

**Efecto de Densidades de siembra en el rendimiento del frijol
arbustivo (*Phaseolus Vulgaris* L.) ICTA Hunapú Precoz en el
altiplano de Huehuetenango**

**Gustavo Adolfo Tovar Rodas
Eddy Rodolfo Ixcotoyac Cabrera
Wilson Danilo Gómez Vásquez**

Huehuetenango, Guatemala, octubre 2018

Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). Las opiniones expresadas en esta publicación son las de sus autores o institución a la que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Resumen

En la investigación se evaluaron diferentes combinaciones entre distanciamientos entre surco (50 cm, 40 cm, 30 cm,) distanciamiento entre postura (40 cm, 30 cm y 20 cm) y números de granos por postura (2, 3 y 4) dando como resultado 27 tratamientos. El proyecto de investigación que llevo por título “Efecto de densidades de siembra en el rendimiento del frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) ICTA Hunapú precoz en el altiplano de Huehuetenango se ejecutó en 5 localidades del departamento siendo Aguacatán, Chiantla, Concepción Huista, San Sebastián H. y Todos Santos Cuchumatán. La investigación estuvo constituida por un área experimental de 432m². El diseño experimental que se utilizó durante la investigación fue el de bloques al azar trifactorial, con arreglo de parcelas sub subdivididas. El objetivo de la investigación fue determinar que combinación de densidades de siembra sería la mejor para contribuir con el incremento del rendimiento del frijol de grano negro para el altiplano de Huehuetenango. En base a la característica “rendimiento” y “estabilidad” fueron seleccionados siete tratamientos, los cuales fueron sometidos al análisis económico, donde el mejor tratamiento fue el 30cm entre surco, 30 cm entre postura y 3 granos por postura.

Abstrac

The research evaluated different combinations between distancing between Groove (50 cm, 40 cm, 30 cm), distance between position (40 cm, 30 cm and 20 cm) and numbers grains by position (2, 3, and 4) resulting in 27 treatments. The research project that I've been by title "effect of stocking density on the performance of Bush beans (*Phaseolus vulgaris* L.)" ICTA Hunapu early in the Highlands of Huehuetenango was executed in 5 towns of the Department being Aguacatán, Chiantla, Concepción Huista, San Sebastián H. and Todos Santos Cuchumatán. The research consisted of an experimental area of 432m². The experimental design used during the investigation was the blocks randomly trifactorial, with sub plot subdivided. The objective of the research was to determine the combination of stocking density would be the better to contribute to the increase of performance of beans black beans for the Highlands of Huehuetenango. Based on the feature "performance" and "stability" were selected seven treatments, which were submitted to the economic analysis, where the best treatment was 30 cm between Groove, 30 cm between posture and 3 grains per position.

CONTENIDO

1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico.	2
2.1. Importancia del frijol en la población Guatemalteca:	2
2.2. Densidad de siembra:	2
2.3. Cultivar de frijol arbustivo del ICTA.....	3
2.3.1 ICTA Hunapú precoz.....	3
3. Objetivos.....	3
3.1 Objetivo general.	3
3.2. Objetivos específicos.....	3
4 Hipótesis.....	3
5 Metodología.	3
5.1 Localidad y época (s).....	3
5.2 Selección de sitios experimentales.....	4
5.3 Diseño experimental	4
5.4 Tratamientos.....	4
5.5 Tamaño de la unidad experimental.	5
5.6 Modelo estadístico.....	5
El modelo estadístico que se utilizó en la investigación fue el siguiente:	5
5.7 Variables de respuesta	6
5.8 Análisis de la información	6
5.8.1 Análisis combinado.	6
5.8.2 Análisis de interacción del tratamiento por el ambiente.....	6
5.8.3 Análisis financiero	7
5.9 Manejo del experimento	7
6 Resultados.....	9
6.1 Análisis estadístico.	9
6.1.1 Análisis de la varianza	9
6.1.2 Comparación de medias.....	9
6.1.3 Análisis de la interacción tratamiento-ambiente con el modelo (AMMI 1)	11
6.1.4 Análisis de la interacción tratamiento-ambiente con el modelo SREC-GGE.....	12
6.1.5 Componentes de rendimiento.....	12
6.2 Analisis financiero.....	13

6.2.1	Presupuesto parcial	13
6.2.2	Análisis de dominancia.....	14
6.2.3	Análisis marginal.....	15
6.3	Selección de la tecnología a validar	16
7	Conclusiones.	16
8	Recomendaciones.	17
9	Referencias Bibliográficas.	17

1. Introducción.

Guatemala es el país con el mayor porcentaje de desnutrición crónica de América Latina y según las estadísticas del 2007-2011 ocupa el quinto lugar a nivel mundial después de Burundi, Timor-Leste, Níger y Madagascar (UNICEF, 2013). El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) complementario con el maíz son alimentos indispensables en la dieta alimenticia principalmente en países de América Latina. El frijol en Guatemala es un producto que está clasificado entre los cultivos tradicionales y normalmente es sembrado por la población del área rural que en su mayoría están dentro del 51% que viven en condiciones de pobreza y 15.2% en extrema pobreza (Zapil y Fausto 2006).

Según MAGA y DIPLAN (2015) la producción de frijol para el año agrícola 2015 fue de 241,659.09 toneladas métricas a nivel nacional, con rendimiento promedio de 0.91 tm/ha. Los departamentos con mayor producción en Guatemala son Petén (27%), Jutiapa (13%) y Chiquimula (10%), mientras que en la región de occidente uno de los departamentos que más producen es El Quiché (5%), seguido de Huehuetenango (4%), San Marcos (1.5%) y por último Quetzaltenango (0.5%) (MAGA 2015).

Debido a los bajos rendimientos que se obtienen en el departamento de Huehuetenango se ha observado una limitante dentro del distanciamiento entre surcos y entre plantas para la siembra del frijol; siendo el bajo rendimiento por cuerda, menos plantas por unidad de área, esto perjudica la dieta alimenticia de las familias Guatemaltecas, ya que no satisfacen las necesidades de consumo; lo que implica la compra de este grano en mercados y a precios altos, con intermediarios, trueques o intercambios entre agricultores de la misma comunidad.

2. Marco Teórico.

2.1. Importancia del frijol en la población Guatemalteca:

El frijol es un cultivo de importancia para la alimentación en el mundo ya que constituye una significativa fuente de proteínas en países en desarrollo. (FAO 1999). Según INCAP (2011) en su estudio titulado análisis de la situación alimentaria en Guatemala determinaron que el frijol es consumido diariamente en aproximadamente 80% de los hogares, siendo este producto consumido por hogares catalogados como no pobres, pobres y extremadamente pobres, es decir su consumo no depende del nivel de pobreza. Además la producción de frijol representa una fuente de empleo importante ya que se estima que para el año 2014 generó un total de 15, 944, 350 jornales (MAGA 2015).

El fríjol (*Phaseolus vulgaris L.*) complementario con el maíz son alimentos indispensables en la dieta alimenticia principalmente en países de América Latina. El fríjol en Guatemala es un producto que está clasificado entre los cultivos tradicionales y normalmente es sembrado por la población del área rural que en su mayoría están dentro del 51% que viven en condiciones de pobreza y 15.2% en extrema pobreza (Zapil y Fausto 2006).

Según MAGA y DIPLAN (2015) la producción de frijol para el año agrícola 2015 fue de 241,659.09 toneladas métricas a nivel nacional, con rendimiento promedio de 0.91 tm/ha. Los departamentos con mayor producción en Guatemala son Petén (27%), Jutiapa (13%) y Chiquimula (10%), mientras que en la región de occidente uno de los departamentos que más producen es El Quiché (5%), seguido de Huehuetenango (4%), San Marcos (1.5%) y por último Quetzaltenango (0.5%) (MAGA 2015). Sin embargo, esta producción no es suficiente para cubrir la demanda de la población guatemalteca, por tal motivo durante el año 2015, Guatemala importó 11,196.28 tm de frijol negro por un valor de US\$7.4 millones, que corresponde al 4.50% del consumo aparente.

2.2. Densidad de siembra:

La densidad de siembra es el número de plantas por unidad de área. La competencia entre las plantas puede de alguna manera generar una mayor o menor eficiencia de captación de la radiación solar, la densidad de siembra se ve influenciada por los distanciamientos de hileras y entre plantas que se utilice en el cultivo (Archila sf.)

Buttery (1969) en su estudio titulado Efecto de la densidad poblacional y fertilización en el crecimiento y rendimiento de soya determinó que al haber una densidad elevada de plantas por metro cuadrado se reduce la proporción de flores que llegan a formar vainas maduras y por ende el rendimiento se ve afectado, además el peso de la planta y los componentes de rendimiento (número de vainas por planta y número de granos por vaina) fueron disminuidos al incrementar la densidad de plantas, así también se evidenció que los efectos del estrés competitivo por una alta densidad aumentan conforme el crecimiento de las plantas.

2.3. Cultivar de frijol arbustivo del ICTA

2.3.1 ICTA Hunapú precoz.

Es proveniente de la estación de la estación experimental de Chimaltenango, ha sido seleccionada en la estación experimental de la Labor Ovalle, Quetzaltenango sobre la base de número y tamaño de vainas, el grano es de color negro opaco, altura de 50 cm aproximadamente y produce de 20 a 25 vainas por planta, las vainas son de un color morado intenso, muy diferente al morado de la variedad Hunapú. Es una línea de frijol con hábito de crecimiento tipo II (Aldana 2015). Posee aproximadamente de 5 a 6 granos por vaina, las plantas alcanzan su madurez a los 115 días después de la siembra, rendimiento de 2500 kg.ha⁻¹, posee resistencia a la roya, cosa que la hace muy superior a ICTA Texel. En los años 2010 y 2011 ha sido el mejor frijol producido en el Altiplano Occidental (Aldana 2015).

3. Objetivos.

3.1 Objetivo general.

3.1.1 Generar información sobre densidades de siembra que contribuya al incremento del rendimiento de frijol arbustivo de grano negro en el altiplano de Huehuetenango.

3.2. Objetivos específicos

3.2.1 Determinar la densidad de siembra que produzca el mejor rendimiento de grano de frijol.

3.2.2 Determinar el efecto de las densidades de siembra en los componentes de rendimiento.

3.2.3 Determinar la mejor alternativa económica de las diferentes densidades de siembra a evaluar.

4 Hipótesis.

4.1 **Ho.** Los distanciamientos de siembra entre surcos, plantas y número de semillas por Postura, producirán rendimientos de grano, estadísticamente diferentes.

4.2 **Ho.** Las densidades de siembra a evaluar no generarán diferencias estadísticas en la manifestación de los componentes del rendimiento.

5 Metodología.

5.1 Localidad y época (s)

Los ensayos se estuvieron ejecutando en cinco localidades del departamento de Huehuetenango siendo los municipios de Aguacatán, Chiantla, Concepción Huista, San Sebastián Huehuetenango y Todos Santos Cuchumatán los cuales estuvieron bajo cobertura del proyecto de investigación, contando con un ensayo en cada región, las fechas de siembra se realizaron en la última semana del mes de Octubre y Noviembre del año 2017 y a principios del mes de Enero del año 2018, Cuadro 2.

Cuadro 1. Ubicación de los ensayos y épocas de siembra.

No	Municipio	localidad	Agricultor Colaborador	Altura (msnm)	fecha de siembra
1	Aguacatán	La Barranca	Simón Figueroa	1670	16/11/2017
2	Chiantla	Los Regadillos	Enrique López	1900-2200	20/11/2017
3	Concepción Huista	Secheu	Cipriano Cruz	2220	25/01/2018
4	San Sebastián H.	Tuixel	Alfonzo Laínez	1680-2000	16/01/2018
5	Todos Santos	Tuipat	Guadalupe Mendoza	2300	11/01/2018

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Selección de sitios experimentales.

El proyecto de investigación se inició con la búsqueda e identificación de agricultores colaboradores y localidades que estuvieron bajo estudio, se buscaron terrenos adecuados y que cumplieran con las características deseadas por los investigadores, estas actividades se realizaron conjuntamente con los equipos de extensión del Ministerio de Agricultura y Alimentación MAGA que conforman los centros de aprendizaje de desarrollo rural CADER's también se coordinó con ONG's, técnicos locales de organizaciones locales y Asociaciones interesadas presentes en cada región bajo estudio del proyecto de investigación de la agrocadena de frijol de occidente.

5.3 Diseño experimental

El diseño experimental que se usó durante la investigación fue el de Bloques al Azar trifactorial, con arreglo de Parcelas sub subdivididas, con tres repeticiones y un total de 27 tratamientos.

5.4 Tratamientos.

Los tratamientos se realizaron haciendo una combinación entre los factores a los cuales se les asignó una literal y un número a cada uno de ellos, para la identificación de cada uno, dando como resultado 27 tratamientos. En el cuadro No. 3 muestra los factores que se utilizaron y el cuadro No.4 da a conocer los tratamientos que surgieron de la combinación de los factores.

Cuadro 2. Combinación de factores.

Factor A (Distancia/surco)		Factor B (Distancia/planta)		Factor C (Granos/postura)	
A1	0.5 m	B1	0.4 m	C1	2
A2	0.4 m	B2	0.3 m	C2	3
A3	0.3 m	B3	0.2 m	C3	4

Cuadro 3. Formación de tratamientos

No. Tratamiento	Tratamiento	No. Tratamiento	Tratamiento	No. Tratamiento	Tratamiento
1	A1B1C1	10	A2B1C1	19	A3B1C1
2	A1B1C2	11	A2B1C2	20	A3B1C2
3	A1B1C3	12	A2B1C3	21	A3B1C3
4	A1B2C1	13	A2B2C1	22	A3B2C1
5	A1B2C2	14	A2B2C2	23	A3B2C2
6	A1B2C3	15	A2B2C3	24	A3B2C3
7	A1B3C1	16	A2B3C1	25	A3B3C1
8	A1B3C2	17	A2B3C2	26	A3B3C2
9	A1B3C3	18	A2B3C3	27	A3B3C3

5.5 Tamaño de la unidad experimental.

El área experimental estuvo constituida de 432 m², tres bloques o repeticiones de 21.6 metros de largo por 7.2 metros de ancho, con unidades experimentales de 2.4 metros de ancho por 2 metros de largo. El tamaño de la unidad experimental fue de 4.8 m².

5.6 Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizó en la investigación fue el siguiente:

$$y_{ijkl} = \mu + tA_i + b_j + (tA b)_{ij} + tB_k + (tA tB)_{ik} + (tA tB b)_{ijk} + tC_l + (tA tC)_{il} + (tB tC)_{kl} + (tA tB tC)_{ikl} + \varepsilon_{ijkl},$$

Con las suposiciones usuales, donde:

y_{ijkl} = es la observación correspondiente al i-ésimo tratamiento principal
k-ésimo tratamiento secundario; l-ésimo tratamiento terciario en el j-ésimo bloque.

μ = es la media general,

tA_i = es el efecto del i-ésimo tratamiento A,

B_j = es el efecto del j-ésimo bloque,

$(tAb)_{ij}$ = es el error (a), a nivel de la parcela A,

tB_k = es el efecto del k-ésimo tratamiento B,

$(tA tB)_{ik}$ = es el efecto de la ik-ésima interacción tA x tB,

$(tA tB b)_{ijk}$ = es el error (b), a nivel de la sub-parcela,

C_l es el efecto del l-ésimo tratamiento C,

$(tA tC)_{il}$ = es el efecto de la il-ésima interacción tA x tC,

$(tB tC)_{kl}$ = es el efecto de la kl-ésima interacción tB x tC,

$(tA tB tC)_{ikl}$ = es el efecto de la ikl-ésima interacción tA x tB x tC,

ε_{ijklm} = es el error (c), a nivel de la sub-subparcela.

5.7 Variables de respuesta

- 5.7.1 *Número de Vainas por Planta:* Después de haber culminado la cosecha se tomaron de manera aleatoria un total de 10 plantas por cada unidad experimental a las cuales se contaron el número de vainas de cada planta y para luego sacar un promedio de vainas por planta de cada unidad experimental.
- 5.7.2 *Granos por vaina:* antes de que se hiciera la práctica del aporreo de las plantas de frijol se tomó una muestra escogida al azar de 10 vainas de cada unidad experimental a las cuales se les conto el total de granos, luego se sacó el promedio y se determinó el número de granos por vaina.
- 5.7.3 *Peso de 100 semillas (g):* después de que hizo el aporreo y de realizar la limpieza de los granos de frijol se tomó una muestra aleatoria de 100 semillas de cada unidad experimental, después de obtener la muestra de las 100 semillas se utilizó una balanza analítica con la cual se obtuvo el peso de las semillas, esta práctica se realizó con cada unidad experimental.
- 5.7.4 Durante todo el proceso y desarrollo de la fase vegetativa del cultivo del frijol se realizó un monitoreo frecuente a las 5 parcelas experimentales, la frecuencia de supervisión de las parcelas fue de 8 a 15 días; el objetivo de las visitas de campo fue para hacer lecturas sobre la presencia de enfermedades que afectarían al cultivo, para lo cual se utilizó la escala de enfermedades según lo establecido por CIAT (1991), y la escala fue a siguiente: 1 – 3 Resistente, 4 – 6 Intermedio y 7 – 9. Susceptible.

5.8 Análisis de la información

5.8.1 Análisis combinado.

El análisis combinado se realizó con el software estadístico INFOSTAT, la prueba para comprobar las hipótesis planteadas se hizo mediante análisis de varianza por localidad y combinado cuando fue necesario. También se hizo una prueba múltiple de medias según DGC (Di Rienzo, Guzman y Cassanoves, 2002).

5.8.2 Análisis de interacción del tratamiento por el ambiente.

La interacción se determinó por medio del modelo SREG (Site Regretion) el cual nos proporciona un biplot (gráfica) GGE en donde se puede observar las interacciones existentes entre los tratamientos y los ambientes o localidades. Esta metodología es importante para conocer si existen recomendaciones específicas para un determinado ambiente o ambientes. Para el caso de la presente investigación se pretende conocer si existen densidades poblacionales para determinados ambientes.

5.8.3 Análisis financiero

Para el análisis financiero la información obtenida se usó la metodología de los presupuestos parciales, curva de beneficios netos y análisis de dominancia.

5.9 Manejo del experimento

El manejo del cultivo se llevó a cabo de acuerdo a las recomendaciones hechas por el ICTA en el Manual Técnico Agrícola para la producción comercial y de semilla de frijol. (ICTA, 2010)

- 5.9.1 Preparación del área: Esta práctica consistió en la limpieza y eliminación de cualquier material como: piedras, troncos de árboles o cualquier otro material que obstaculizaran las labores de preparación del suelo.
- 5.9.2 Preparación del suelo: la preparación del suelo consistió en roturar (barbecho) el suelo y dejarlo en buenas condiciones para realizar la siembra. Esta actividad se hizo manualmente utilizando un azadón y profundizando el suelo a 0.30 metros; después de haber preparado el suelo y dejarlo listo para la siembra se hizo la marcación del área experimental utilizando estacas de madera con la cual se delimitaron las áreas de la parcela principal, las subparcelas y las subsubparcelas. Esta actividad se hizo manualmente utilizando cinta métrica, croquis o mapa de los tratamientos y machete.
- 5.9.3 Siembra: después de haber preparado el suelo y de realizar la delimitación y marcación del área experimental se colocaron pitas plásticas las cuales tenían marcas con masking tape que indicaba cada distanciamiento entre surcos (0.50, 0.40, 0.30) y entre posturas (0.40, 0.30, 0.20) luego se procedió con la siembra. Esta actividad consistió en colocar la bolsa de las semillas previamente identificadas con cada tratamiento del ensayo en las unidades experimentales correspondientes, luego se fueron depositando las semillas en cada agujero según el tratamiento. Como última actividad se cubrieron con tierra cada uno de los agujeros que se abrieron.
- 5.9.4 Control de malezas: el control de malezas se realizó de manera periódica durante el ciclo de cultivo, se hizo un control a los 15 días después de la emergencia de la plántula ya que en esta etapa es donde la planta de interés necesita más espacio, luz y nutrientes para que pueda desarrollarse óptimamente. Por este motivo se debe eliminar en esta etapa todo tipo de plantas no deseadas para que no afecte el desarrollo del cultivo de interés. El control de malezas se realizó de manera manual en la cual se utilizó el azadón para hacer un raspado o picado en el suelo.

- 5.9.5 Fertilización: la fertilización del cultivo del frijol se realizó a los 8 días después de la siembra cuidando que el fertilizante no quede en contacto directo con las plántulas ya que las puede dañar. La fertilización se realizó de acuerdo al número de posturas de cada tratamiento se hicieron 3 medidas con las cuales se aplicó al suelo el fertilizante. Para el caso de los tratamientos que incluían 2 semillas se utilizó 3 gramos; para 3 posturas, 4.8 gramos y para los tratamientos que poseían 4 posturas se utilizó 6 gramos. Después de haber calculado la cantidad de fertilizante por tratamiento y de haber fabricado las medidas se abrieron con un pachan o coba una pequeña zanja donde luego se colocó el fertilizante y por último se cubrió con tierra. El producto que se utilizó fue fertilizante químico 15-15-15 mezcla química.
- 5.9.6 Monitoreo de enfermedades: El aumento o reducción en la densidad poblacional en las unidades experimentales pudo provocar un ambiente favorable o desfavorable para la aparición de enfermedades tales como: roya, antracnosis, ascochita, por lo que se realizó un monitoreo constante en las unidades experimentales, para la identificación de las enfermedades. Para hacer dicha práctica se utilizó la escala para la medición de la incidencia y severidad de enfermedades proporcionada por el ICTA. La escala fue la siguiente: 1 – 3 baja, 4 – 6 media y 7 – 9 alta, debido a las condiciones ambientales y climáticas durante el ciclo de cultivo las cuales fueron favorables ya que no propiciaron la aparición de enfermedades.
- 5.9.7 Días de campo: En el ensayo que estaba ubicado en la localidad de Tuiapat, Todos Santos Cuchumatán se organizó un día de campo. Esto se llevó a cabo cuando el cultivo de frijol paso por la etapa R9 o madurez fisiológica; a la actividad se invitaron agricultores colaboradores de la zona y otros municipios del departamento, extensionistas del MAGA, técnicos de las asociaciones locales presentes en la zona y técnicos del ICTA. El objetivo de la actividad fue que las personas invitadas se pudieran dar cuenta sobre el comportamiento del cultivo con los diferentes distanciamientos de siembra o tratamientos que incluía el ensayo.
- 5.9.8 Cosecha: Para realizar la cosecha primero se identificaron cada una de las unidades experimentales que componen el ensayo, luego se fue arrancando las plantas siempre teniendo el cuidado de no pasarse de los límites de cada UE (unidad experimental), después de haber terminado de arrancar todas las plantas del ensayo, se procedió a meter cada unidad experimental en un costal debidamente identificado y rotulado esto para que no se tenga el problema de mezclar las unidades experimentales y eso nos pueda repercutir en tener datos falsos. Asimismo se transportaron hacia el lugar donde se realizarían las prácticas de secado, aporreado limpieza y selección de la unidad experimental.

6 Resultados.

6.1 Análisis estadístico.

6.1.1 Análisis de la varianza.

Haciendo uso del software estadístico Infostat y la herramienta “modelos Lineales Generales y Mixtos” se procedió a realizar un “Análisis de la varianza” –ANDEVA_ con el objetivo de conocer si existía diferencia significativa en alguna de las fuentes de variación. Los resultados de la ANDEVA se muestran en los cuadros 4 y 5

Cuadro. 4 Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	P-value
(Intercept)	1	252	57.86	< 0.0001
DES	2	28	6.13	0.0062
DEP	2	84	1.05	0.3551
GPP	2	252	7.27	0.0009
DES:DEP	4	84	0.11	0.9778
DES:GPP	4	252	1.1	0.3589
DEP:GPP	4	252	1.74	0.1413
DES:DEP:GPP	8	252	2.21	0.0272

De acuerdo a los resultados que se muestran en el cuadro anterior se encontró alta significancia estadística para los factores distancia entre surcos y granos por postura y significancia estadística para la triple interacción, entre los factores, distancia entre surcos, distancia entre posturas y granos por postura, lo que permite suponer que el incremento del número de plantas por unidad de área puede tener un pacto positivo en el rendimiento de grano

6.1.2 Comparación de medias

Luego de conocer que existe diferencia estadística para la fuente de variación entre distanciamiento entre surco y granos por postura. Se procedió a realizar una comparación de medias a través de la prueba LSD de Fisher.

Cuadro 6 Comparación de medias a través de la prueba LSD de Fisher al 5% probabilidad de Error.

ES	DEP	GPP	Medias	E.E.	Grupos estadísticos					
30	30	4	2219.87933	284.04174	A					
30	20	3	2201.996	284.04174	A	B				
30	20	2	2195.20867	284.04174	A	B				
30	40	3	2179.26867	284.04174	A	B				
30	40	4	2090.268	284.04174	A	B	C			
30	30	3	2088.98133	284.04174	A	B	C			
40	30	4	2000.00333	284.04174	A	B	C	D		
30	30	2	1968.80333	284.04174	A	B	C	D	E	
40	20	3	1955.95267	284.04174	A	B	C	D	E	
40	20	4	1953.64533	284.04174	A	B	C	D	E	
30	20	4	1939.94	284.04174	A	B	C	D	E	
50	20	4	1885.384	284.04174	A	B	C	D	E	
50	30	3	1864.30267	284.04174	A	B	C	D	E	F
30	40	2	1836.98133	284.04174	A	B	C	D	E	F
40	20	2	1818.882	284.04174	A	B	C	D	E	F
50	40	4	1804.33667	284.04174		B	C	D	E	F
50	20	3	1799.80133	284.04174		B	C	D	E	F
50	20	2	1798.69733	284.04174		B	C	D	E	F
40	40	3	1794.562	284.04174		B	C	D	E	F
40	30	3	1736.23533	284.04174			C	D	E	F
40	40	4	1707.294	284.04174			C	D	E	F
50	30	2	1696.41933	284.04174			C	D	E	F
50	30	4	1666.42067	284.04174				D	E	F
50	40	3	1610	284.04174				D	E	F
40	40	2	1602.32267	284.04174				D	E	F
50	40	2	1573.19467	284.04174					E	F
40	30	2	1466.51733	284.04174						F

En el cuadro anterior se puede observar que en la prueba de medias se establecieron 6 grupos estadísticos sin embargo hay muchos tratamientos que aparecen en varios grupos, en el caso del primer grupo “A” hay 15 tratamientos siendo el mejor posicionado de ellos el 30 cm entre surco, 30 cm entre postura con 4 granos con una media de rendimiento de 2219.87933 Kg/ha, mientras que el ultimo de ese mismo grupo 40 cm entre surco, 20 cm entre postura con 2 granos por postura con una media de rendimiento de 1818.882, la diferencia entre el primero y el ultimo son 401kg/ha. También dentro de este grupo en las posiciones 12 y 13 se encuentran 2 tratamientos donde se utilizó la distancia entre surcos actualmente recomendada de 50 cm entre surcos, pero con relación al primero presentan una diferencia más de 230 Kg/ha, esto es indicativo que para este cultivar de frijol arbustivo es posible disminuir la distancia entre surco para aumentar el rendimiento que es el principal objetivo de este estudio.

Otro aspecto relevante a resaltar es que los primeros seis tratamientos son estadísticamente superiores en rendimiento al tratamiento con el arreglo topológico que actualmente se recomienda 50 cm entre surco, 40 cm entre postura con 3 granos por postura, con una diferencia estadística significativa de más de 479 Kg/ha.

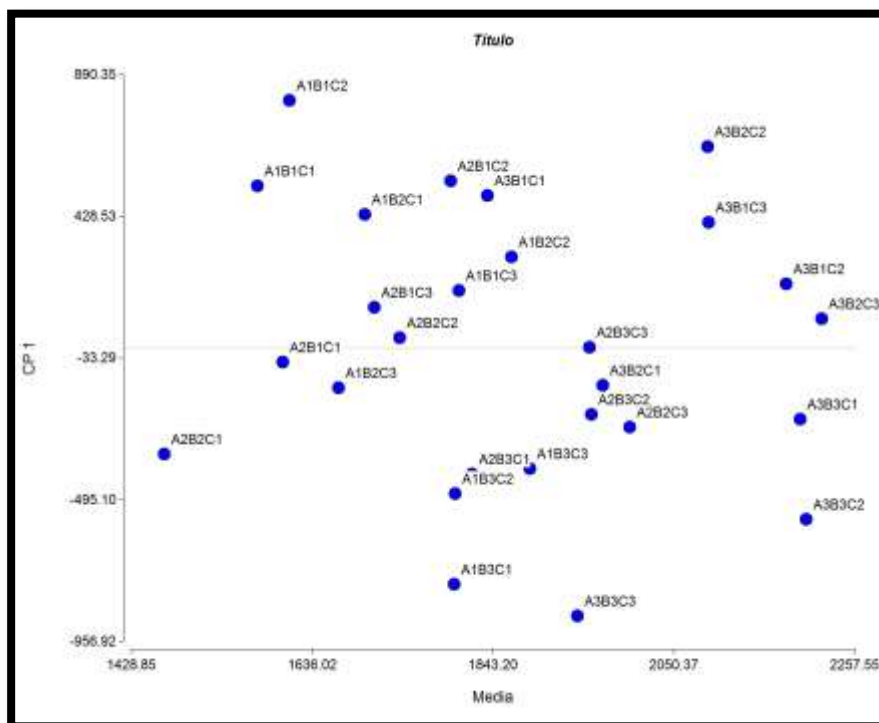
Con base en lo apuntado anteriormente es conveniente, para fines del estudio desarrollar el análisis financiero de los primeros 6 tratamientos y el tratamiento que contiene la recomendación actual lo cual se detalla más adelante de este informe.

6.1.3 Análisis de la interacción tratamiento-ambiente con el modelo (AMMI 1)

El modelo Additive Main Effects and Multiplicative Interacción (AMMI 1) ayuda a interpretar la estabilidad de una tecnología, en este caso el tratamiento o la tecnología de siembra y también el rendimiento del genotipo evaluado. Basándonos en la gráfica 1 se puede mencionar que los tratamientos con mejor estabilidad fueron los siguientes A2B3C3, A2B2C2, A2B1C1. Por otro lado los tratamientos con mejor rendimiento fueron los siguientes A3B2C3, A3B1C2, A3B3C2, A3B3C1. Ahora bien si nos basamos en las dos características de “estabilidad” y “rendimiento” podemos concluir que los mejores tratamientos son A3B2C3, A3B1C2

Los tratamientos con mayor estabilidad son los primeros 6 lo cual indica que esos arreglos topológicos pueden ser utilizados o recomendados a diferentes ambientes.

Grafica 1. Interacción tratamiento-ambiente.

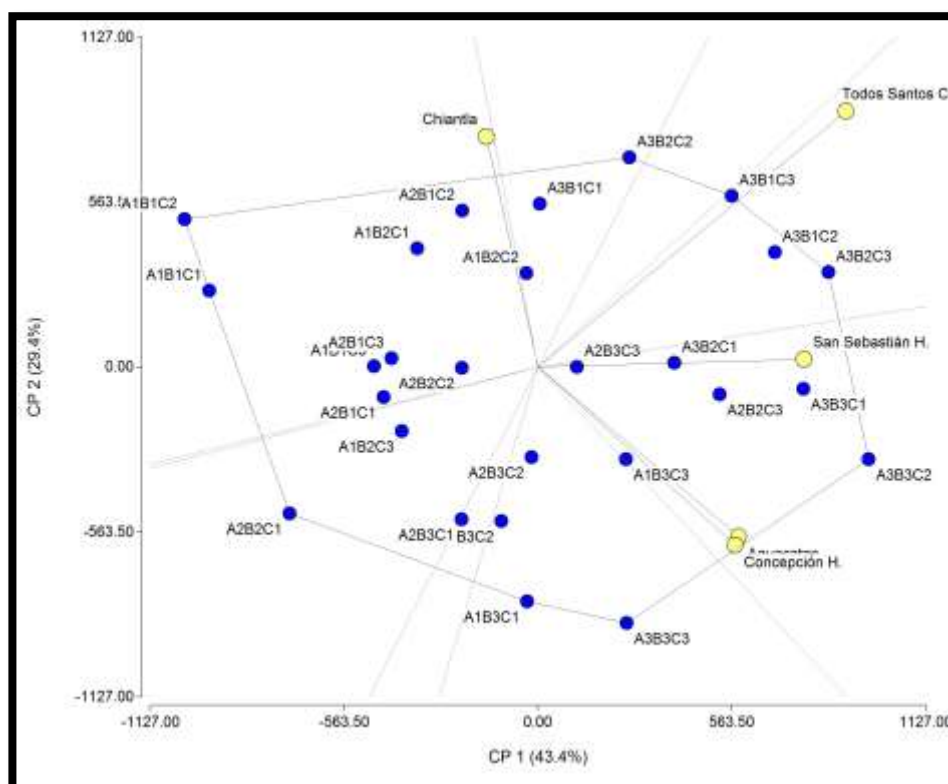


Fuente: Elaboración propia por medio del programa Infostat.

6.1.4 Análisis de la interacción tratamiento-ambiente con el modelo SREC-GGE.

El análisis de regresión por sitios separa por 3 mega ambientes; el primero está conformado por Chiantla, el segundo por Todos Santos Cuchumatán y el tercer está conformado por San Sebastián H., Aguacatán y Concepción Huista. Con base en el biplot GGE (grafica 2) se puede concluir que para el primer mega ambiente estadísticamente se recomienda el tratamiento A2B1C2 para la localidad de Todos Santos Cuchumatán se recomienda el tratamiento A3B1C3, para San Sebastián H., Aguacatán y concepción Huista se recomienda A3B3C1. Ahora bien el tratamiento que puede recomendarse para las cinco localidades es el A2B3C3, debido a que se encuentra en el centro de dichas localidades.

Grafica 2. Biplot GGE del modelo SREG para los ambientes y tratamientos evaluados

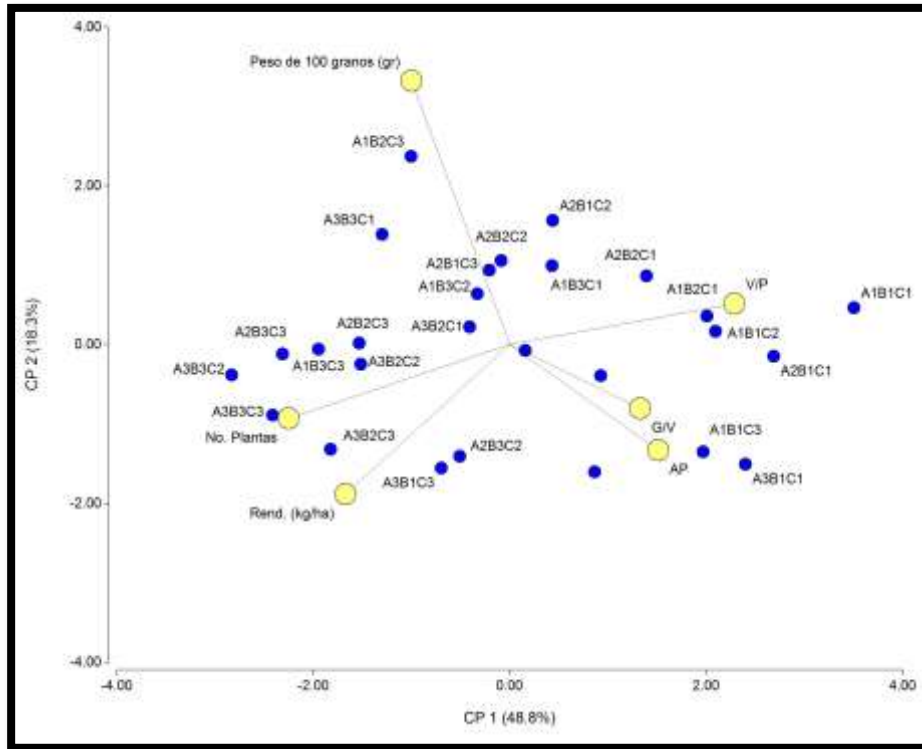


6.1.5 Componentes de rendimiento.

El análisis de los componentes de rendimiento, el tratamiento que tiene mejor peso de 100 granos el A1B2C3, el tratamiento con mejor número de vainas por planta es el A1B1C1, los mejores tratamientos con el mayor número de granos por vaina y altura de planta es el A1B1C3, A3B1C1. Ahora bien el tratamiento que puede recomendarse para las cinco localidades es el A1B2C2 debido a que se encuentra en el centro de dichas localidades. Sin embargo este no es el de mejor rendimiento ya que ocupa la posición 13 en la tabla de comparación de medias. Por otro lado también se puede observar que el rendimiento esta mas relacionado con el numero de plantas por unidad de área y que no hay una influencia significativa de los arreglos topológicos en el comportamientos de los componentes de rendimiento por lo que es viable tratar de aumenta

el rendimiento mediante el aumento de la densidad poblacional, sin menos cabo de manifestación de alguno de los componentes de rendimiento.

Grafica 3. Componentes de rendimiento.



6.2 Analisis financiero.

Haciendo uso de los resultados obtenidos en el analisis estadistico; AMMI 1 y SREG-GGE se identificaron los mejores tratamientos desde el punto de vista de la estabilidad y el rendimientos siendo estos 8 tratamientos, los cuales aparecen en el cuadro 7 del presupuesto parcial.

El objetivo de este análisis es que con base en datos económicos de los arreglos de siembra sometidos a estudio, se pueda establecer el mejor o mejores tratamientos, tomando en cuenta los costos variables y los ingresos netos que generan. En tal sentido a continuación se muestran los resultados de presupuesto parcial, analisis de dominancia y analisis marginal.

6.2.1 Presupuesto parcial

Antes de conocer los mejores tratamientos es necesario determinar los costos variables totales y el ingreso neto de los 8 tratamientos previamente seleccionados. Esto ayudo a realizar el análisis de dominancia y el análisis marginal.

Cuadro 7 presupuesto parcial para los tratamientos seleccionados.

TRAMIENTO	media de rendimiento (Kg/ha)	factor de ajuste	Rendimiento ajustado(kg/ha)	precio frijol (Q/kg)	Beneficios brutos (Q)	costos variables totales (Q)	ingresos netos (Q)
30x40x4	2090.268	0.9	1881.2412	11	20693.653	12,312.71	8380.942
30x40x3	2179.2687	0.9	1961.34183	11	21574.76	11,416	10158.76
30x30x4	2219.8793	0.9	1997.89137	11	21976.805	9,452.45	12524.353
30x30x3	2088.9813	0.9	1880.08317	11	20680.915	8,253.71	12427.204
30x20x2	2195.20867	0.9	1975.6878	11	21732.566	10,296.77	11435.796
30x20x3	2201.996	0.9	1981.7964	11	21799.76	12,083	9716.7604
50x40x3 testigo	1610	0.9	1449	11	15939	5,763	10176
50x30x3	1864.30267	0.9	1677.8724	11	18456.596	7739	10717.596

Fuente: elaboracion propia

6.2.2 Analisis de dominancia

El criterio que se tomo para realizar el analisis de dominancia es que se domina el tratamiento o tecnologia que su ingreso es menor al del tratamiento anterior. Tomando en cuenta con lo anterior se dominaron 4 tratamientos esto se puede observar en el cuadro 8. Sin embargo lo importante en este analisis fue conocer los tratamientos que no se dominaron debido a que son los que pasaron el analisis marginal, siendo ellos los siguientes 50x30x3, 30x30x3, 30x30x4 y 30x20x2.

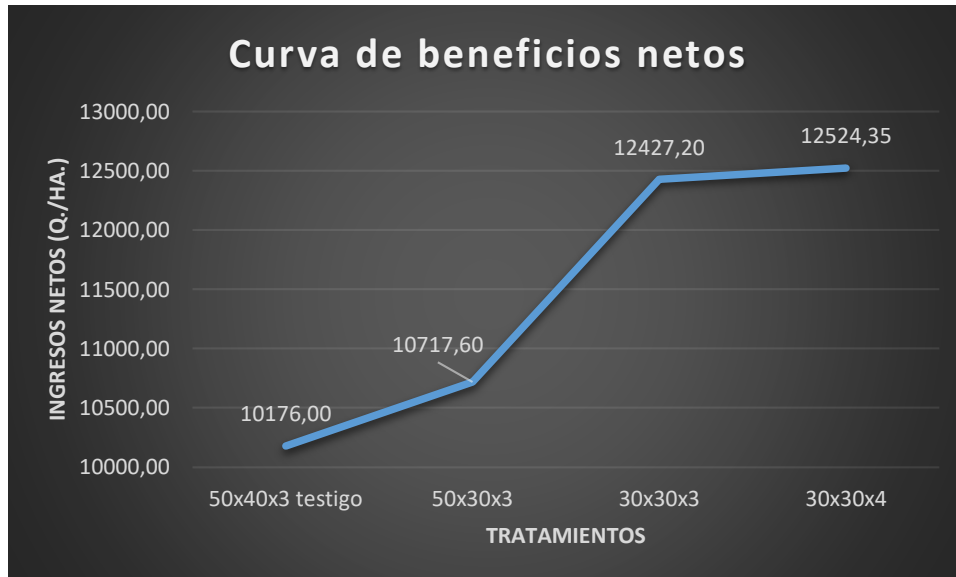
Cuadro 8. Analisis de dominancia.

TRAMIENTO	costos variables totales (Q)	ingresos netos (Q)	Dominancia
50x40x3 testigo	5,763	10176	ND
50x30x3	7,739	10717.5964	ND
30x30x3	8,253.71	12427.20367	ND
30x30x4	9,452.45	12524.35347	ND
30x20x2	10,296.77	11435.7958	ND
30x40x3	11,416	10158.76013	D
30x20x3	12,083	9716.7604	D
30x40x4	12,312.71	8380.942	D

Fuente: Elaboracion propia.

El análisis de dominancia que se muestra en el cuadro 8 y en la figura 4 determino que, en relación al testigo que representa la recomendación actual de distanciamientos de siembra, 50 cm entre surco, 40 cm entre posturas con 3 semillas, la manifestación de 5 arreglos topologicos no dominados economicamente o sea que sus ingresos netos son mayores que el testigo, en mas de Q 10,717.60, siendo los de mejores ingresos netos los arreglos topologicos de 30 cm entre surco, 30 cm entre postura con 3 y 4 semillas respectivamente lo cual se puede ver en la figura ya mencionada.

Grafica 4. Curva de beneficios Netos.



Fuente: Elaboracion propia

6.2.3 Analisis marginal.

El ultimo paso del analisis financiero fue la realizacion del analisis marginal para esto se utilizaron los costos variables totales y los beneficios netos de los tratamientos no dominados.

Con estos datos se determinó la tasa de retorno marginal a capital y se definió cuál de los cinco tratamientos no dominados es la mejor opción desde el punto de vista económico, en ese sentido el arreglo de siembra que mostro la mejor tasa marginal de retorno a capital fue el de 30 cm entre surco, 30 cm entre postura con 3 semillas con un valor del 90% seguido del de 30 cm entre surco, 30 cm entre postura con 4 semillas que obtuvo un valor del 64%, en ambos casos en comparación con la recomendación actual que es de 50 cm entre surco, 40 cm entre postura con 3 semillas.

Cuadro 9. Análisis de tasa de retorno marginal

tratamiento	costo variable (Q/ha)	CMg (Q/ha)	BN (Q/ha)	BNMg(Q/ha)	TRMg
50X30X3	7,739.00	-1,976.00	10717.5964	-541.5964	27%
50x40x3 testigo	5763		10176		
30x30x3	8,253.71	-2,490.71	12427.20367	-2251.20367	90%
50x40x3 testigo	5763		10176		
30X30X4	9,452.45	-3,689.45	12524.35347	-2348.35347	64%
50x40x3 testigo	5763		10176		
30X20X2	10,296.77	-4,533.77	11435.7958	-1259.7958	28%
50x40x3 testigo	5763		10176		

Fuente: Elaboración propia

6.3 Selección de la tecnología a validar

En base a la característica “rendimiento” y “estabilidad” fueron seleccionados siete tratamientos, los cuales fueron sometidos al análisis económico, donde el mejor tratamiento fue el 30cm entre surco, 30 cm entre postura y 3 granos por postura, por lo que se decidió utilizar este tratamiento para ser validada en el siguiente ciclo de investigación.

7 Conclusiones.

1. El estudio demostró que hay 6 arreglos topológicos de siembra estadísticamente superiores en rendimiento a la recomendación actual de 50 cm entre surco, 40 cm entre posturas con 3 semillas con una diferencia de más de 479 Kg/ha.
2. El arreglo de siembra que mostro la mejor estabilidad del rendimiento a través de los sitios de prueba fue el de 50 cm entre surco, 30 cm entre postura con 3 semillas, pero su rendimiento medio es menor en más de 224 Kg/ha con respecto a los primeros 6 posicionados.
3. El análisis de componentes principales estableció que el rendimiento está más vinculado al número de plantas por unidad de área que con los componentes de rendimiento
4. El arreglo de siembra con distanciamientos de treinta centímetros entre surcos, entre posturas, con tres semillas, presentó la mejor Tasa Marginal de Retorno a Capital, con un 90%, en relación a la recomendación actual de cincuenta por cuarenta y tres semillas por postura. El arreglo topológico de 50 cm entre surco, 30 cm entre postura con 3 granos por postura presento una tasa marginal de retorno a capital de 27%.

8 Recomendaciones.

1. Validar y comprobar, con la participación masiva de agricultores, los resultados obtenidos en esta investigación al aplicar el arreglo topológico de siembra con las distancias 30 cm entre surco, 30 cm entre postura y tres semillas, en ambientes diferentes y en las diversas épocas de producción de frijol en Guatemala, con la variedad ICTA Hunapú precoz.
2. Incluir en la validación los resultados de las investigaciones que se realizaron con pruebas de diferentes niveles de NPK en frijol.

9 Referencias Bibliográficas.

- Aldana, L. 2010. Manual de Producción Comercial y de Semilla de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Proyecto Establecimiento del Mecanismo de Difusión tecnológica Agrícola, y su Aplicación para Mejorar las Condiciones de Vida de los pequeños Agricultores Indígenas y no Indígenas –PROETTAPA - . MAGA– ICTA – JICA.
- Aldana, F. 2015. Variedades y líneas generadas por el ICTA con alto contenido de hierro (entrevista). Quetzaltenango, GT. ICTA. (f.aldana@iccta.org).
- Archila, J. sf. Densidades de siembra y productividad de los cafetales (en línea). Consultado el 5 abr. 2017. Disponible en <http://www.cenicafe.org/es/documents/> Libro Sistemas Producción Capitulo 6. pdf.
- Buttery, BR. 1969. Effects of plant population and fertilizer on the growth and yield ofsoybeans. Can. J. Plant Sci. 49(1): 659-673. Pérez, JD; Pimentel, LJ. 2014. Efecto de cuatro densidades poblacionales y tres espaciamientos entre hileras en el rendimiento del frijol Amadeus 77. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 22 p.
- CIAT. (1979). Programa de frijol: informe de resultados. Colombia. pp. 77-78.
- ICTA. (1988-1992). *Plan de investigacion a mediano plazo*. Guatemala: ICTA.
- MAGA/DIPLAN. (2015). *INFORME SITUACION DEL FRIJOL*. Guatemala: MAGA/DIPLAN.
- Portilla, David. 2004. Respuesta de tres variedades de frijol a tres poblaciones y dos niveles de nitrógeno. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 32 p.
- Zapil, PS; Fausto, M. 2006. Pobreza, desigualdad de oportunidades y políticas públicas en Guatemala (en línea). Consultado 2 nov. 2016. Disponible en

http://www.kas.de/wf/doc/kas_32590-1522-4-30.pdf

Di Rienzo, JA; Guzman, AW; Cassanoves, F. 2002. American Statistical Association and the International Biometric Society Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics, Volume 7, Number 2, Pages 129–142.



CRIA

Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria

