



CRIA
Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria



CRIA Occidente

Cadena de frijol

EFFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE FRIJOL
(*PHASEOLUS VULGARIS* L.) ICTA CHORTÍ^{ACM} EN HUEHUETENANGO,
GUATEMALA.

Sergio Gonzalo Hidalgo Villatoro
José Fredy Leiva Cano

Huehuetenango, agosto de 2018.

Proyecto financiado por:

“Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de ésta 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 mencionen”.

LISTA DE ACRÓNIMOS

ACM	Alto Contenido de Minerales
CRIA	Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria
CIALO	Centro de Investigaciones del Altiplano Occidental
CONADUR	Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural
CRIA	Consortio Regional de Investigación Agrícola
CUNOROC	Centro Universitario de Noroccidente
DIPLAN	Dirección de Planeamiento
DVTT	Disciplina de Validación y Transferencia de Tecnología
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INE	Instituto Nacional de Estadística
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USDA	Departamento de Agricultura de Estados Unidos
SITA	Sistemas Tradicionales y Alternativos de Producción de Alimentos

Contenido

1. Resumen	1
------------------	---

2. Abstract.....	2
3. Introducción.....	3
4. Marco teórico.....	4

ÍNDICE DE CUADROS		Página
4.1	Producción nacional de frijol.....	4
4.2	Aspectos de densidad vegetal y rendimiento.	4
4.3	Componentes del rendimiento.	5
4.4	Genotipo ICTA Chortí ^{ACM}	6
5.	Objetivos.....	6
5.1	Objetivo general.....	6
5.2	3.2. Objetivos específicos	6
6.	Hipótesis	6
7.	Metodología.....	7
7.1	Localidad y época	7
7.2	Diseño experimental	7
7.3	Tratamientos	7
7.4	Tamaño de la unidad experimental	8
7.4.1	Tamaño de la parcela neta	8
7.5	Modelo estadístico	8
7.6	Variables de respuesta.....	9
5.1.	Análisis de la información	9
7.7	Manejo del experimento	9
8.	Resultados.....	11
8.1	Localidad de Los Chucles, La Democracia, Huehuetenango.	11
8.2	Localidad de Vivero Lop, Santa Ana Huista, Huehuetenango.	13
8.3	Localidad de Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango.	17
8.4	Adaptación vegetativa y reproductiva	21
8.5	Componentes de rendimiento	22
8.6	Incidencia de enfermedades.....	23
8.7	Evaluación participativa.....	24
9.	Conclusiones:.....	25
10.	Referencias bibliográficas	27

1	Tratamientos utilizados en la investigación	6
2	Análisis de la varianza a rendimiento de frijol de frijol ICTA Chortí ^{ACM} , bajo el efecto de diferentes densidades de siembra en la localidad de Los Chucles, La Democracia, Huehuetenango, Guatemala.	10
3	Análisis de la varianza a rendimiento de frijol ICTA Chortí ^{ACM} , bajo el efecto de diferentes densidades de siembra en la localidad de Vivero Lop, Santa Ana Huista, Huehuetenango, Guatemala.	13
4	Análisis de la varianza a rendimiento de frijol ICTA Chortí ^{ACM} , bajo el efecto de diferentes densidades de siembra en la localidad Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.	17

	ÍNDICE DE FIGURAS	Página
1	Rendimiento medio de grano de frijol negro ICTA CHORTÍ ^{ACM} bajo el efecto de 27 tratamientos de densidades de siembra, en la localidad de Los Chucles, La Democracia, Huehuetenango, Guatemala.	10
2	Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA Chortí ^{ACM} a distancia entre posturas, en la localidad de Los Chucles, La Democracia, Huehuetenango, Guatemala.	12
3	Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA Chortí ^{ACM} a número de granos por posturas de frijol arbustivo, en la localidad de Los Chucles, La Democracia, Huehuetenango, Guatemala	12
4	Rendimiento medio de grano de frijol ICTA CHORTÍ ^{ACM} del efecto de densidades de siembra, en la localidad de Vivero Lop, Santa Ana Huista, Huehuetenango, Guatemala.	13
5	Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA CHORTÍ ^{ACM} entre distancias entre surcos, en la localidad de Santa Ana Huista, Huehuetenango, Guatemala.	14
6	Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA CHORTÍ ^{ACM} entre distancias entre posturas, en la localidad de Santa Ana Huista, Huehuetenango, Guatemala.	15
7	Rendimiento medio de grano de frijol ICTA Chortí ^{ACM} bajo diferentes tratamientos de densidades de siembra, en la localidad de localidad Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.	16
8	Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA Chortí ^{ACM} bajo el efecto de distancias entre surcos, en la localidad de Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.	18
9	Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA Chortí ^{ACM} bajo el efecto de distancias entre posturas, en la localidad de Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.	18
10	Prueba de múltiple de medias de Duncan al a rendimiento de frijol ICTA Chortí ^{ACM} bajo el efecto de distancias entre surcos y posturas, en la localidad de Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.	20
11	Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA Chortí ^{ACM}	20

	bajo el efecto de distancias entre posturas por granos por postura, en la localidad de Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.	
12	ACP a adaptación vegetativa y reproductiva sobre el rendimiento de frijol ICTA Chotí ^{ACM} , bajo el efecto de diferentes densidades de siembra en Huehuetenango, Guatemala.	21
13	ACP a componentes de rendimiento de frijol ICTA Chotí ^{ACM} , bajo el efecto de diferentes densidades de siembra en Huehuetenango, Guatemala.	22
14	ACP a incidencia de enfermedades sobre el rendimiento de frijol ICTA Chotí ^{ACM}	23
15	ACP a opinión de agricultores, respecto al efecto de diferentes densidades de siembra en Huehuetenango, Guatemala.	24

EFFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) ICTA CHORTÍ^{ACM} EN HUEHUETENANGO, GUATEMALA.

Ing. Agr. Sergio Gonzalo Hidalgo Villatoro¹
T.U. José Leiva Cano²

1. Resumen

Con el objetivo de contribuir al incremento del rendimiento del cultivo del frijol, a través de una densidad óptima de plantas por unidad de área en el trópico bajo de Huehuetenango, Guatemala, se planteó la investigación con un diseño de bloques completos al azar (BCA) en arreglo de parcelas subsubdivididas, con tres repeticiones, 27 tratamientos y tres localidades. Se evaluaron tres diferentes combinaciones de densidades, el factor A el distanciamiento entre surcos: 0.30, 0.40 y 0.50 metros; el factor B el distanciamiento entre plantas: 0.20, 0.30 y 0.50 metros y el factor C el números de granos por posturas (2, 3, 4 semillas) con la variedad ICTA Chortí^{ACM}, que se liberó para él área del trópico bajo de Guatemala en el año 2017. Se concluyó que: el rendimiento de grano de frijol se incrementa al utilizar densidades de 333,00 a 500,00 plantas por hectárea, con distancias entre surcos y posturas de 30x20 o 30x20 con 2 y 3 granos por postura, en las localidades de La Democracia y Santa Ana Huista, bajo condiciones de humedad residual del cultivo de frijol ICTA Chortí^{ACM}. El rendimiento se incrementó al utilizar densidades intermedias de 250,00 plantas por hectárea en distancias de 40x20x2 granos por postura en las localidades de Jacaltenango, bajo condiciones de riego del cultivo de frijol ICTA Chortí^{ACM}. Se determinó alta correlación positiva entre el peso de 100 semillas y el rendimiento. Y entre la adaptación vegetativa y reproductiva en beneficio del incremento del rendimiento de grano de frijol. ICTA Chortí^{ACM} presentó mediana susceptibilidad a virus del Mosaico dorado –BGMV- (Bean Golden yellow Mosaic Virus), que afecta negativamente el rendimiento de grano. En la evaluación participativa densidades de 333,000 a 500,000 plantas por hectárea, fueron las preferidas por los agricultores. Se recomienda pasar a la siguiente fase la densidad de 500,000 plantas por hectárea, con arreglo topológico de 0.30 x 0.20 m por 3 granos por postura, en siembras de frijol con humedad residual. Y la densidad de 250,000 plantas por hectárea, con arreglo topológico de 0.40 x 0.20 m por 2 granos por postura, en áreas de siembra de frijol bajo riego. Promocionar el cultivo de frijol con la variedad ICTA Chortí^{ACM} por su mayor contenido nutritivo del grano para consumo humano. Facilitar la creación de bancos comunitarios de producción de semilla de buena calidad, en escuelas de campo.

¹Investigador Principal del proyecto e investigador Disciplina de validación y transferencia de tecnología, ICTA-CIALO-Huehuetenango, Guatemala, C.A.

²Investigador auxiliar, pasante de tesis de grado. USAC-CUNOROC-Huehuetenango, Guatemala C.A.

Effects of plant densities on yield of bean (*Pharus vulgaris* L.) ICTA Chorti^{ACM} in Huehuetenango, Guatemala.

Ing. Agr. Sergio Gonzalo Hidalgo Villatoro¹
T.U. José Leiva Cano²

2. Abstract

With the aim of contributing to the increase of the performance of low of cultivation of beans, through an optimal plant density per unit area in the tropics Huehuetenango, Guatemala, arose the research (BCA) randomized complete block design in arrangement of, with three replications, 27 treatments and three towns. Evaluating three different combinations of spit-spit-plot density, being the factor the estrangement between rows: 0.30, 0.40 and 0.50 meters; factor B the distance between plants: 0.20, 0.30 and 0.50 meters and the factor C the number of grains per positions (2, 3, 4 seeds) with the ICTA Chorti^{ACM} variety, which was released for tropical Guatemala bass area in 2017. It is concluded that: bean grain yield is increased when using high densities of 333,000 to 500,000 plants per hectare, with distances between furrows and postures of 20 x 30 or 30 x 20 with 2 and 3 grains per position, in the towns of La Democracy y Santa Ana Huista under conditions of residual moisture from the cultivation of beans ICTA Chorti^{ACM}. Performance is increased by using intermediate 250,000 plant densities per hectare in distances of 40 x 20 x 2 grains by posture in the towns of Jacaltenango, under conditions of irrigation of the cultivation of beans ICTA Chorti^{ACM}. High positive correlation between the weight of 100 seeds and the yield was determined. And between the vegetative and reproductive adaptation for the benefit of increasing the grain yield of bean. ICTA Chorti^{ACM} presented medium susceptibility to - BGMV - virus (Bean Golden yellow Mosaic Virus), adversely affecting grain yield. Densities of 333,000 to 500,000 plants per hectare, were preferred by farmers in participative evaluation. It is recommended to proceed to the next phase 500,000 plant density per hectare, with topological arrangement of 0.30 x 0.20 m per 3 grains per position, in crops of beans with moisture residual. And the density of 250,000 plants per hectare, with topological arrangement of 0.40 x 0.20 m 2 grain by position, in areas of planting beans under irrigation. Promote the cultivation of beans with the variety ICTA Chorti^{ACM} by its higher nutritional content of grain for human consumption. Facilitate the creation of community banks of seed production of good quality, in the field schools.

¹Investigador main project and researcher discipline of validation and transfer of technology, ICTA-CIALO-Huehuetenango, Guatemala, C.A.

²Auxiliary, through Investigador's thesis. USAC-CUNOROC-Huehuetenango, Guatemala, C.A.

3. Introducción

El Plan Nacional de Desarrollo K'atun: nuestra Guatemala 2032 (Consejo Nacional de Urbano y Rural –CONADUR-, 2014). En su eje bienestar para la gente y recursos naturales, se priorizan estrategias y acciones para garantizar la producción agropecuaria, la seguridad alimentaria y nutricional; estimular la ciencia y tecnología como generadores de conocimientos. Enfocado en las personas y su bienestar.

El mejoramiento de la producción agrícola se encamina a los cultivos que se puedan adaptar a los cambios del medio ambiente, tolerancia a plagas y enfermedades, mayor rendimiento por unidad de área, mayor contenido de micronutrientes para la alimentación humana y creciente demanda de alimentos, por la población en constante aumento.

En este esquema la variedad de frijol de grano negro ICTA Chortí^{ACM} (^{ACM}= alto contenido de minerales) se cataloga dentro de los cultivos denominados biofortificados, por su mayor concentración de Hierro y Zinc en su grano para consumo humano. Estos micronutrientes, buscan tener mayores concentraciones para que tengan efectos medibles en el estado nutricional de las personas. El Hierro contribuye a disminuir la anemia en la sangre y el zinc permite absorber otros minerales. Además la variedad de frijol ICTA Chortí^{ACM} posee tolerancia al complejo de enfermedades y al virus del mosaico dorado del frijol.

La dieta de los guatemaltecos se compone básicamente de maíz y frijol. De acuerdo a Bressani (1999), para tener una dieta balanceada el consumo debe de estar en una relación de tres partes de maíz y una de frijol.

Como parte del establecimiento de los puntos críticos de la agro cadena de frijol. Se identificó que los distanciamientos de siembra utilizados por los agricultores, no se ajustan a las nuevas variedades generadas por ICTA, por ser éstas de porte, arquitectura y distribución de vainas por planta diferente a las utilizadas actualmente. Esto concuerda con Mendoza citado por (Muñoz, 1976), que indica que: uno de los factores de mayor importancia que intervienen en la limitación de la producción de frijol, son los sistemas inadecuados de siembra utilizados por los agricultores. Lo cual se corroboró en el diagnóstico con los actores locales dentro del eslabón de producción, calificándolo con un puntaje de 114.53 puntos, el de puntaje más alto en la escala de priorización de los problemas encontrados en los diferentes eslabones de la agrocadena del frijol.

En respuesta a dicha demanda la agro cadena de frijol en occidente, de Guatemala, el ICTA por intermedio de la Disciplina de Validación y Trasferencia de Tecnología (DVTT) del Centro de Investigaciones del Altiplano Occidental -CIALO-Huehuetenango planteó evaluar tres diferentes combinaciones de densidades (distanciamientos entre surcos y plantas) con tres diferentes números de granos por posturas (2, 3, 4 semillas) con la variedad ICTA Chortí^{ACM}, esta variedad se liberó en el año 2017 para el área del trópico bajo de Guatemala. Para la cual no se ha generado su respectiva recomendación de distanciamientos de siembra. La finalidad del proyecto de investigación es obtener al menos una opción del manejo de la densidad poblacional, técnica, económica y socialmente viable, para que conjuntamente con un nuevo cultivar de frijol, sean sometidos a un proceso de validación en el ciclo siguiente de cultivo y

posteriormente brindar la recomendación técnica a los agricultores y contribuir con el incremento de la productividad del cultivo de frijol en el trópico bajo de Huehuetenango.

4. Marco teórico

4.1 Producción nacional de frijol

La producción nacional de frijol se encuentra distribuida de la siguiente forma: Petén (27%), Jutiapa (13%), Chiquimula (10%), Santa Rosa (7%), Jalapa (6%), Quiché (5%), Alta Verapaz (5%), Huehuetenango (4%), Guatemala (4%), Chimaltenango (4%) y los demás departamentos de la República suman el (15%) restante. El 69.3% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en 7 departamentos: Petén (17%), Jutiapa (13.50%), Quiché (9.90%), Chiquimula (8.40%), Huehuetenango (8.10%), Jalapa (6.40%) y Santa Rosa (6%) (MAGA, 2015).

Para el año agrícola 2014/2015 (mayo-abril) se estimó una producción de frijol de 5.2 millones de quintales. El objetivo primario del cultivo de frijol, especialmente de frijol negro, en Guatemala es satisfacer las necesidades alimentarias nacionales (INE, 2003).

Estacionalmente, las cosechas de frijol disminuyen de mediados de mayo a mediados de agosto, pero la escasez se acentúa entre junio y julio, periodo en el cual los mercados se abastecen de las reservas almacenadas. En esta época, los hogares son más vulnerables a la inseguridad alimentaria por sus limitados recursos para comprar el frijol. (DIPLAN, 2015).

En el 2014, Guatemala importó frijol (2.7% del consumo aparente) de Estados Unidos de Norteamérica (53%), Canadá (23%), Argentina (10%), China (7%), Nicaragua (4%) y de otros países (3% -México y Costa Rica); y lo exportó (0.1% de la producción) a Costa Rica (70%), El Salvador (9%) y Honduras (2%), principalmente. (DIPLAN, 2015).

Los niveles de pobreza registrados en Guatemala, Huehuetenango pasaron de una incidencia de pobreza total de 71.3 en el año 2006 a un 73.8 en el año 2014. Registró un incremento de 2.5; situándose en el cuarto lugar a nivel nacional. (INE, 2014).

4.2 Aspectos de densidad vegetal y rendimiento.

El concepto de densidad, está asociado a la ocupación del espacio disponible para crecer, así puede decirse densidad normal, sobre densos y sub densos. Para determinar con objetividad el nivel de ocupación del espacio es necesario establecer mediciones y construir índices. Casi todo ello se relaciona con la cantidad de árboles o plantas, su tamaño y la distribución espacial que estos tengan (Husch, Miller, y Beers, 1993) citados por (Zanabria, 2015).

De acuerdo con Cardona y Montoya citados por (Muñoz, 1976), los rendimientos están limitados por varios factores:

- Prácticas de cultivo rudimentarias.
- Variedades de bajo potencial de rendimiento.
- Enfermedades y plagas.
- Condiciones ambientales adversas.
- Dificultados en la recolección.

Según Mendoza citado por (Muñoz, 1976), los factores de mayor importancia que intervienen en la limitación de la producción de frijol en nuestro medio, son los siguientes.

- Sistemas inadecuados de siembra.
- Uso de semilla de mala calidad.
- Falta de control de plagas y enfermedades.
- Baja fertilidad de los suelos.

Analizando la información anterior y situado en la realidad de Guatemala, se ha observado en el año 2003 se registraron 208.80 mil hectáreas, para el año 2013 fueron 184.20 mil hectáreas y para el año 2014 se observó un descenso mayormente significativo en la superficie de terreno establecido con el cultivo, la cual se redujo hasta 55.60 mil hectáreas, casi un 70% menos que el área registrada en el año 2,013; el 2014, además, se refleja el efecto de la sequía, principalmente en los campos de maíz y frijol asociado. Estos, al ser abandonados por los agricultores, se contabilizaron en la categoría de matorrales u otros usos. (INE, 2014).

4.3 Componentes del rendimiento.

De acuerdo con Voyset citado por (Muñoz, 1976), en el caso de frijoles, los componentes primarios del rendimiento son: número de vainas por planta (X), número de granos por vaina (Y) y el peso de la semilla (Z).

Kohashi citado por (Muñoz, 1976) realizó un estudio en donde encontró que existe una correlación positiva entre el rendimiento y el número de vainas por planta y número de semillas por vaina.

Rojas, Parodi y Bravo citados por (Muñoz, 1976), determinaron que el rendimiento fue un efecto causado por el número de vainas, número de granos por vainas y peso de los granos, ordenados en importancia decreciente. Así también encontraron que el número de vainas estuvo correlacionado positivamente con el rendimiento y con mayor frecuencia, negativamente con el número de granos por vaina.

Voyset citado por (Muñoz, 1976), encontró que en un estudio de 13 poblaciones de frijol blanco, clasificados de acuerdo al tamaño del grano, que le sirvió de base para el estudio de correlaciones entre los componente del rendimiento, que la mayoría de casos estuvieron correlacionados negativamente entre sí; así mismo dijo que un examen más crítico a través del análisis de los coeficientes de causa y efecto reveló que el componente número de vainas por planta, es el que ejerce la mayor influencia, tanto directa como indirectamente, sobre el rendimiento. Aunque el coeficiente de correlación total demostró que en las poblaciones de semillas pequeñas el número de granos por vaina estaba más correlacionada que el peso de la semilla con el rendimiento, en las poblaciones de semilla grande ésta diferencia desapareció. En realidad, en las líneas de semilla grande, el efecto directo del peso de semilla excedió al número de granos por vaina. Este efecto fue contrarrestado, sin embargo, pues el peso de semilla estaba negativamente asociado con el número de vainas por planta y número de granos por vaina. Debido a estas relaciones inversas los efectos indirectos de peso de semilla en el rendimiento y número de granos por vaina fueron negativos y relativamente grandes, dando como consecuencia un nulo efecto total de peso de semilla en el rendimiento a pesar de la evidencia de una más bien fuerte relación causal directa entre estos dos caracteres. En las

líneas de semilla pequeña, la menor asociación entre estos dos componentes, aparentemente no tuvo mucho efecto en alterar el patrón impuesto por los efectos indirectos de cada componente del rendimiento.

4.4 Genotipo ICTA Chortí^{ACM}

ICTA Chortí^{ACM} con características de alto contenido de minerales, 99 ppm de Hierro y mayor contenido de Zinc, se originó de la colaboración entre el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), HarvestPlus e ICTA, producto de una cruce, realizada por el programa de frijol en el centro de investigaciones del oriente -CIOR-Jutiapa. El propósito de la variedad ICTA Chortí^{ACM} es contribuir a reducir los índices de desnutrición, anemia ferropénica e incrementar la absorción de otros minerales que el Zinc facilita, por medio del incremento del contenido de hierro y de zinc en el grano de frijol. La variedad posee altura de planta de 60 cm, tipo indeterminado arbustivo, guía larga, flor morada, vaina crema, 15 vainas por planta, 7 granos por vaina, color de grano negro opaco, 70 días a madurez fisiológica, rendimiento de 30 quintales por manzana. Tolerancia a roya, mancha angular, virus del mosaico dorado y sequía. Se adapta a la zona del trópico bajo de Guatemala que va de 0 a 1200 msnm.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Contribuir al incremento del rendimiento del cultivo del frijol, a través de una densidad óptima de plantas por unidad de área.

5.2 3.2. Objetivos específicos

Identificar la densidad de siembra que obtenga mayor rendimiento de grano de frijol ICTA Chortí^{SMN}.

Identificar el efecto de los componentes de rendimiento del frijol ICTA Chortí^{SMN}.

6. Hipótesis

- Ha. El distanciamiento de siembra entre surcos, plantas y número de granos por postura influye sobre el rendimiento de grano de frijol.
- Ho. El distanciamiento de siembra entre surcos, plantas y número de granos por postura no influye sobre el rendimiento de grano de frijol.
- Ha. Al menos una densidad de siembra, difiere estadísticamente en componentes de rendimiento del frijol ICTA Chortí^{SMN}.
- Ho. Ninguna densidad de siembra, difiere estadísticamente en componentes de rendimiento del frijol ICTA Chortí^{SMN}.

7. Metodología

7.1 Localidad y época

Los ensayos de finca se establecieron en Los Chucles, La Democracia a una altitud de 955 msnm, Vivero Lop, Santa Ana Huista a 727 msnm; y Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango a 759 msnm, área correspondiente al trópico bajo de Huehuetenango, priorizada en áreas homogéneas del Diagnóstico Agro socioeconómico, elaborado en 2013 por el Programa de Sistemas Tradicionales y Alternativos de Producción de Alimentos (SITA) del ICTA. La región Huista del departamento de Huehuetenango, se ubicado geográficamente a 15° 42' 05" latitud norte y 91° 49' 04" longitud oeste. A una altitud sobre el nivel del mar es de 700 – 1200 msnm, con temperatura máxima anual de 31.4 °C, media anual de 22.2 °C y mínima de 15.1 °C. En zona de vida bosque seco sub tropical (bsst), (De La Cruz, 1,982). Suelos serie Nentón, clases agrológicas III y VII. Poco profundos, mal drenados, desarrollados sobre roca caliza como material madre, topografía regular, con pendientes del 20 al 30 %. (Simmons, C. et.al. 1,959).

La época de siembra correspondió a la segunda temporada, durante la primera y segunda semana de septiembre.

7.2 Diseño experimental

Diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas subsubdividas, con tres repeticiones y tres localidades bajo estudio.

Dónde:

- Factor A: Distanciamiento entre surcos: 0.30, 0.40 y 0.50 metros.
- Factor B: Distanciamiento entre plantas: 0.20, 0.30 y 0.50 metros.
- Factor C: Número de granos por postura: 2, 3 y 4.

7.3 Tratamientos

Los tratamientos se obtuvieron de la combinación de los factores en estudio, dando como resultado 27 tratamientos

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en la investigación.

No. Tratamiento	De	Codificación de tratamiento	No. Tratamiento	De	Codificación de tratamiento	No. Tratamiento	De	Codificación de tratamiento
1		S ₁ DP ₁ G ₂	10		S ₂ DP ₁ G ₂	19		S ₃ DP ₁ G ₂
2		S ₁ DP ₁ G ₃	11		S ₂ DP ₁ G ₃	20		S ₃ DP ₁ G ₃
3		S ₁ DP ₁ G ₄	12		S ₂ DP ₁ G ₄	21		S ₃ DP ₁ G ₄
4		S ₁ DP ₂ G ₂	13		S ₂ DP ₂ G ₂	22		S ₃ DP ₂ G ₂
5		S ₁ DP ₂ G ₃	14		S ₂ DP ₂ G ₃	23		S ₃ DP ₂ G ₃
6		S ₁ DP ₂ G ₄	15		S ₂ DP ₂ G ₄	24		S ₃ DP ₂ G ₄
7		S ₁ DP ₃ G ₂	16		S ₂ DP ₃ G ₂	25		S ₃ DP ₃ G ₂
8		S ₁ DP ₃ G ₃	17		S ₂ DP ₃ G ₃	26		S ₃ DP ₃ G ₃
9		S ₁ DP ₃ G ₄	18		S ₂ DP ₃ G ₄	27		S ₃ DP ₃ G ₄

Fuente: ICTA, CIALO-Huehuetenango.

Códigos:

S_1, S_2, S_3 = Distancia entre surcos 0.30, 0.40 y 0.50 metros.
 DP_1, DP_2, DP_3 = Distancia entre posturas 0.20, 0.30 y 0.40 metros.
 G_2, G_3, G_4 = Número de granos por postura 2, 3 y 4 granos.

7.4 Tamaño de la unidad experimental

Constó de un área de 4.8 m². Con 2 m de ancho por 2.40 m de largo.

La distancia entre surcos, posturas y granos por postura quedó de la siguiente forma:

Ancho surco metros	Distancia entre Surcos	No. surcos por parcela
2	0.3	6
2	0.4	5
2	0.5	4
Largo surco metros	Distancia entre Posturas	Post/surco
2.4	0.2	12
2.4	0.3	8
2.4	0.4	6

Fuente: ICTA, CIALO-Huehuetenango.

7.4.1 Tamaño de la parcela neta

La parcela neta la constituyeron dos, tres y cuatro surcos centrales de cada unidad experimental, según tratamientos, eliminando un surco lateral y dos posturas extremas de cada lado. Por tal motivo la parcela neta fue de 1.6, 2.2 y 2.4 metros cuadrados respectivamente.

7.5 Modelo estadístico

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + A_j + E_{ij} + B_k + AB_{ik} + E_{ijk} + C_l + AC_{il} + BCK_l + ABC_{IKL} + E_{ijkl}$$

En donde

Y_{ijkl} Variable de respuesta en la $ijkl$ – esima unidad experimental.
 μ Efecto de la media general.
 R_i Efecto del i –esimo bloque.
 A_j Efecto del j –esimo Factor A. (distancia entre surcos)
 E_{ij} Efecto del ij –esimo Error experimental.
 B_k Efecto del k –esimo Factor B. (distancia entre posturas)
 AB_{ik} Efecto del jk –esimo de la Interacción de los Factores AB

Eijk	Efecto del ijk–ésimo Error experimental AB
Cl	Efecto del l –ésimo Factor C. (granos por postura)
ACil	Efecto del jl–ésimo de la Interacción de los Factores AC
BCKl	Efecto del kl –ésimo de la Interacción de los Factores BC
ABCijkl	Efecto del ijkl –ésimo de la Interacción de los Factores ABC
Eijkl	Efecto del ijkl–ésimo Error experimental ABC.

7.6 Variables de respuesta

- Rendimiento en kg.ha⁻¹. Se tomó el dato de la parcela neta, que correspondió a 4, 3 y 2 surcos centrales según distancias entre surcos. Se dejó una postura de borde al inicio y final de cada surco.
- Número de vainas por planta
- Granos por vaina
- Peso de 100 semillas.
- Adaptación Vegetativa (vigor) en etapa fenológica R5 (prefloración), con base a escala CIAT (1987). Escala:
 1. Excelente
 3. Buena
 5. Intermedia
 7. Pobre
 9. Muy pobre
- Adaptación reproductiva en la etapa fenológica R9 (madurez), tomando en cuenta el número de vainas, distribución de las vainas y número de semillas por vaina (CIAT, 1987) Escala:
 1. Excelente
 3. Buena
 5. Intermedia
 7. Pobre
 9. Muy pobre
- Opinión de los agricultores (Boleta de evaluación participativa).
- Se tomará el registro de la incidencia de plagas en los diferentes tratamientos a evaluar, en la fase R5 o prefloración.

5.1. Análisis de la información

- Análisis de la varianza (Software Estadístico InfoStat, 2018).
- Separación de medias por Duncan alfa = 0.05 de probabilidad de error experimental.
- Análisis multivariado por componentes principales. (Software Estadístico InfoStat, 2018)

7.7 Manejo del experimento

Se realizó un chapeo general de malezas con machete, para uniformizar su tamaño a menos de 0.10 m de altura, para luego realizar aplicación de herbicida de acción total o no selectivo del tipo Glifosato a razón de 125 cc más 50 cc de 2-4 D por 20 litros de agua. Las malezas controladas quedarán sobre la superficie del terreno de manera que formen una cubierta que impidan el crecimiento de otras malezas, que las enfermedades del suelo lleguen a las hojas y

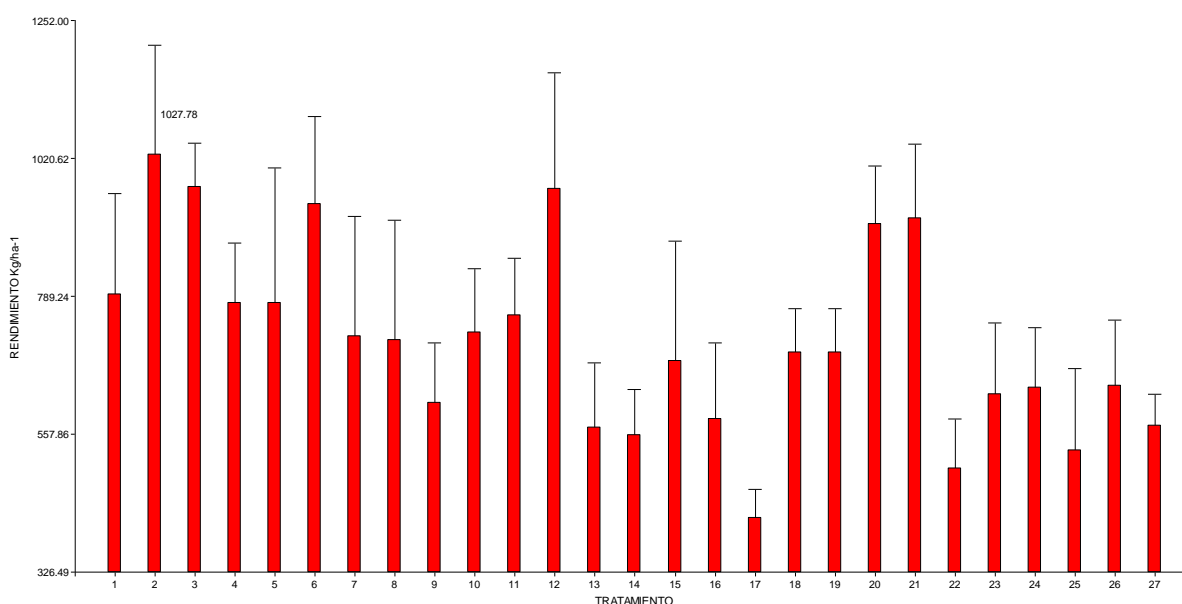
mejores las condiciones del suelo al alcanzar un grado de descomposición avanzado (ICTA, 2010). La época de siembra correspondió a la segunda temporada, durante la primera y segunda semana de septiembre. El distanciamiento entre surcos, postura y número de granos por postura, dependió de cada uno de los tratamientos. En el caso del distanciamiento entre posturas las distancias utilizadas fueron de 0,20, 0,30 0,40 metros y entre surcos 0,30 0,40 0,50 metros, depositando dos, tres y cuatro semillas por agujero, según tratamiento (Ver cuadro adjunto No. 3). Las parcelas quedaron conformadas por 6, 5 y 4 surcos de 4,2 m de largo. Para hacer densidades de 1000,000 a 666,667 por hectárea (ver cuadro 3). Se realizaron dos controles de malezas a los 15 y 30 días después de siembra (DDS). Se realizó control preventivo de plagas Chicharritas (*Empoasca fabae*), Minadores de las hojas (*Liriomyzahuidobrensis*), Tortuguillas (*Diabrotica* spp), Gusanos nocheros (*Spodoptera* spp), Picudo de la vaina (*Trichapion godmani*), Barrenador de la vaina (*Epinotia aporecon* con insecticida Lambda-cihalotrin a razón de 25 cc/20 litros de agua. La fertilización química al suelo se realizó a los 10 días después de la siembra. Utilizando formula sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, a razón de 1.06 gramos por planta. Por tal razón la cantidad de fertilizante a utilizar dependerá del número de plantas por tratamiento. Ejecutando dos refuerzos de fertilizante foliar Calcio Boro a razón de 50 cc/16 litros de agua a los 15 y 30 DDS. La mayoría de enfermedades que atacan al cultivo de frijol se transmiten a través de semilla. (ICTA, 2010). ICTA Chortí^{ACM} presenta tolerancia a las principales enfermedades como; Bacteriosis del halo (*Pseudomonas syringaepv phaseolicola*), Bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) para el control de estas enfermedades se usó semilla certificada. Para el control de Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* en estado asexual; *Glomerellacingulata* en estado sexual., Mancha ascochyta (*Ascochyta phaseolorum*), Mancha angular (*Ascochyta recóndita*), Mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* en estado asexual; *Rhizoctonia solani* en estado sexual no se ejecutó ningún tipo de control químico, porque) ICTA Chortí^{SMN} posee tolerancia a las mismas. La cosecha se realizó en forma manual, arrancando las plantas, haciendo manojos y terminando de secar a pleno sol en el campo. Posteriormente se procedió al aporreo sobre nylon colocado a ras del suelo. La limpieza del grano se efectuó en forma tradicional, utilizando el método de venteo (utilización del viento para eliminar las impurezas pequeñas) y zaranda. Se ejecutarán dos días de campo o intercambio de experiencias entre agricultores. Con el objetivo de dar a conocer los avances en la investigación de arreglos topológicos del cultivo del frijol cultivar ICTA Chortí^{SMN}. Se realizó un día de intercambio de conocimientos y experiencias *in situ*, en ensayos de finca de la aldea Pebil Pam, Jacaltenango y aldea Los Chuchles, La Democracia, Huehuetenango. Para ello se invitó a 35 agricultores cuando el cultivo estaba en su fase de madurez fisiológica. En dicha actividad los agricultores evaluaron en forma participativa, los distintos arreglos topológicos utilizados en el estudio. Para la toma de datos se utilizaron hojas de campo para ensayos de frijol (ICTA, 1981). Seguidamente se tabularon los datos a hojas electrónicas de Microsoft Exel versión 2010. Para el análisis estadístico de utilizó el software InfoStat, versión 2016.

8. Resultados

Se describen los resultados en cada una de las localidades bajo estudio.

8.1 Localidad de Los Chucles, La Democracia, Huehuetenango.

Para esta localidad el promedio de rendimiento de grano de frijol de los 27 tratamientos, se aprecia en la (figura xx) figura 1. Donde el mejor promedio de rendimiento lo obtuvo el tratamiento número 2, con rendimiento de 1027 kg/ha^{-1} , correspondiente a una densidad de 500,00 plantas por hectárea, con arreglo topológico de $0.30 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$ y 3 granos por postura. Seguido por el tratamiento número 3 con rendimiento promedio de 972 kg/ha^{-1} , a una densidad de 666.667 plantas por hectárea, con arreglo topológico de $0.30 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$ y 4 granos por postura. Ambos tratamientos son los de mayor densidad evaluada. El promedio de rendimiento general obtenido de los distintos tratamientos en esta localidad fue de 715 kg/ha^{-1} .



Fuente: ICTA, CIALO-Huehuetenango.

Figura 1: Rendimiento medio de grano de frijol negro ICTA CHORTÍA^{CM} bajo el efecto de 27 tratamientos de densidades de siembra, en la localidad de Los Chucles, La Democracia, Huehuetenango, Guatemala.

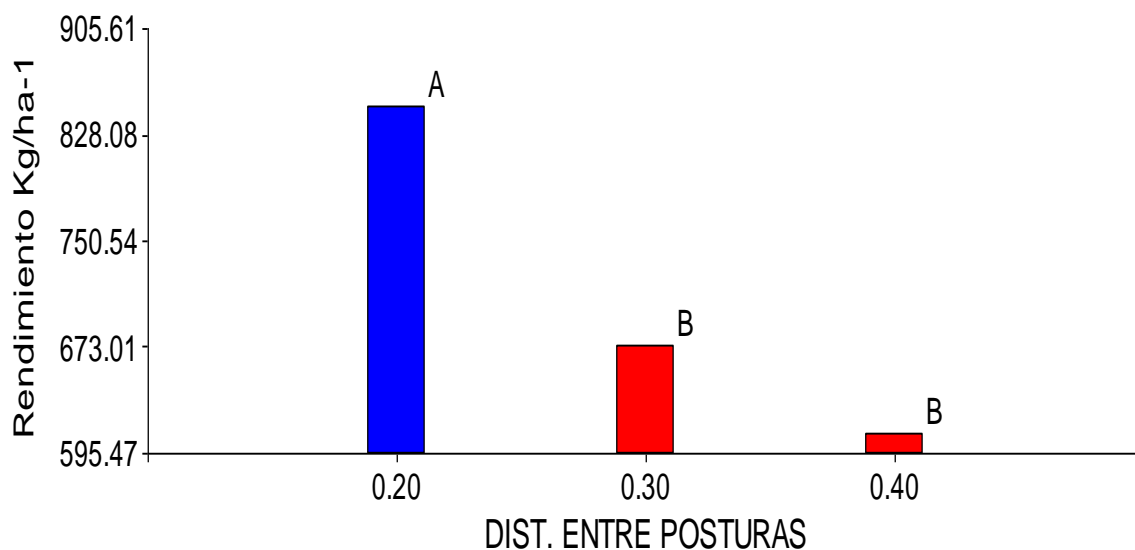
Al realizar el análisis de varianza (ANAVA) (cuadro 2) al efecto de las densidades de siembra sobre el rendimiento del cultivo de frijol ICTA Chotí^{ACM}, (cuadro xx), se determinó que existe diferencia estadística significativa sobre el rendimiento del cultivo de frijol para el efecto separado de distancias entre posturas y granos por postura.

Cuadro 2: Análisis de la varianza a rendimiento de frijol ICTA Chotí^{ACM}, bajo el efecto de diferentes densidades de siembra, en la localidad de Los Chucles, La Democracia, Huehuetenango, Guatemala.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Rendimiento Kg/ha	81	0.41	0.12	31.77	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1898498	26	73019.15	1.43	0.1317
DIST. ENTRE SURCOS	287276.9	2	143638.5	2.12	0.0685
DIST. ENTRE POSTURAS	822029.2	2	411014.6	8.07	0.0009
GRANOS/POST	258728.8	2	129364.4	2.54	0.0484
DIST. ENTRE SURCOS*DIST. E..	135796.2	4	33949.05	0.67	0.6182
DIST. ENTRE SURCOS*GRANOS/..	160265.7	4	40066.44	0.79	0.5391
DIST. ENTRE POSTURAS*GRANO..	151260.3	4	37815.08	0.74	0.5675
DIST. ENTRE SURCOS*DIST. E..	83140.82	8	10392.6	0.2	0.989
Error	2751566	54	50954.92		
Total	4650064	80			

Fuente: ICTA, CIALO-Huehuetenango.

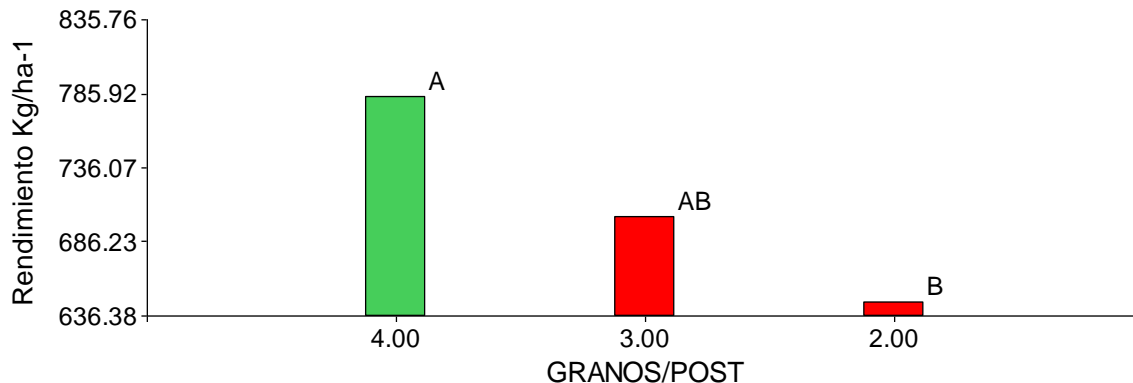
Al efectuar la prueba de medias de Duncan al Alfa=0.05 a la variable distancia entre postura (figura xx), se desglosaron dos grupos de medias, determinando estadísticamente que la distancia de 0.20 entre posturas es superior en rendimiento de grano de frijol, a las distancias de 0.30 y 0.40 m entre posturas. Determinando que la distancias entre posturas se pueden acortar para incrementar el rendimiento del cultivo de frijol en la localidad de los Chucles, La Democracia, Huehuetenango.



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

Figura 2: Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de distancia entre posturas de frijol arbustivo, en la localidad de Los Chucles, La Democracia, Huehuetenango, Guatemala.

Al efectuar el análisis de la varianza a la variable granos por postura (figura 3), estadísticamente se desglosaron dos grupos de medias diferentes, identificando que colocando cuatro granos por postura se obtiene un rendimiento de 848 kg/ha⁻¹, y colocando dos granos por postura se obtiene un rendimiento de 645 kg/ha⁻¹, siendo este último rendimiento estadísticamente similar a tres granos por postura donde el rendimiento es de 703 kg/ha⁻¹. Determinando que colocando cuatro granos por postura, en lugar de dos granos de frijol por postura en el cultivo de la variedad ICTA Chortí^{ACM} que se destina para consumo humano, se incrementa el rendimiento en 138 kg/ha⁻¹ en la localidad de Los Chucles, La Democracia, Huehuetenango, Guatemala.



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

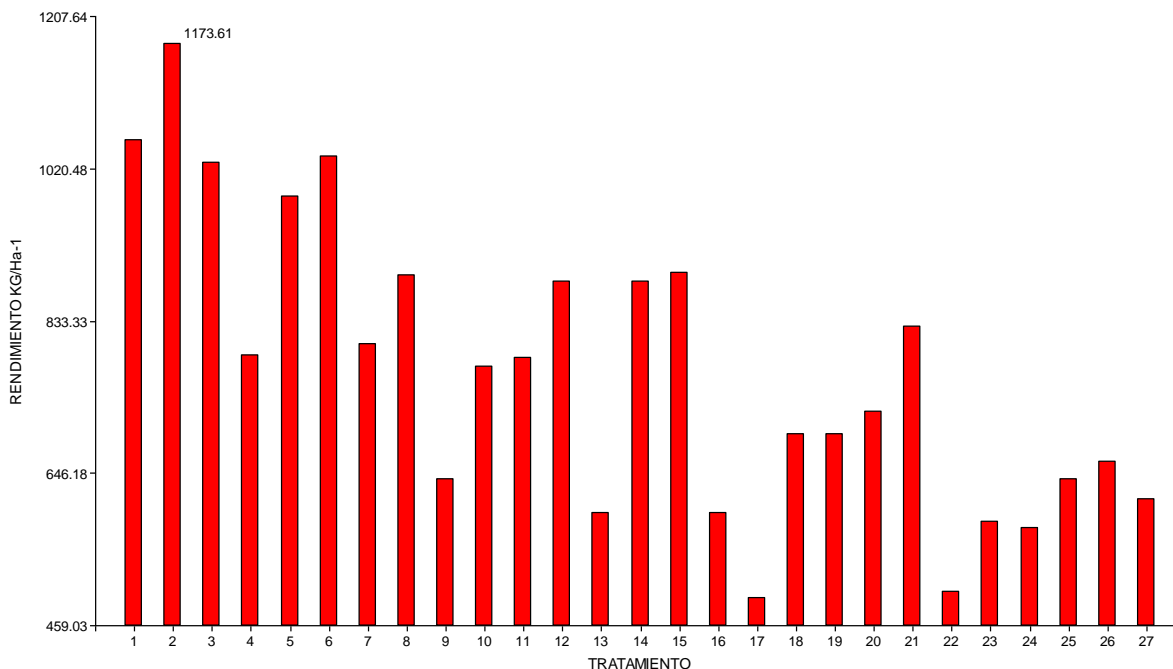
Figura 3: Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA Chortí^{ACM} a número de granos por posturas de frijol arbustivo, en la localidad de Los Chucles, La Democracia, Huehuetenango, Guatemala

8.2 Localidad de Vivero Lop, Santa Ana Huista, Huehuetenango.

Para esta localidad el promedio de rendimiento de grano de frijol de los 27 tratamientos, se aprecia en la figura 4. Donde el mejor promedio de rendimiento lo obtuvo el tratamiento número 2, con rendimiento de 1173 kg/ha⁻¹, correspondiente a una densidad de 500,000 plantas por hectárea, con arreglo topológico de 0.30 m x 0.20 m y 3 granos por postura. Seguido por el tratamiento número 1 con rendimiento promedio de 1055 kg/ ha⁻¹, a una densidad de 333,000 plantas por hectárea, con arreglo topológico de 0.30 m x 0.2 0 m y 2 granos por postura. Ambos tratamientos son de alta densidad.

El promedio de rendimiento general obtenido de los distintos tratamientos en esta localidad fue de 741 kg/ha⁻¹.

Es de considerar que el rendimiento en Santa Ana Huista, es similar al obtenido en La Democracia, debido a la ausencia de auxilio de riego, en la zona productora de frijol de dichos municipios.



Fuente: ICTA, CIALO-Huehuetenango.

Figura 4: Rendimiento medio de grano de frijol ICTA CHORTÍ^{ACM} del efecto de densidades de siembra, en la localidad de Vivero Lop, Santa Ana Huista, Huehuetenango, Guatemala.

Al realizar el análisis de varianza (ANAVA) a rendimiento (cuadro xx) de los distintos tratamientos evaluados, se determinó que existe diferencia significativa estadística entre tratamientos en la variable distancias entre surcos y distancia entre posturas por granos por postura. El resto de variables evaluadas y sus interacciones no presentan diferencias estadísticas, bajo las condiciones del estudio.

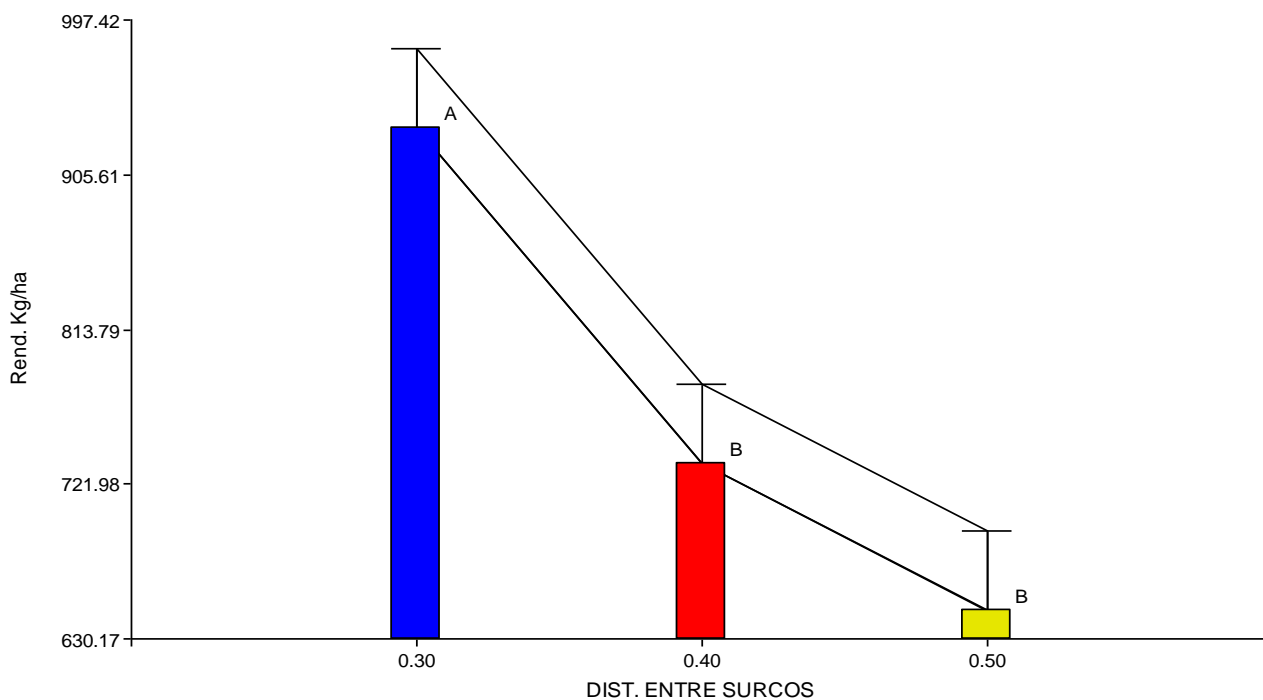
Cuadro 3: Análisis de la varianza a rendimiento de frijol ICTA Chotí^{ACM}, bajo el efecto de diferentes densidades de siembra, en la localidad de Vivero Lop, Santa Ana Huista, Huehuetenango, Guatemala.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend. Kg/ha	81	0.44	0.17	31.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2552881.40	26	98187.75	1.64	0.0628
DIST. ENTRE SURCOS	1167662.22	2	583831.11	9.75	0.0002
DIST. ENTRE POSTURAS	616623.96	2	308311.98	5.15	0.0090
GRANOS/POST	117408.29	2	58704.15	0.98	0.3816
DIST. ENTRE SURCOS*DIST. E..	241353.74	4	60338.44	1.01	0.4115
DIST. ENTRE SURCOS*GRANOS/..	119756.29	4	29939.07	0.50	0.7357
DIST. ENTRE POSTURAS*GRANO..	146398.65	4	36599.66	0.61	0.6562
DIST. ENTRE SURCOS*DIST. E..	143678.25	8	17959.78	0.30	0.9628
Error	3232492.05	54	59860.96		
Total	5785373.45	80			

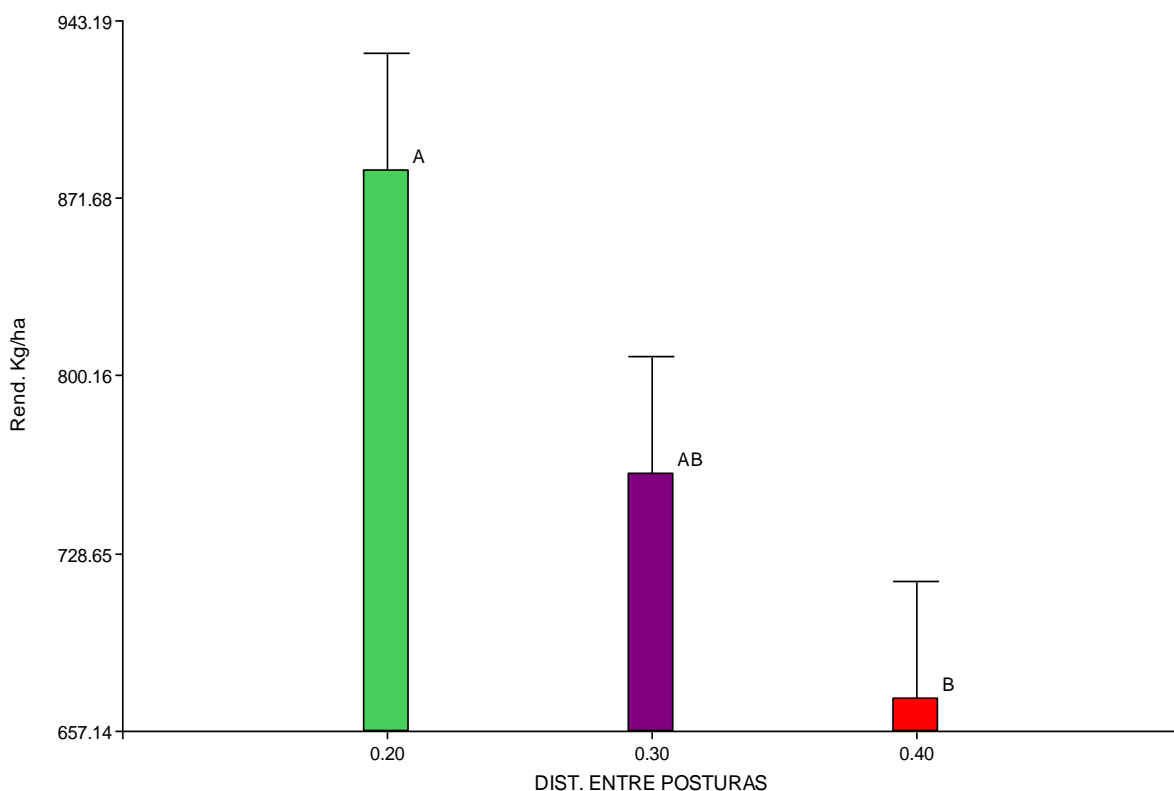
Al efectuar la prueba de medias de Duncan al Alfa=0.05 a la variable distancias entre surcos (figura xx), estadísticamente se desglosaron dos grupos de medias diferentes, identificando que a distancias entre surcos de 0.30 metros se obtiene un rendimiento de 934 kg/ha⁻¹, y a distancias de 0.50 metros se obtiene un rendimiento de 647 kg/ha⁻¹ con una diferencia estadística significativa de 287 kg/ ha⁻¹. La distancia de 0.40 metros entre surcos es indistinta a la distancia de 0.50 m entre surcos. Al tratarse de siembras de relevo de maíz bajo condiciones de humedad residual del suelo, la distancia de siembra de 0.30 m el desarrollo vegetativo cubre más rápidamente el suelo y las plantas protegen el suelo a la exposición de la radiación solar, evitando la evaporación del agua del suelo. Por lo que pueden conservar mayor humedad residual, que las distancias entre surcos mayores. Y repercute favorablemente en el rendimiento del cultivo de frijol en dicha zona productora de la región Huista, Huehuetenango.



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

Figura 5: Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA CHORTÍ^{ACM} entre distancias entre surcos de frijol arbustivo, en la localidad de Santa Ana Huista, Huehuetenango, Guatemala.

Al efectuar la prueba de medias de Duncan al Alfa=0.05 a la variable distancias entre posturas (figura 6), estadísticamente se desglosaron dos grupos de medias diferentes, identificando que en distancias entre posturas de 0.20 m se espera un rendimiento de 883 kg/ha⁻¹, y a distancias de 0.40 m se obtiene un rendimiento de 670 kg/ha⁻¹. La diferencia de 213 kg/ha⁻¹ es estadísticamente distinta.



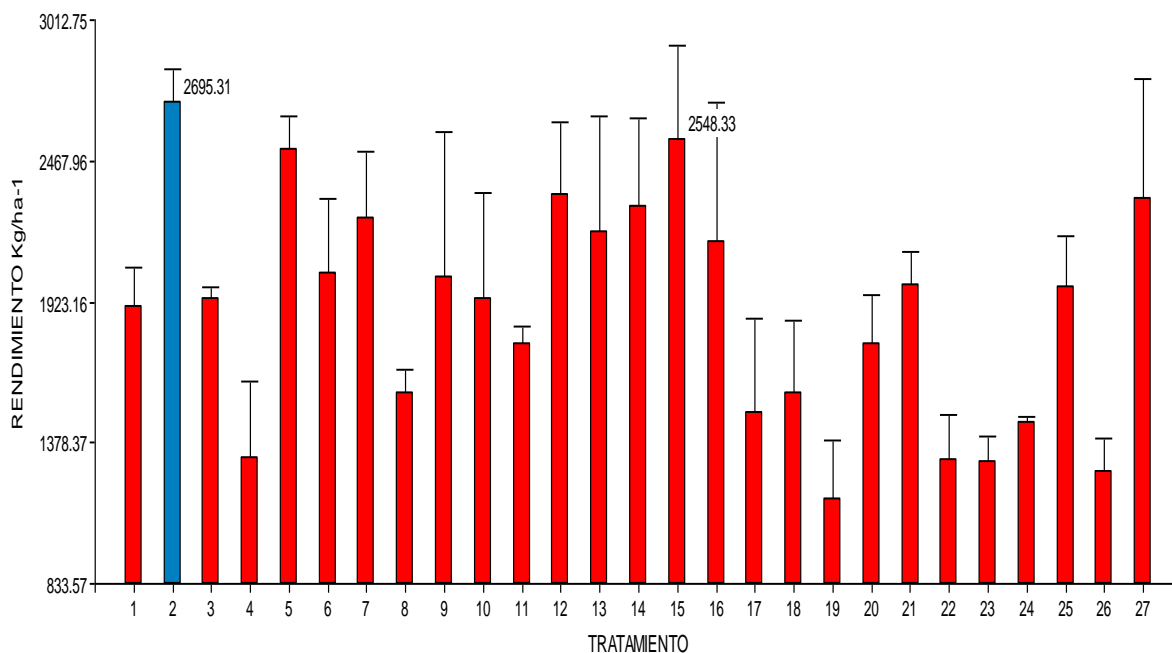
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 6: Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA Chorti^{ACM} entre distancias entre posturas de frijol arbustivo, en la localidad de Santa Ana Huista, Huehuetenango, Guatemala.

8.3 Localidad de Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango.

Para esta localidad el promedio de rendimiento de grano de frijol de los 27 tratamientos, se aprecia en la figura 7.

El promedio general de rendimiento de los 27 tratamientos en esta localidad fue de 1875 kg/ha⁻¹. Superando al promedio general de La Democracia en 719 kg/ ha⁻¹ y al promedio general de la localidad de Santa Ana Huista en 1100 kg/ ha⁻¹.



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

Figura 7: Rendimiento medio de grano de frijol ICTA Chortí^{ACM} bajo diferentes tratamientos de densidades de siembra, en la localidad de localidad Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.

Al realizar el análisis de varianza (ANAVA) a rendimiento (cuadro 4) de los distintos tratamientos evaluados, se determinó que existe diferencia significativa estadística en rendimiento de grano de frijol, en las variables distancias entre surcos (DS); distancias entre posturas (DP); distancia entre surcos distancia entre posturas (DSxDP) y distancia entre surcos por granos por postura (DSxGP). El resto de variables evaluadas y sus interacciones no presentan diferencias estadísticas, bajo las condiciones del estudio.

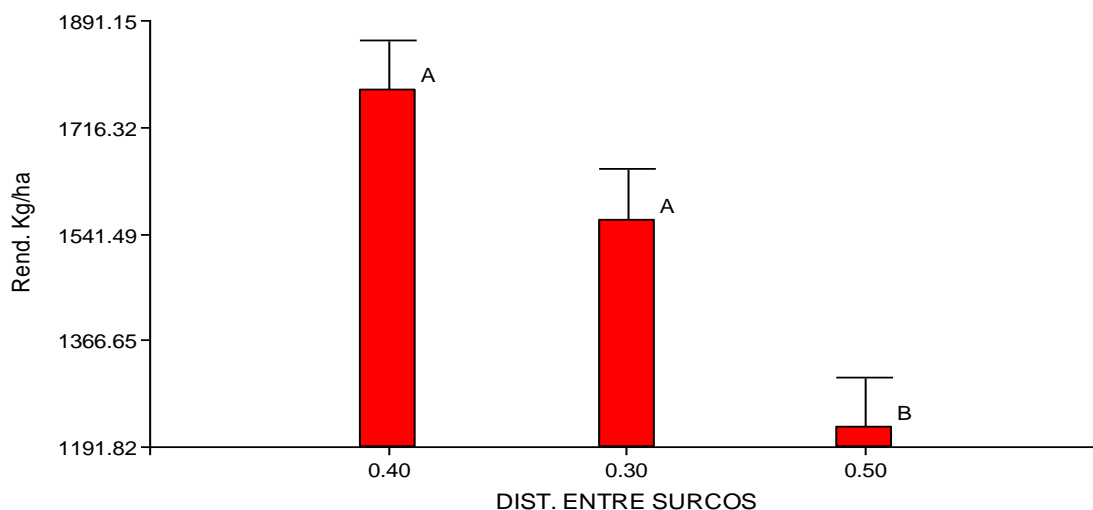
Cuadro 4: Análisis de la varianza a rendimiento de frijol ICTA Chortí^{ACM}, bajo el efecto de diferentes densidades de siembra en la localidad Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend. Kg/ha	81	0.58	0.37	27.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13191654.01	26	507371.31	2.81	0.0007
DIST. ENTRE SURCOS	4191890.02	2	2095945.01	11.61	0.0001
DIST. ENTRE POSTURAS	1227677.93	2	613838.97	3.40	0.0406
GRANOS/POST	133732.58	2	66866.29	0.37	0.6922
DIST. ENTRE SURCOS*DIST. E..	2093757.14	4	523439.28	2.90	0.0302
DIST. ENTRE SURCOS*GRANOS/..	1331803.89	4	332950.97	1.84	0.1337
DIST. ENTRE POSTURAS*GRANO..	2263666.34	4	565916.58	3.14	0.0217
DIST. ENTRE SURCOS*DIST. E..	1949126.11	8	243640.76	1.35	0.2398
Error	9747841.68	54	180515.59		
Total	22939495.69	80			

Al efectuar la prueba de medias de Duncan al Alfa=0.05 (figura 8) a la variable distancias entre surcos, estadísticamente se desglosaron dos grupos de medias diferentes, identificando que las distancias entre surcos de 0.40 y 0.30 metros (m) con rendimientos de 1776 kg/ha⁻¹ y 1564 kg/ha⁻¹, forman un grupo de medias distinto a la distancia entre surcos de 0.50 metros, que obtiene un rendimiento de 1224 kg/ha⁻¹ con una diferencia estadística significativa entre la distancia de 0.40 m vrs 0.50 m de 460 kg/ ha⁻¹ y una diferencia estadística significativa entre la distancia de 0.30 m vrs 0.50 m de 341 kg/ ha⁻¹. Considerando que esta localidad tuvo asistido por riego de aspersión y no sufrió estrés hídrico durante su ciclo de cultivo.

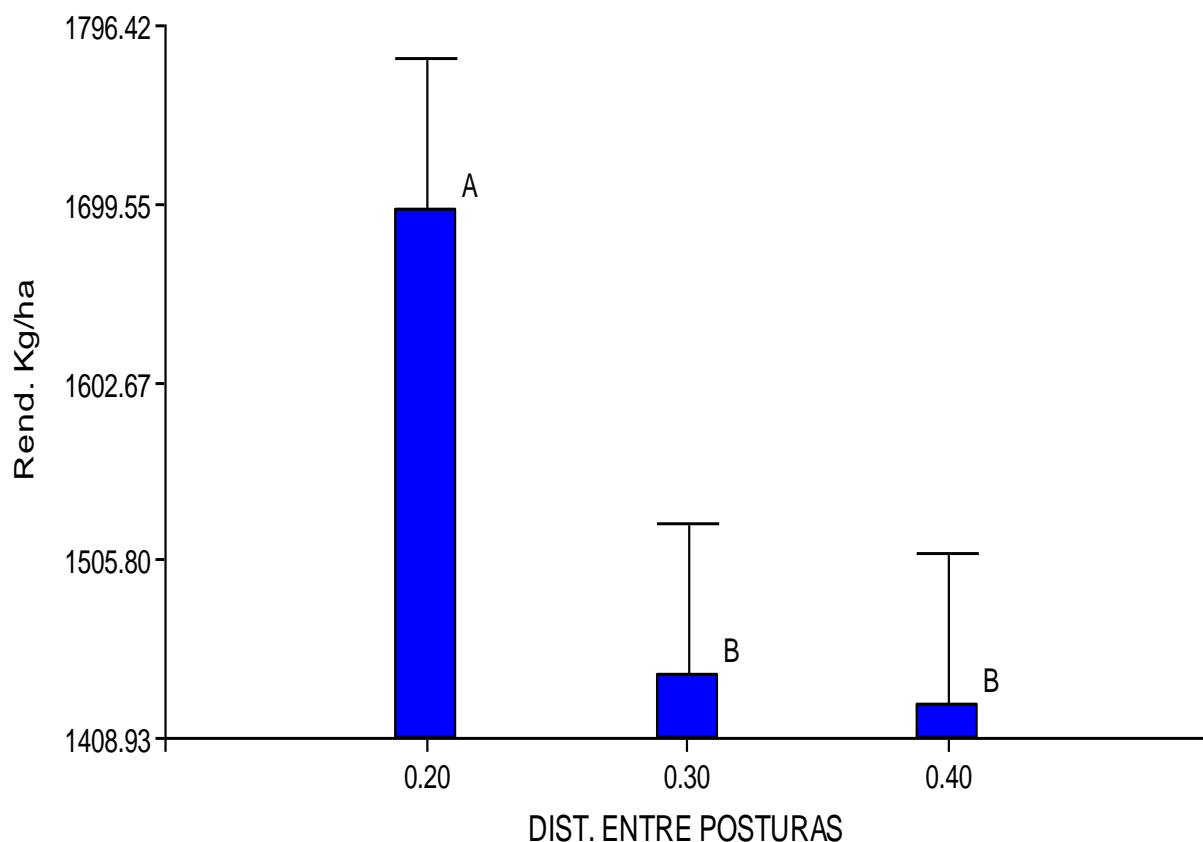


Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 8: Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA ChortíACM bajo el efecto de distancias entre surcos, en la localidad de Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.

La prueba de medias de Duncan al Alfa=0.05 (figura 9) estadísticamente determina que existen diferencias entre distancias entre posturas ($p=0.001$). La media diferencia de 268 kg/

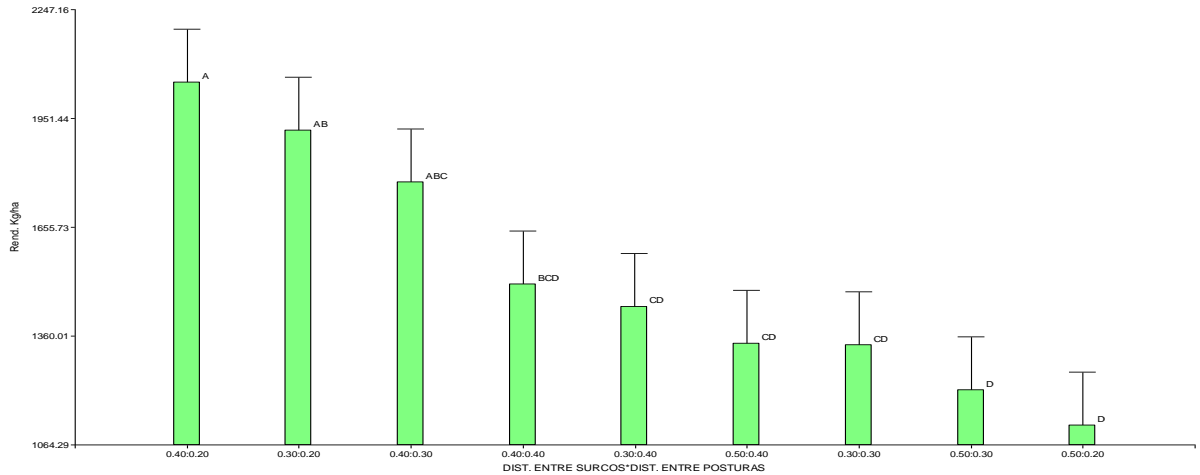
ha⁻¹ a favor de la distancia de 0.20 metros (m) es superior a las distancias de 0.30 y 0.40 m entre posturas.



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

Figura 9: Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA ChortíACM bajo el efecto de distancias entre posturas, en la localidad de Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.

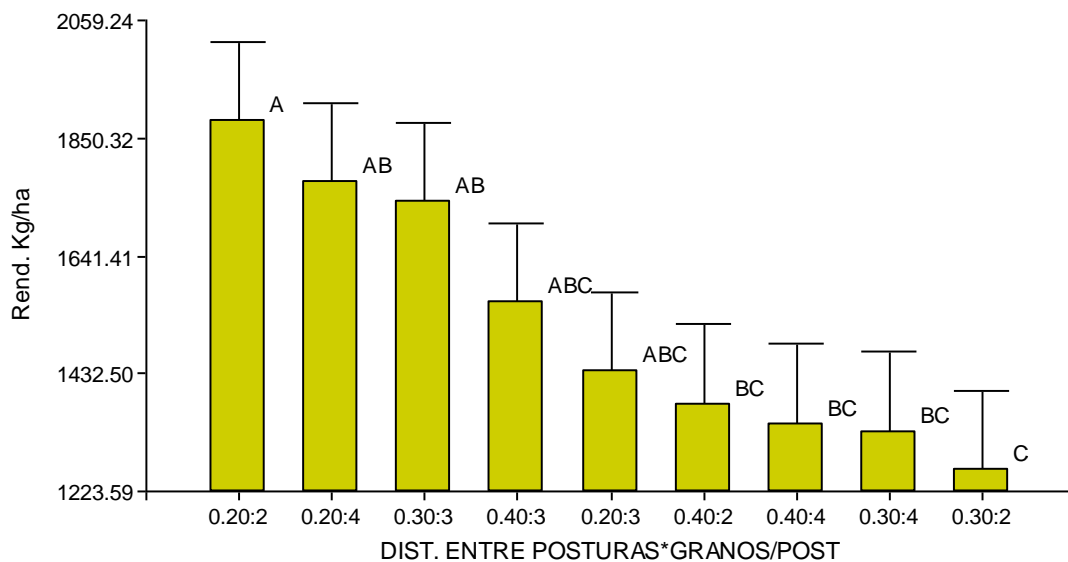
La prueba de medias de Duncan al Alfa=0.05 (figura 10) a la variable distancias entre surcos por distancia entre posturas, estadísticamente desglosó cuatro grupos de medias diferentes, identificando que estadísticamente la distancia entre surcos de 0.40 metros (m) y distancias entre posturas de 0.20 m con rendimientos de 2049 kg/ha⁻¹, es superior al resto de tratamientos e igual a los tratamientos de 0.30 x 0.20 y 0.40 x 30 m. Por tener un rendimiento superior al restos de tratamientos, se recomienda la distancia de 0.40 x 0.20 m.



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

Figura 10: Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA Chortí^{ACM} bajo el efecto de distancias entre surcos y posturas, en la localidad de Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.

La prueba de medias de Duncan al Alfa=0.05 (figura 11) estadísticamente determina que existen diferencias entre distancias entre posturas y número de granos por postura ($p=0.001$). La media de rendimiento de 1880 kg/ha^{-1} y diferencia de 618 kg/ha^{-1} a favor de la distancia entre posturas de 0.20 metros (m) con 2 granos por postura es superior a las distancias de 0.30 m entre posturas con 2 granos por postura. El resto de tratamientos se comportan en forma similar estadísticamente. A excepción de los tratamientos 20x4; 30x3; 40x3 y 20x3 que son estadísticamente iguales al tratamiento de 20x2.



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

Figura 11: Prueba múltiple de medias de Duncan a rendimiento de frijol ICTA Chortí^{ACM} bajo el efecto de distancias entre posturas por granos por postura, en la localidad de Wixaj, Pebil Pam, Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala.

8.4 Adaptación vegetativa y reproductiva

El análisis de componentes principales (ACP) (figura 13) al comportamiento de la adaptación vegetativa y reproductiva de la variedad de frijol ICTA Chortí^{ACM} bajo el efecto de diferentes densidades de siembra, determinó que existe alta correlación positiva entre la adaptación vegetativa y reproductiva en el incremento del rendimiento de los tratamientos 2 y 12 (30x20x3 y 40x20x4). Ambos corresponden a densidades de 500,000 plantas por hectárea. Esto es importante para las zonas productoras de frijol que no disponen de riego durante el ciclo del cultivo. Densidades de 500,000 plantas por hectárea protegen el suelo de la evaporación, confirmando su viabilidad de variedades con tolerancia a sequía, para el incremento del rendimiento en las áreas de cultivo con humedad residual en La Democracia y Santa Ana Huista, Huehuetenango.

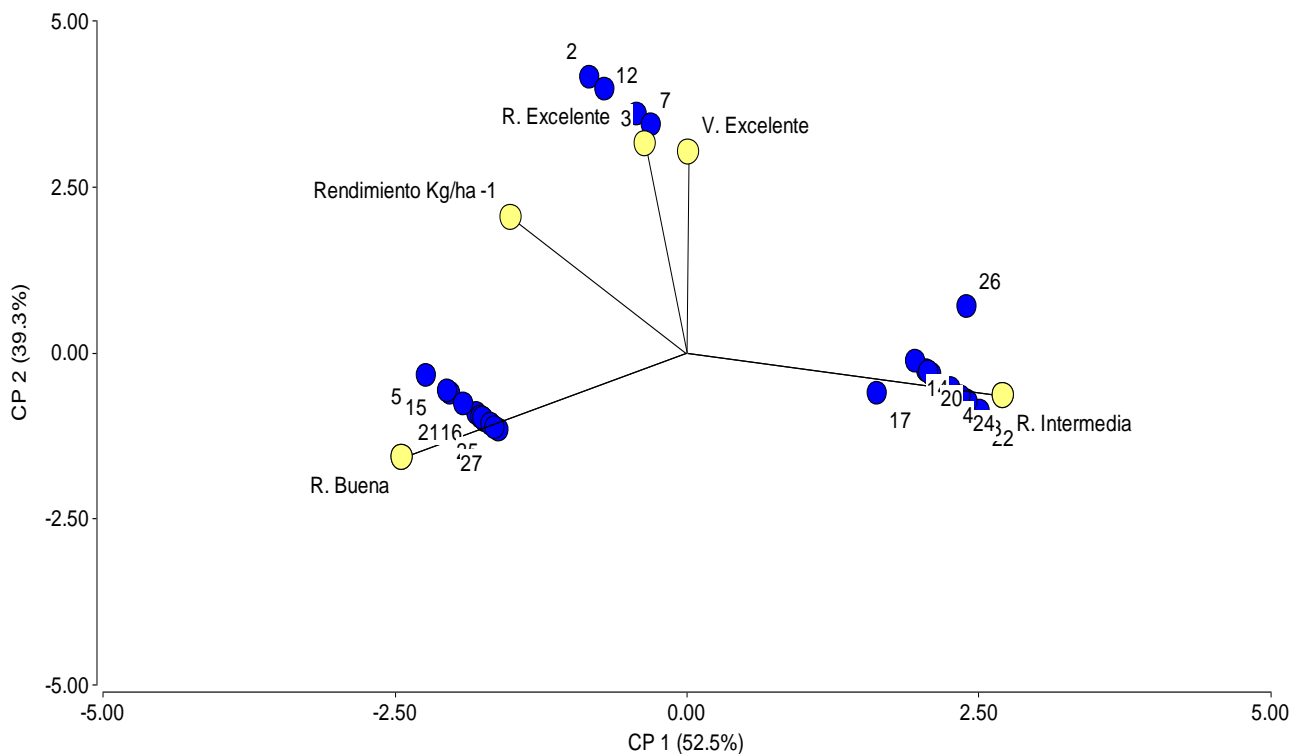


Figura 12: ACP a adaptación vegetativa y reproductiva sobre el rendimiento de frijol ICTA Chortí^{ACM}, bajo el efecto de diferentes densidades de siembra en Huehuetenango, Guatemala.

8.5 Componentes de rendimiento

El análisis de componentes principales (ACP) (figura 14) presenta el comportamiento de los componentes del rendimiento (Número de vainas por planta, Número de granos por vaina, peso de semillas) respecto al rendimiento de la variedad de frijol ICTA Chortí^{ACM}. Existiendo correlación positiva entre el peso de semillas y el rendimiento, confirmando lo encontrado por Kohashi citado por Muñoz (1976). No existiendo correlación entre el rendimiento y granos por vaina. Así mismo el peso semillas tiene correlación negativa con número de vainas por planta, similar resultado obtuvo Voyset citado por Munoz (1976) quien en un estudio de correlaciones de 13 poblaciones de frijol, determinó que la mayoría de casos estuvieron correlacionados negativamente. En el caso del presente estudio, a variedad utilizada tiene características de tolerancia a sequía, pero debido a la escasa humedad residual del suelo durante la fase de desarrollo reproductivo, afectó directamente el rendimiento de grano en las localidades de La Democracia y Santa Ana Huista.

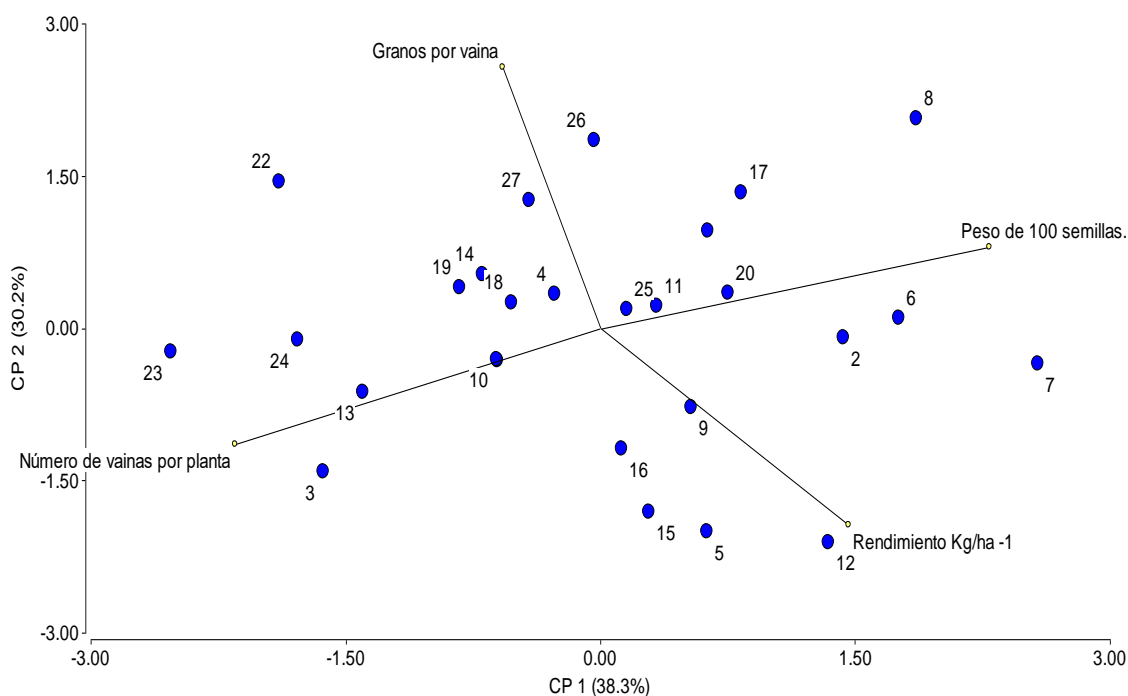


Figura 13: ACP a componentes de rendimiento de frijol ICTA Chortí^{ACM}, bajo el efecto de diferentes densidades de siembra en Huehuetenango, Guatemala.

8.6 Incidencia de enfermedades

El análisis de componentes principales (ACP) (figura 15) presenta el comportamiento de las distintas enfermedades que pueden afectar el rendimiento de la variedad de frijol ICTA Chortí^{ACM}. La presencia o ausencia de las mismas depende de las condiciones ambientales y manejo agronómico del cultivo. En el caso del estudio ICTA Chortí^{ACM} presentó mediana susceptibilidad a virus del Mosaico dorado –BGMV- (Bean Golden yellow Mosaic Virus), el cual dependió de los vectores y plantas hospederas en cada una de las localidades, afectando negativamente el rendimiento de grano. En el caso de Antracnosis y mancha angular, su baja tasa manifestación confirmó la tolerancia genética que tiene el genotipo ICTA Chortí. El caso de presencia intermedia de roya se debió al factor ambiental, en las tres localidades bajo estudio. La roya es favorecida en ambientes con temperaturas moderadas de 17-27 C (IICA, 2008).

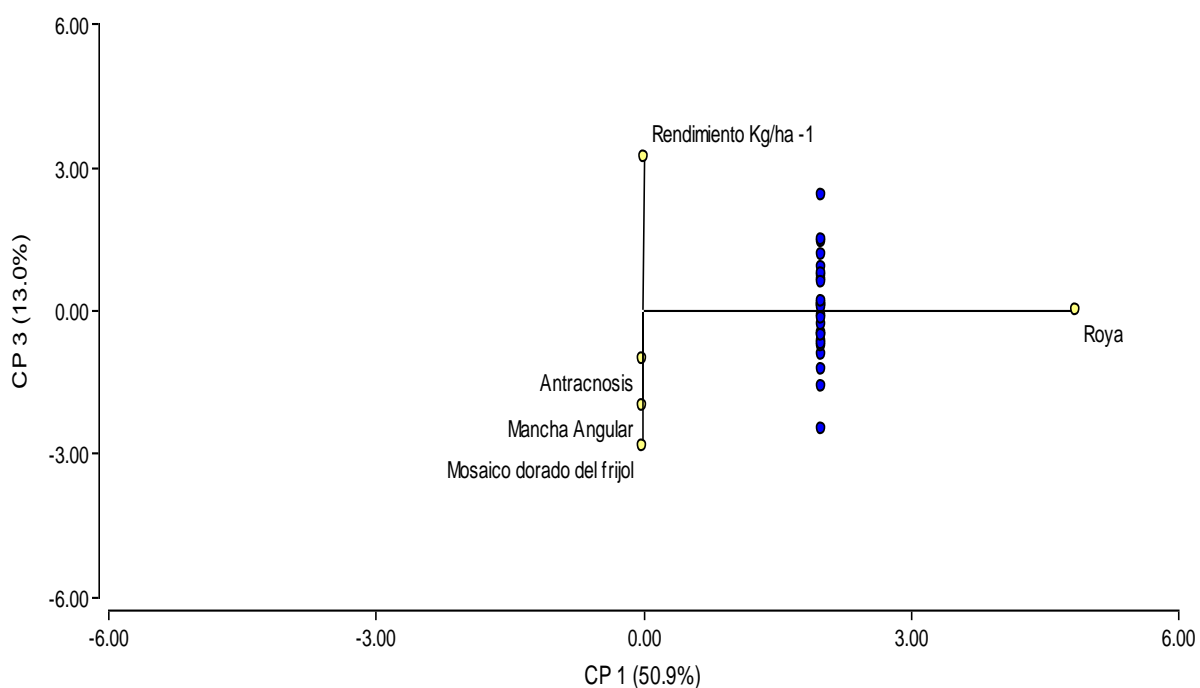


Figura 14: ACP a incidencia de enfermedades sobre el rendimiento de frijol ICTA Chortí^{ACM}, bajo el efecto de diferentes densidades de siembra en Huehuetenango, Guatemala.

8.7 Evaluación participativa

En actividad de intercambio de conocimientos y experiencias, con grupos de productores pertenecientes al consorcio de frijol, se evaluó la opinión de los agricultores respecto a la preferencia de los distintas densidades utilizadas en el estudio, los datos fueron analizados por componentes principales y representados en un biplot (figura 16). El cual refleja que los tratamientos 1,2,14,6,17 y 5, con densidades intermedias de 333,000 a 500,000 plantas por hectárea, fueron las preferidas por los agricultores de la región Huista.

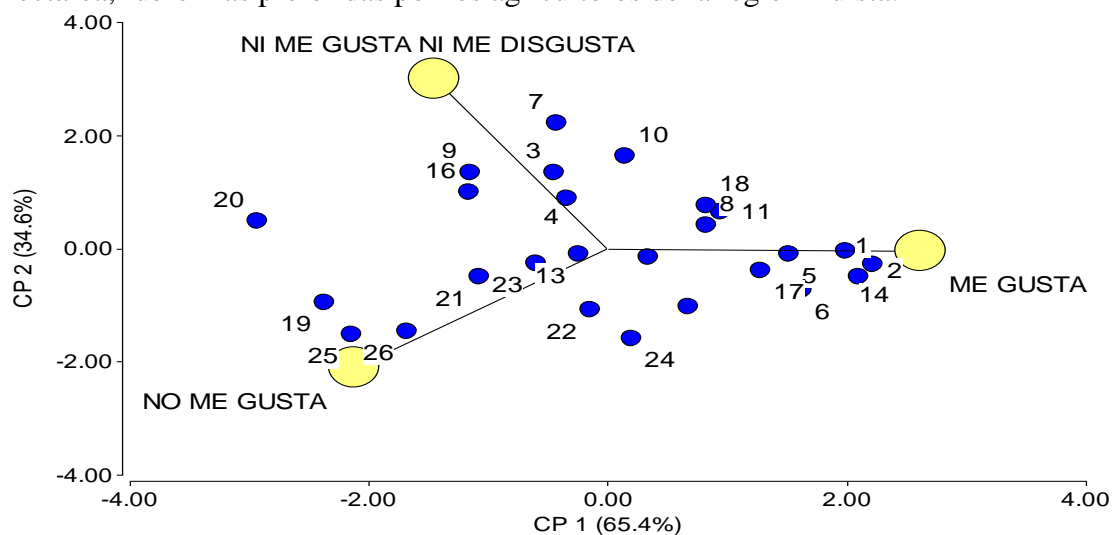


Figura 15: ACP a opinión de agricultores, respecto al efecto de diferentes densidades de siembra en Huehuetenango, Guatemala.

9. Conclusiones:

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa:

El distanciamiento de siembra entre surcos, plantas y número de granos por postura influye sobre el rendimiento de grano de frijol.

- El rendimiento se incrementa al utilizar densidades altas de 333,00 a 500,00 plantas por hectárea, con distancias de 30x20x2 o 30x20x3 granos por postura. en las localidades de La Democracia y Santa Ana Huista, bajo condiciones de humedad residual del cultivo de frijol ICTA Chortí^{ACM}.
- El rendimiento se incrementa al utilizar densidades intermedias de 250,00 plantas por hectárea, con distancias de 40x20x2 granos por postura, en localidades de Jacaltenango, bajo condiciones de riego del cultivo de frijol ICTA Chortí^{ACM}.

Se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa:

La densidad de siembra, difiere estadísticamente en componentes de rendimiento del frijol ICTA Chortí^{SMN}.

- Se determinó alta correlación positiva entre el peso de 100 semillas y el rendimiento.
- Se determinó alta correlación positiva entre la adaptación vegetativa y reproductiva en beneficio del incremento del rendimiento de grano de frijol.
- ICTA Chortí^{ACM} presentó mediana susceptibilidad a virus del Mosaico dorado – BGMV- (Bean Golden yellow Mosaic Virus), afectando negativamente el rendimiento de grano.
- En la evaluación participativa densidades de 333,000 a 500,000 plantas por hectárea, fueron las preferidas por los agricultores.

10. Recomendaciones:

- Pasar a siguiente fase la densidad de 500,000 plantas por hectárea, con arreglo topológico de 0.30 x 0.20 m por 3 granos por postura, en siembras de frijol con humedad residual.
- Pasar a siguiente fase la densidad de 250,000 plantas por hectárea, con arreglo topológico de 0.40 x 0.20 m por 2 granos por postura, en áreas de siembra de frijol bajo riego.
- Promocionar el cultivo de frijol con la variedad ICTA Chortí^{ACM} por su mayor contenido nutritivo del grano para consumo humano.
- Facilitar la creación de bancos comunitarios de producción de semilla de buena calidad, en escuelas de campo.

11. Referencias bibliográficas

- Consejo Nacional de Urbano y Rural –CONADUR-, (2014). *Plan Nacional de Desarrollo K'atun: Nuestra Guatemala 2032*. Guatemala: Serviprensa, S.A.
- DIPLAN. (2015). *www.maga.gob.gt*. Recuperado el 2016, de http://web.maga.gob.gt/diplan/download/informacion_del_sector/informes_de_situacion/2015/06%20Informe%20Situaci%C3%B3n%20Del%20Frijol%20Negro%20Junio%202015.pdf
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2008). InfoStat, versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- González, M. (2016). Taller de identificación de puntos críticos con actores clave, Agro-Cadena de frijol. Huehuetenango, Guatemala.
- Guillén, F. d. (Octubre de 2007). *Universidad de San Carlos de Guatemala*. Recuperado el Septiembre de 2016, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1812.pdf
- ICTA. (1981). Guía Técnica para Investigación Agrícola. 170 p. Inédito. Guatemala.
- ICTA. (2010). Manual Técnico Agrícola, Producción comercial y de semilla de Frijol (*Phaseolus Vulgaris* L). Quetzaltenango, Guatemala.
- ICTA. (s.f.). Frijol ICTA Ligero. Folleto, Guatemala. Recuperado el 2016.
- IICA (2008). Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central / IICA/ Proyecto Red SICTA, COSUDE. Managua: IICA, 2008. 32 p. 24 x 9.5 cm
- INE. (2003). Censo Nacional Agropecuario de la República de Guatemala. Recuperado el 2016
- INE. (2014). *www.ine.gob.gt*. Recuperado el 2016, de <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/10/16/iQH6CPCSZUC1uOPe8fRZPen2qvS5DWsO.pdf>
- INE. (2014). *www.ine.gob.gt*. Recuperado el 2016, de <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/03/13/MLnekEa06pp3BVh1FWFnKcJzK KDDX3el.pdf>
- INE. (2014). *www.ine.gob.gt*. Recuperado el 2016, de <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/12/11/vjNVdb4IZswOj0ZtuivPIcaAXet8 LZqZ.pdf>
- MAGA. (2015). *www.maga.gob.gt*. Recuperado el 2016, de <http://web.maga.gob.gt/diplan/informacion-del-sector/agro-en-cifras/>

Muñoz, R. (1976). El rendimiento y los componentes del frijol común en el oriente de Guatemala. Tesis, Guatemala.

Zanabria, C. (2015). Efecto del arreglo topológico sobre el rendimiento de variedades de frijol arbustivo. Guatemala. Recuperado el 2016



CRIA

Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria

