag/agn/nutrition/gtm\\_es.stm](http://www.fao.org/ag/agn/nutrition/gtm_es.stm).
- ICTA (Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas, GT). 1981. Guía Técnica para Investigación Agrícola H. Córdoba, R. Del Valle, J. Herrera, L. Estrada. Guatemala. 50 p.
- ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT). 2011. Producción de frijol: El cultivo de frijol en Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 26 p.
- IICA (Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura, NI). 2008. Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades en América Central (en línea). Managua, NI. 32 p. Consultado 31 enero 2016. Disponible en <http://www.observatorioedsicta.info/sites/default/files/docpublicaciones/enfermedadesfrijol.pdf>.

- INE (Instituto Nacional de Estadista, GT). 2016. Informe ejecutivo de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2015 (en línea). Guatemala. Consultado el 20 de abril de 2017. Disponible en: <http://www.ine.gov.gt/sistema/uploads/2016/10/04/PqrbKvoTCXA0f3A1TR7rlwL7R545pAZ4.pdf>.
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). 2019. Consultado el 26 de julio de 2019. Disponible en: [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=203844#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=203844#null)
- Kogan, L., et al. 2008. Anemia: La desnutrición oculta. Resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud –ENNyS– 2008. (en línea). Consultado el 14 de abril de 2018. Disponible en <https://www.sap.org.ar/docs/profesionales/anemia-la-desnutricion-oculta.pdf>.
- MedlinePlus. 2018. prueba de ferritina en la sangre. (en línea). Consultado el 18 de junio de 2019. Disponible en <https://medlineplus.gov/spanish/iron.html>.
- MedlinePlus. 2019. Hierro en la dieta. (en línea). Consultado el 18 de junio de 2019. Disponible en <https://medlineplus.gov/spanish/iron.html>.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería Alimentación (MAGA), Dirección de Planeamiento (DIPLAN) (en línea). 2014. Situación del frijol negro a abril de 2014. Consultado el 17 de mayo de 2016. Disponible en [maga.gov.gt/download/Frijol-Negro-Abril-2014.pdf](http://maga.gov.gt/download/Frijol-Negro-Abril-2014.pdf).
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social -MSPAS-, Instituto Nacional de Estadística -INE- y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia -Segeplán-. 2017. Informe final VI Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil 2014-2015. (en línea) Consultado el 18 de junio de 2019. Disponible en [https://www.ine.gov.gt/images/2017/encuestas/ensmi2014\\_2015.pdf](https://www.ine.gov.gt/images/2017/encuestas/ensmi2014_2015.pdf).
- Morales, F. J. 2000. El mosaico dorado y o tras enfermedades del frijol común causadas por geminivirus transmitidos por la mosca blanca en América Latina. CIAT. Cali. Colombia. 169 p.
- Morales, F. J.; Castaño, J. M. 2008. Enfermedades virales del fríjol común en América Latina (en línea). Consultado el 31 enero de 2016. Disponible en [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/SB327.E56\\_C.3\\_Enfermedades\\_Virales\\_d\\_el\\_Frijol\\_Común\\_en\\_América\\_Latina.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB327.E56_C.3_Enfermedades_Virales_d_el_Frijol_Común_en_América_Latina.pdf).
- Rosas, J. C. et al. 2004. Nomenclatura de variedades de frijol común liberadas en Centro América y El Caribe (en línea). *Agronomía Mesoamericana*, 15(2), p. 221-224. Consultado el 16 de enero de 2016. Disponible en: <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/11917>.
- SESAN (Secretaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional, GT). 2008. Política de seguridad alimentaria y nutricional: ley de seguridad alimentaria y nutricional. Última revisión. Guatemala. 75 p.

- Villatoro, J., Castillo, F. y Franco, J. 2011. Producción de Frijol *Phaseolus vulgaris* L. Inversión estratégica en la difusión rápida de tecnología: La comercialización de variedades de frijol resistente a enfermedades en Guatemala. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 28 p.
- Villatoro Mérida, J.C; Castillo Monterroso, F.C; Franco Rivera, J.A. s.f. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-Guatemala. 26 p.
- Villatoro, J.C. et al. s.f. Mejoramiento genético del frijol común *Phaseolus vulgaris* L. para incorporar tolerancia al estrés hídrico. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Guatemala.
- Voysest, O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de América Latina 1930-1999. CIAT, Cali, Colombia. 195 p.

## 10. ANEXOS.

**Cuadro A-1. Análisis estadístico, modelo 1, para rendimiento de nueve genotipos de frijol arbustivos en el Corredor Seco, Guatemala, 2016.**

Resultados para el modelo: mlm.modelo.01\_Rendim\_REML

*Variable dependiente: Rendimiento*

**Medidas de ajuste del modelo**

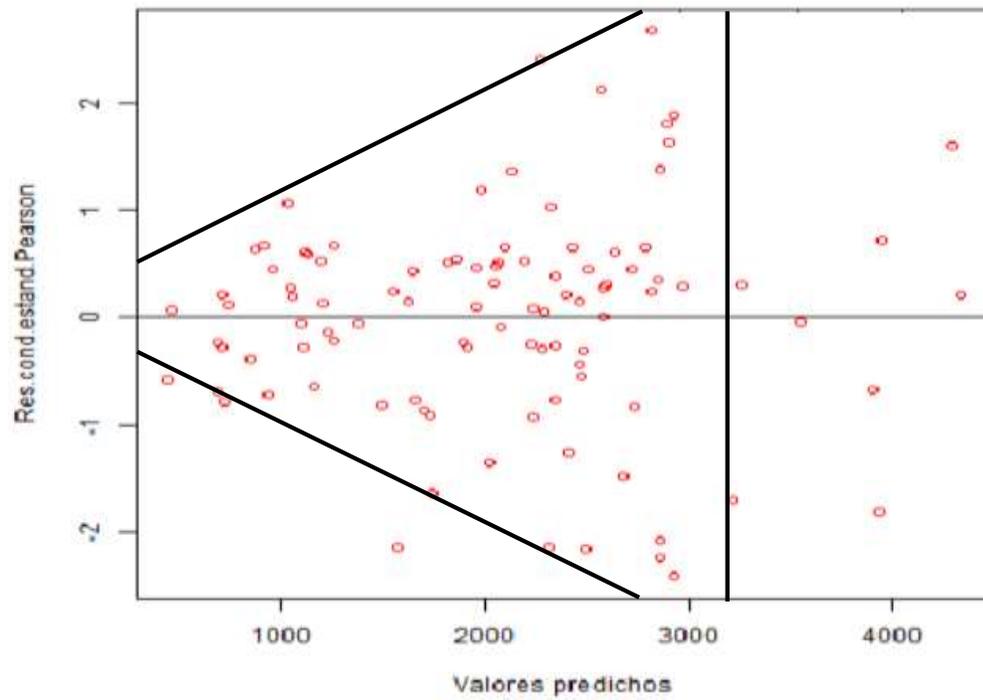
n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1
99	1137.17	1213.81	-533.59	527.86	0.56	0.82

*AIC y BIC menores implica mejor*

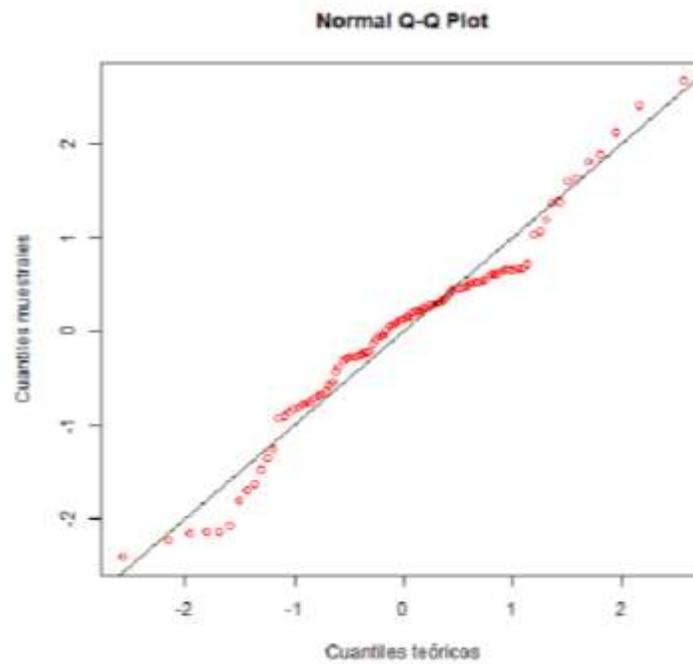
**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	60	102.22	<0.0001
Localidad	2	6	4.25	0.0707
Tratam	10	60	2.01	0.0481
Localidad:Tratam	20	60	2.25	0.0081

a) **Homocedasticidad de la varianza.**



b) **Normalidad.**



c) Homocedasticidad de la varianza para localidades, del Modelo 1.

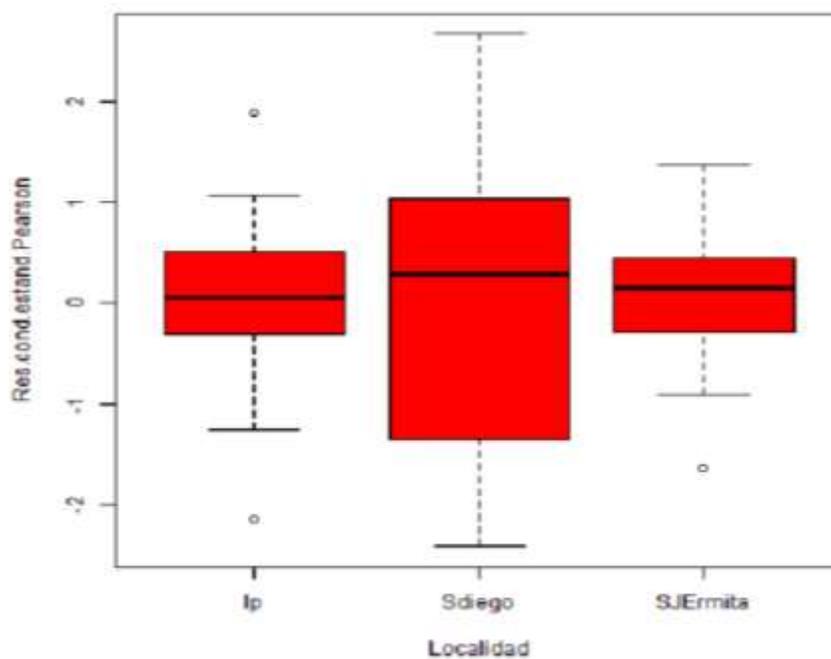


Figura A.1. Revisión de los supuestos de la homocedasticidad de la varianza y la normalidad de los datos del Modelo 1, para el rendimiento de nueve genotipos de frijol arbustivo en el Corredor Seco, Guatemala, 2016.

**Cuadro A-2. Análisis estadístico, modelo 2, para rendimiento de nueve genotipos de frijol arbustivos en el Corredor Seco, Guatemala, 2016.**

Resultados para el modelo: mlm.modelo.02\_Rendim\_REML

Variable dependiente: Rendimiento

**Medidas de ajuste del modelo**

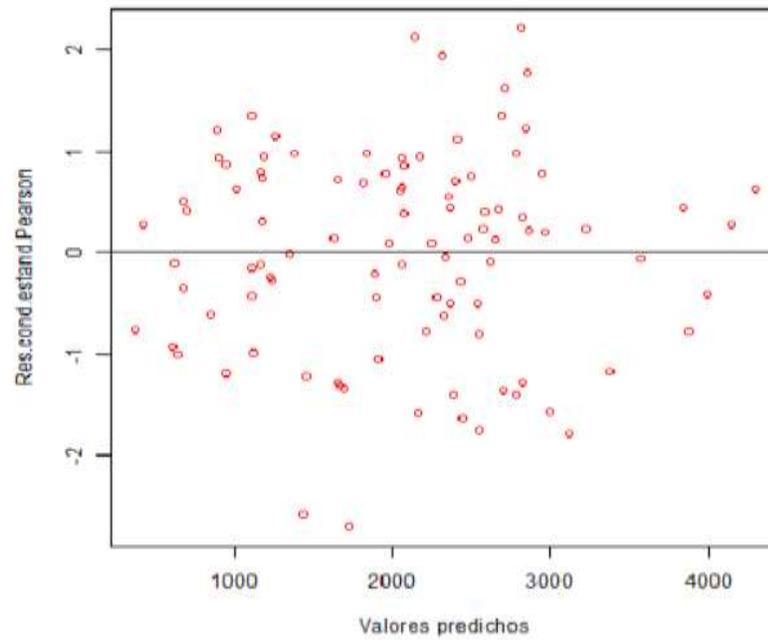
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
99	1124.84	1208.04	-524.42	260.64	0.56	0.82

***AIC y BIC menores implica mejor***

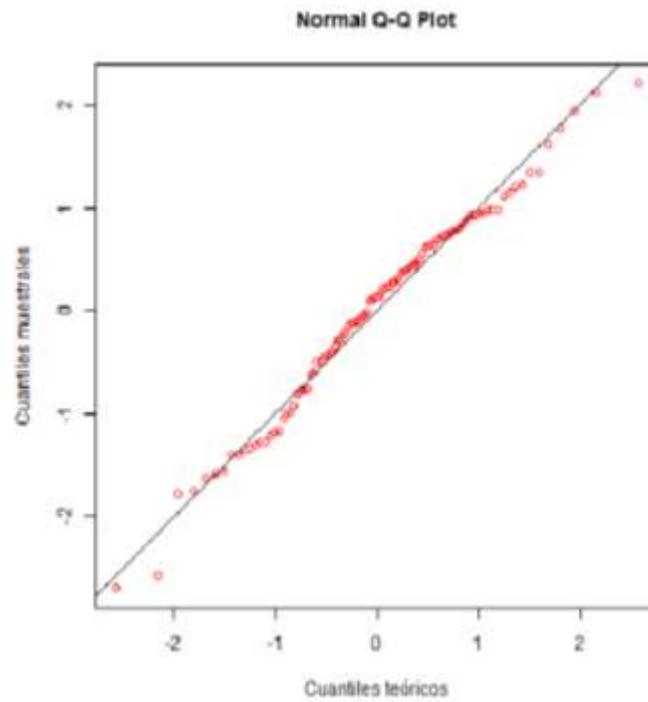
**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	60	85.94	<0.0001
Localidad	2	6	2.84	0.1353
Tratam	10	60	1.52	0.1554
Localidad:Tratam	20	60	2.26	0.0080

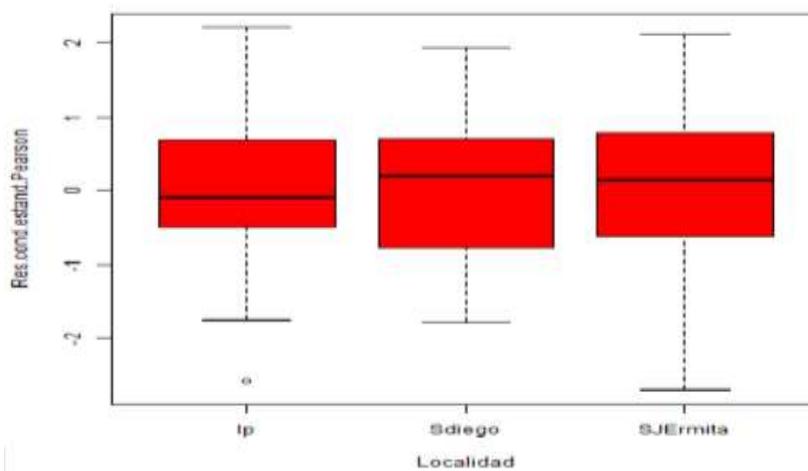
a) **Homocedasticidad de la varianza.**



b) **Normalidad.**



c) Homocedasticidad de la varianza para localidades, del Modelo 2.



**Figura A.2.** Revisión de los supuestos de la homocedasticidad de la varianza y la normalidad de los datos del Modelo 2, para el rendimiento de nueve genotipos de frijol arbustivo en el Corredor Seco, Guatemala, 2016.



Delimitación del área y distribución de las unidades experimentales, en  
la localidad de San Francisco, Ipala, Chiquimula

Delimitación del área y distribución de las unidades experimentales, en  
la localidad de El Porvenir, San Diego, Zacapa





Siembra de ensayo de frijol en la localidad de San Francisco,  
Ipala Chiquimula



Siembra de ensayo de frijol en la localidad de La Tejera, San Juan Ermita, Chiquimula



Desarrollo inicial de la plantación de frijol en la localidad de La Tejera, San Juan Ermita, Chiquimula



Registro de datos en el ensayo de frijol en la localidad de La Tejera, San Juan Ermita, Chiquimula



Etapa de floración en el ensayo de La Tejera, San Juan Ermita, Chiquimula



Etapa de floración en el ensayo de localidad de San Francisco,  
Ipala, Chiquimula



Manifestación de la enfermedad mosaico dorado en la localidad de  
El Porvenir, San Diego, Zacapa



Toma de datos sobre la presencia de la enfermedad mosaico dorado en la localidad de La Tejera, San Juan Ermita

**Figura A.3. Fotografías de la evaluación de nueve genotipos de frijol arbustivo en el Corredor Seco, Guatemala, 2016.**



*Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria*

