

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRICOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRICOLAS CON ENFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

**RESPUESTA DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ICTA ALTENSE A
FERTILIZACION N-P-K, EN TRES LOCALIDADES DE CHIMALTENANGO**
TESIS DE GRADO

JOSÉ GERARDO CHINCHILLA CRUZ
CARNET 21855-00

ESCUINTLA, OCTUBRE DE 2014
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

**RESPUESTA DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ICTA ALTENSE A
FERTILIZACION N-P-K, EN TRES LOCALIDADES DE CHIMALTENANGO**
TESIS DE GRADO

**TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

POR
JOSÉ GERARDO CHINCHILLA CRUZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADEMICO DE LICENCIADO

ESCUINTLA, OCTUBRE DE 2014
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACION Y PROYECCIÓN:	DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLEGER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACION UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. EDWIN LEONEL ARGUETA VENTURA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES
ING. JORGE ALFREDO CARDONA ORELLANA
ING. MANUEL RODRIGO SALAZAR RECINOS

Guatemala 27 de Octubre de 2014.

Miembros
Consejo de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Guatemala

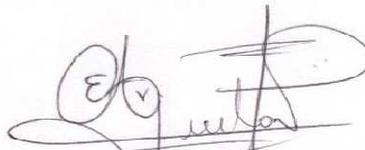
Honorables Miembros:

Por este medio informo a ustedes que he asesorado al estudiante José Gerardo Chinchilla Cruz, carné: 21855-00, en la ejecución de su trabajo de tesis titulado: "RESPUESTA DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ICTA ALTENSE A OCHO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN N-P-K EN TRES LOCALIDADES DE CHIMALTENANGO".

Considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, de la Universidad Rafael Landívar, por lo que sugiero su aprobación.

Sin otro particular,

Atentamente:



Handwritten signature of Edwin Leonel Argueta Ventura, consisting of stylized initials and a surname.

Ing. Agr. Edwin Leonel Argueta Ventura
Asesor. Código URL 21390



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06224-2014

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JOSÉ GERARDO CHINCHILLA CRUZ, Carnet 21855-00 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 06118-2014 de fecha 12 de octubre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**RESPUESTA DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ICTA ALTENSE A
FERTILIZACIÓN N-P-K, EN TRES LOCALIDADES DE CHIMALTENANGO**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 24 días del mes de octubre del año 2014.


ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios que me ha dado la oportunidad de poder llegar hasta acá. Por ser fortaleza y mí ayuda. Por todas sus bendiciones.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Ing. Adán Rodas, por su apoyo en la presente investigación.

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA- por brindarme el apoyo necesario en la realización de esta investigación.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por su favor y gracia porque me permitió culminar una etapa en mi vida.

Mi esposa: Por tu apoyo incondicional, por ser un pilar muy importante mi vida, Jocabed te amo.

Mis hijos: Diego José y María Reneé por ser mi inspiración para ser cada día mejor.

Mis padres: Francisco y Aura por su apoyo, amor y constancia, porque de ustedes aprendí el amor y pasión por lo que se hace.

Mis hermanos: Javier, Flor, Carlos y Pepa por su cariño.

Mis abuelos: Por sus enseñanzas.

Mi tía: Mely, por su cariño, amor y dedicación, por ser parte de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

C o n t e n i d o		Página
	RESUMEN	i
	SUMMARY	ii
I.		1
	INTRODUCCIÓN	
II.		3
	MARCO TEÓRICO	
2.1		3
2.2	GENERALIDADES SOBRE LA FERTILIZACIÓN MACRONUTRIENTES Y SU IMPORTANCIA EN LAS PLANTAS	5
2.2.1		5
2.2.2	Nitrógeno (N)	9
2.2.3	Fósforo (P)	11
	Potasio (K)	
2.3		
2.4	ASPECTOS ECONÓMICOS SOBRE LA PRÁCTICA DE FERTILIZACIÓN	13
2.5	FRIJOL ARBUSTIVO VARIEDAD ICTA ALTENSE ESTUDIOS REALIZADOS POR EL ICTA EN EL TEMA DE FERTILIZACIÓN EN FRIJOL	13 14
III.		
	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
3.1		
3.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	15
IV.		16
	OBJETIVOS	
4.1		16
4.2	GENERAL ESPECÍFICOS	16
V.		17
	HIPÓTESIS	
VI.		18
	MATERIALES Y MÉTODOS	

6.1		18
6.2	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
6.3	MATERIAL EXPERIMENTAL	18
6.4	FACTOR ESTUDIADO	19
6.5	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	19
6.6	DISEÑO EXPERIMENTAL	19
6.7	MODELO ESTADÍSTICO	20
6.8	UNIDAD EXPERIMENTAL	20
6.9	CROQUIS DE CAMPO	21
	MANEJO DEL EXPERIMENTO	Página
	6.9.1	21
	6.9.2 Preparación del terreno	22
	6.9.3 Siembra	22
	6.9.4 Control de malezas	22
	6.9.5 Fertilización	22
	6.9.6 Control de plagas	23
	6.9.7 Control de enfermedades	23
	Cosecha	
6.10		24
	VARIABLES DE RESPUESTA	
	6.10.1	24
	6.10.2 Vainas por planta (número)	24
	6.10.3 Granos por vaina (número)	24
	6.10.4 Peso de 100 granos (g)	24
	Rendimiento de grano (kg/ha)	
6.11		24
	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	
VII.		25
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
	7.1	25
	7.2 VAINAS POR PLANTA	30
	7.3 GRANOS POR VAINA	35
	7.4 PESO DE 100 GRANOS	39
	RENDIMIENTO DE GRANO	
VIII.		44
	CONCLUSIONES	
IX.		45
	RECOMENDACIONES	
X.		46
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
XI.		48
	ANEXO	

ÍNDICE DE CUADROS

	Título	Página
Cuadro 1	Tratamientos de fertilización N-P-K evaluados en la variedad de frijol arbustivo ICTA Altense, en tres localidades de Chimaltenango.	19
Cuadro 2	Resumen de los análisis de varianza para la variable vainas por planta, en la variedad de frijol ICTA Altense, en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en tres localidades de Chimaltenango.	26
Cuadro 3	Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable vainas por planta, en frijol variedad ICTA Altense, en tres localidades de Chimaltenango.	27
Cuadro 4	Vainas por planta en frijol variedad ICTA Altense, en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en tres localidades de Chimaltenango.	28
Cuadro 5	Resumen de los análisis de varianza para la variable granos por vaina, en la variedad de frijol ICTA altense, en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en tres localidades de Chimaltenango.	31
Cuadro 6	Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable granos por vaina, en frijol variedad ICTA Altense, en tres localidades de Chimaltenango.	32
Cuadro 7	Granos por vaina en frijol variedad ICTA Altense, en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en tres localidades de Chimaltenango.	33
Cuadro 8	Resumen de los análisis de varianza para la variable peso de 100 granos (g), en la variedad de frijol ICTA Altense, en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en tres localidades de Chimaltenango.	36

Cuadro 9	Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable peso de 100 granos, en frijol variedad ICTA Altense, en tres localidades de Chimaltenango.	37
Cuadro 10	Resumen de los análisis de varianza para la variable rendimiento de grano de frijol, en la variedad ICTA Altense, en la evaluación de tratamientos de fertilización NPK en tres localidades de Chimaltenango.	40
		Página
Cuadro 11	Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable rendimiento de grano de frijol, variedad ICTA Altense, en tres localidades de Chimaltenango.	41
Cuadro 12	Rendimiento promedio de grano de frijol en la variedad ICTA Altense, en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en tres localidades de Chimaltenango.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	T í t u l o	Página
Figura 1	Aleatorización de los tratamientos en el campo.	21

RESPUESTA DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ICTA ALTENSE A FERTILIZACIÓN N-P-K, EN TRES LOCALIDADES DE CHIMALTENANGO

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue cuantificar los componentes de rendimiento de la variedad de frijol arbustivo ICTA Altense, manejada con ocho programas de fertilización N-P₂O₅-K₂O. Se ejecutaron tres experimentos, en los municipios de Chimaltenango, Zaragoza y Santa Apolonia. En cada localidad se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Las variables de respuesta analizadas fueron: Vainas por planta, granos por vaina, peso de 100 granos y rendimiento de grano. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza individuales por localidad y un combinado; cuando se determinaron diferencias significativas se procedió a realizar las respectivas pruebas de medias, utilizando Tukey al 5% de probabilidad de error. Con base en los resultados del análisis combinado de las tres localidades, se concluyó que el rendimiento de grano y sus componentes vainas/planta y granos/vaina, fueron afectados significativamente por los programas de fertilización aplicados al cultivo. Se recomienda evaluar en un mayor número de localidades, en ensayos de finca agroeconómicos, los tratamientos N-P₂O₅-K₂O a) 100 – 30 – 100 kg/ha; b) 100 – 60 – 50 kg/ha, y, c) 100 – 60 – 100 kg/ha; por otra parte, con el objetivo de disminuir las aplicaciones de nitrógeno, se recomienda que en futuros trabajos se incluya como parte del manejo experimental, la inoculación con *Rhizobium*.

RESPONSE OF THE ICTA ALTENSE BEAN VARIETY N-P-K FERTILIZATION, IN THREE SITES IN CHIMALTENANGO

SUMMARY

The objective was to quantify the yield components of the ICTA Altense bean variety, managed with eight N-P₂O₅-K₂O fertilization programs. Three experiments were carried out in the municipalities of Chimaltenango, Zaragoza, and Santa Apolonia. In each site, a complete randomized block design with three replicates was used. The analyzed response variables were: pods per plant, beans per pod, weight for every 100 beans, and bean yield. The data obtained underwent an individual variance analysis per site, as well as a combined analysis. When significant differences were determined, the corresponding means tests were carried out, using Tukey's test at 5% error probability. Based on the combined analysis results in the three sites, it was concluded that the bean yield, as well as the pods/plant and beans/pod components were significantly affected by the fertilization programs applied to the crop. It is recommended to evaluate the N-P₂O₅-K₂O treatments: a) 100 – 30 – 100 kg/ha; b) 100 – 60 – 50 kg/ha, and, c) 100 – 60 – 100 kg/ha. On the other hand, in order to reduce the nitrogen application, it is recommended to include the inoculum with *Rhizobium* as part of the experiment in future studies.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es de suma importancia en Guatemala en todos los sectores sociales, principalmente en el área rural, ya que forma parte de la dieta diaria de la población, especialmente de grupos humanos de escasos recursos. El cultivo de frijol constituye una de las pocas alternativas para la sobrevivencia y generación de ingresos en el área rural. Aún mediante procesos no competitivos de producción, el cultivo de frijol se perfila como un producto que se mantendrá como una de las actividades económicas de sustento o amortiguamiento en el agro guatemalteco.

El frijol se cultiva en suelos con condiciones físicas y químicas muy variables, en muchos de ellos las deficiencias nutricionales pueden limitar los rendimientos. Aunque el frijol absorbe cantidades relativamente altas de nitrógeno y de potasio del suelo, la limitante nutricional más común es la deficiencia de fósforo. La deficiencia de nitrógeno es común en los suelos con bajo contenido de materia orgánica, en suelos ácidos con niveles tóxicos de aluminio o manganeso, o en suelos con niveles deficientes de calcio y fósforo, en los cuales se reduce la fijación efectiva de nitrógeno.

Una aplicación de 50 - 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea generalmente es suficiente, sin embargo, en algunos suelos se ha obtenido respuesta a la aplicación de 200 - 400 kilogramos de nitrógeno por hectárea, estos se aplican en bandas, durante o después de la siembra. También produce resultados satisfactorios otra aplicación al inicio de la floración.

La deficiencia de fósforo es probablemente el principal problema nutricional del frijol en América Latina. Limita los rendimientos del frijol en muchas áreas de Brasil, Colombia y América Central. La deficiencia de fósforo retarda la floración, y la maduración. Al iniciarse la floración de las plantas deficientes de fósforo las hojas superiores tienen menos de 0.35 % de este elemento. La deficiencia

7.2 GRANOS POR VAINA

En el cuadro 5 se muestra un resumen de los análisis de varianza realizados para la variable granos por vaina, en cada una de las tres localidades en donde se condujo la investigación: Chimaltenango, Zaragoza y Santa Apolonia. Así mismo, se presentan un resumen de los resultados del análisis combinado de las tres localidades mencionadas.

En el cuadro 6 se presenta la prueba de medias Tukey (0.05) para las localidades; en el cuadro 7 se presenta la prueba de medias para los ocho tratamientos de fertilización N-P-K evaluados

Cuadro 5. Resumen de los análisis de varianza para la variable granos por vaina, en la variedad de frijol ICTA Altense, en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en tres localidades de Chimaltenango.

Fuente de variación	Localidad			
	Chimaltenango	Zaragoza	Santa Apolonia	Combinado
Tratamiento	0.3144 NS	0.1869 NS	0.0201 *	0.0096 **
Repetición	0.6864 NS	0.8358 NS	0.0005 **	0.0254 *
Localidades				0.0001 **
L * T				0.6885 NS
Media	5.9	5.9	5.5	5.8
C.V. (%)	6.7	5.8	5.8	6.7

* = Diferencia significativa

** = Diferencia altamente significativa

NS = Diferencia no significativa

Cuadro 6. Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable granos por vaina, en frijol variedad ICTA Altense, en tres localidades de Chimaltenango.

Localidad	Media *
Zaragoza	5.9 a
Chimaltenango	5.9 a
Santa Apolonia	5.5 b

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 7. Granos por vaina en frijol variedad ICTA Altense, en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en tres localidades de Chimaltenango.

Combinado *	Localidad		
	Chimaltenango	Zaragoza	Santa Apolonia
(7) 6.0 a	(7) 6.2	(8) 6.3	(7) 6.0
(8) 6.0 a	(5) 6.2	(7) 6.1	(8) 5.8
(4) 5.9 a	(6) 6.0	(4) 6.1	(4) 5.6
(5) 5.8 a	(4) 6.0	(3) 6.0	(5) 5.5
(3) 5.8 a	(3) 5.8	(5) 5.9	(2) 5.4
(6) 5.6 a	(8) 5.8	(2) 5.9	(3) 5.3
(2) 5.6 a	(1) 5.8	(6) 5.6	(6) 5.3
(1) 5.4 b	(2) 5.5	(1) 5.6	(1) 4.8

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Los resultados de los análisis estadísticos (cuadro 5) indican que para la localidad de Santa Apolonia se marcó una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, mientras que para las localidades de Chimaltenango y Zaragoza los ocho tratamientos se comportaron de manera similar, es decir no hubo diferencia entre ellos. Esto concuerda con la variable vainas por planta, la cual únicamente mostró diferencias altamente significativas en Santa Apolonia.

El análisis combinado de las tres localidades indica que la diferencia entre tratamientos de fertilización N-P-K fue altamente significativa, al igual que entre las tres localidades. Como ya se mencionó anteriormente, esto último se explica dado a que hay variación de suelos y de clima entre cada uno de los sitios en donde se condujo la investigación. Los coeficientes de variación se consideran dentro del rango apropiado para este tipo de experimentos (variaron entre 5.8 a 6.7%). La media general de las tres localidades fue de 5.8 granos/vaina.

Con base en los resultados del análisis de varianza combinado, se procedió a realizar las pruebas de medias. Para las localidades se formaron dos grupos estadísticos; ubicándose en el primero de ellos Zaragoza y Chimaltenango (5.9 granos/vaina), y en el segundo Santa Apolonia (5.5). Como se observará más adelante, esta variable no estuvo relacionada directamente con el rendimiento de grano, en el caso de las localidades de Chimaltenango y Santa Apolonia.

Con respecto a los tratamientos de fertilización N-P-K, se formaron dos grupos estadísticos. En el segundo de ellos se ubicó únicamente el tratamiento 1 (50-30-50 kg de $N-P_2O_5-K_2O$ por hectárea), que dicho sea de paso, fue el que involucró los niveles más bajos de los tres nutrientes.

7.3 PESO DE 100 GRANOS

En el cuadro 8 se muestra un resumen de los análisis de varianza realizados para la variable peso de 100 granos, en cada una de las tres localidades en donde se condujeron los experimentos: Chimaltenango, Zaragoza y Santa Apolonia. Así mismo, se presentan un resumen de los resultados del análisis combinado de las tres localidades mencionadas.

En el cuadro 9 se presenta la prueba de medias Tukey (0.05) para las localidades. Con base en los resultados obtenidos no fue necesaria hacer la prueba de medias para los ocho tratamientos de fertilización N-P-K evaluados

Cuadro 8. Resumen de los análisis de varianza para la variable peso de 100 granos (g), en la variedad de frijol ICTA Altense, en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en tres localidades de Chimaltenango.

Fuente de variación	Localidad			
	Chimaltenango	Zaragoza	Apolonia	Combinado
Tratamiento	0.7179 NS	0.0007 **	0.2493 NS	0.1115 NS
Repetición	0.0197 *	0.0005 **	0.3015 NS	0.0151 *
Localidades				0.0001 **
L * T				0.3495 NS
Media (g)	19.8	21.6	21.7	21.0
C.V. (%)	5.0	2.3	3.7	4.4

* = Diferencia significativa

** = Diferencia altamente significativa

NS = Diferencia no significativa

Cuadro 9. Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable peso de 100 granos, en frijol variedad ICTA Altense, en tres localidades de Chimaltenango.

Localidad	Media (g) *
Santa Apolonia	21.7 a
Zaragoza	21.6 a
Chimaltenango	19.8 b

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Los resultados de los análisis estadísticos (cuadro 8) indican que para la localidad de Zaragoza se marcó una diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados, mientras que para las localidades de Chimaltenango y Santa Apolonia los ocho tratamientos se comportaron de manera similar, es decir no hubo diferencia entre ellos. .

El análisis combinado de las tres localidades indica que no existió diferencia en el peso de 100 granos entre los tratamientos de fertilización N-P-K evaluados. Entre localidades si se observó diferencia altamente significativa; por lo que se deduce que este componente fue más afectado por el ambiente (clima y suelos). Los coeficientes de variación se consideran dentro del rango apropiado para este tipo de experimentos (variaron entre 2.3 a 5.0%). La media general de las tres localidades indica que 100 granos tuvieron un peso de 21.0 g.

Con base en los resultados del análisis de varianza combinado, se procedió a realizar la prueba de media para las localidades. Se formaron dos grupos estadísticos; ubicándose en el primero de ellos Santa Apolonia (21.7 g) y Zaragoza (21.6 g); en Chimaltenango el grano fue menos denso (100 granos pesaron 19.8 g). Por lo anterior y como se verá más adelante, se deduce que esta variable estuvo relacionada directamente con el rendimiento de grano

7.4 RENDIMIENTO DE GRANO

En el cuadro 10 se muestra un resumen de los análisis de varianza realizados a la variable rendimiento de grano, en cada una de las tres localidades en donde se condujo la investigación: Chimaltenango, Zaragoza y Santa Apolonia. Así mismo, se presentan un resumen de los resultados del análisis combinado de las tres localidades mencionadas.

En el cuadro 11 se presenta la prueba de medias Tukey (0.05) para las localidades; en el cuadro 12 se presenta la prueba de medias para los ocho tratamientos de fertilización N-P-K evaluados.

Cuadro 10. Resumen de los análisis de varianza para la variable rendimiento de grano de frijol, en la variedad ICTA Altense, en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en tres localidades de Chimaltenango.

Fuente de variación	Localidad			
	Chimaltenango	Zaragoza	Santa Apolonia	Combinado
Tratamiento	0.0003 **	0.0134 *	0.0451 *	0.0003 **
Repetición	0.0001 **	0.0003 **	0.2022 NS	0.0081 NS
Localidades				0.0001 **
L * T				0.9361 NS
Media (kg/ha)	2054	3233	2377	2525
C.V. (%)	10.7	12.0	16.3	17.6

* = Diferencia significativa

** = Diferencia altamente significativa

NS = Diferencia no significativa

Cuadro 11. Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable rendimiento de grano de frijol, variedad ICTA Altense, en tres localidades de Chimaltenango.

Localidad	Media (kg/ha) *
Zaragoza	3233 a
Santa Apolonia	2377 b
Chimaltenango	1964 c

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 12. Rendimiento promedio de grano de frijol en la variedad ICTA Altense, en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en tres localidades de Chimaltenango.

Combinado *	Localidad		
	Chimaltenango	Zaragoza	Santa Apolonia
(7) 2987 a	(7) 2578	(6) 3841	(7) 2852
(6) 2837 a	(6) 2282	(7) 3790	(8) 2850
(8) 2791 a	(8) 2140	(8) 3352	(6) 2518
(4) 2485 b	(5) 2112	(4) 3200	(4) 2347
(3) 2445 b	(4) 1984	(3) 3196	(2) 2333
(5) 2380 b	(3) 1860	(5) 3103	(3) 2324
(2) 2321 b	(2) 1761	(2) 2909	(5) 2075
(1) 1954 c	(1) 1715	(1) 2473	(1) 1715

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Los resultados de los análisis estadísticos (cuadro 10) indican que para la localidad de Chimaltenango se marcaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados; en Zaragoza y Santa Apolonia la diferencia fue significativa.

Al igual que en los análisis por localidad, el combinado indica que la diferencia entre tratamientos de fertilización N-P-K fue altamente significativa, al igual que entre las tres localidades en donde se condujeron los experimentos. Como ya se mencionó anteriormente, esto último se explica dado a que hay variación de suelos y de clima entre cada uno de los sitios. Los coeficientes de variación se consideran dentro del rango apropiado para este tipo de experimentos (variaron entre 10.7 a 17.6%). La media general de rendimiento en las tres localidades fue de 2525 kg/ha.

Con base en los resultados del análisis de varianza combinado, se procedió a realizar las pruebas de medias respectivas. Para las localidades, cada una de ellas constituyó un grupo estadístico diferente. El rendimiento mayor correspondió a Zaragoza (3233 kg/ha); Santa Apolonia constituyó un segundo grupo estadístico (2377 kg/ha), y finalmente el rendimiento menor se dio en Chimaltenango (1964 kg/ha)

Con respecto a los tratamientos de fertilización N-P-K, se formaron tres grupos estadísticos. En el primero de ellos se ubicaron los tratamientos 7 (100-60-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea), 6 (100-30-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea) y 8 (100-60-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea), que como se observa en el cuadro 12, mantuvieron un orden similar en las tres localidades. El rendimiento de grano menor se obtuvo con el tratamiento 1 (50-30-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea), que dicho sea de paso, fue el que involucró los niveles más bajos de los tres nutrientes.

VIII. CONCLUSIONES

Los tratamientos de fertilización N-P-K evaluados, afectaron significativamente el componente vainas/planta en la localidad de Santa Apolonia. Considerando las tres localidades en su conjunto, se observó un efecto altamente significativo. De manera general, este componente fue mayor en Zaragoza (18.6 vainas/planta), y menor en Chimaltenango (13.9 vainas/planta); únicamente los tratamientos 2 (50-30-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea) y 1 (50-30-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea), fueron inferiores al resto de los evaluados.

Los tratamientos afectaron significativamente el componente granos/vaina en Santa Apolonia. Se observó efecto significativo en el análisis combinado de las tres localidades. Este componente únicamente fue menor en Santa Apolonia (5.5), y con el tratamiento 1 (50-30-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea).

El peso de 100 granos únicamente fue afectado por los tratamientos en la localidad de Zaragoza. No se observó efecto significativo en el análisis combinado de las tres localidades. Este componente fue mayor en Santa Apolonia (21.7 g) y Zaragoza (21.6 g). En Chimaltenango el peso de 100 granos fue menor (19.8 g).

El rendimiento de grano del frijol variedad ICTA Altense fue afectado significativamente por los tratamientos de fertilización N-P-K evaluados. Fue mayor en Zaragoza (3233 kg/ha); en un segundo grupo se ubicó Santa Apolonia (2377 kg/ha); Chimaltenango conformó el tercero y último grupo (1964 kg/ha). Con respecto a la fertilización, se obtuvo un mayor rendimiento con los tratamientos 7 (100-60-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea), 6 (100-30-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea) y 8 (100-60-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea). El menor rendimiento se obtuvo al aplicar el tratamiento 1 (50-30-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea).

IX. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda evaluar en un mayor número de localidades, en ensayos de finca agroeconómicos, los tratamientos N-P₂O₅-K₂O a) 100 – 30 – 100 kg/ha; b) 100 – 60 – 50 kg/ha y, c) 100 – 60 – 100 kg/ha.

Con el objetivo de disminuir las aplicaciones de nitrógeno, se recomienda que en futuros trabajos se incluya como parte del manejo experimental, la inoculación con *Rhizobium*.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (2003). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España. 522 p.
- Castellanos, J.; Uvalle, J. y Aguilar, A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y agua. 2ª. Ed. INCAPA, México. 226 p.
- Diaz, R. & Hunter, A. (1978). Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Fagaria, N. y Baligar, V. (1997). Growth and mineral nutrition of field crops. 2ª ed. US, Marcel Dekker. 624 p.
- FNUAP (Fondo de Población de las Naciones Unidas, US). (2004). Informe del Fondo de las Naciones Unidas. New York. US. 11 p.
- INPOFOS-Instituto de la Potasa y el Fósforo (1997). Manual internacional de fertilidad de suelos.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA-. (1973). Informe Anual. Programa de Nutrición Vegetal. Guatemala.
- Jiménez, O. (1993). Fertilidad de suelos. Programa de fortalecimiento académico de las sedes Regionales (PROFASR) Universidad Rafael Landívar.
- Poey, D. (1979). Los componentes del rendimiento y su aplicación en la investigación de cultivos. Guatemala. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Boletín Técnico No. 3, 17 p.

Reyes, P. (1982). Diseño de experimentos aplicados. Trillas. México.

Rodríguez, F. (1982). Fertilizantes Nutrición Vegetal. México AGT Editor S.A. 151p

Salisbury, F. y Ross, C. (2000). Fisiología de las plantas 1: Células: agua, soluciones y superficies. España, Paraninfo Thomson Learning. 305 p.

Smil, V. (1997). Global population and the nitrogen cycle. Scientific American 277:58-63.

Thevenet, G. (1995). Du principe de vegetation á la fertilisation raisonnée. Phytoma-La Defense des Vegetaux No. 475:21-23.

Thompson L., Troeh F. (1980). Los suelos y su fertilidad. Cuarta edición. Editorial Reverte, s.a. España. 510p.

XI. ANEXO

Datos de campo del experimento “Respuesta de la variedad de frijol ICTA Altense a ocho programas de fertilización N-P-K en tres localidades de Chimaltenango”.

Localidades: 1) Chimaltenango; 2) Zaragoza; 3) Santa Apolonia

ICTA ALTENSE						
LOC	Trat	Rep.	Vainas/planta	kg/ha	Granos/vaina	Peso 100 granos
1	1	1	14.1	1476	5.6	20.23
1	2	1	14.7	1494	5.9	19.51
1	3	1	9.9	1568	5.7	19.42
1	4	1	14.2	1830	6.0	18.27
1	5	1	10.4	1826	6.0	16.34
1	6	1	10.4	1937	6.0	19.95
1	7	1	13.0	2342	6.6	19.05
1	8	1	15.2	1660	6.1	19.26
1	1	2	15.3	1512	5.8	20.70
1	2	2	10.6	1584	4.7	18.55
1	3	2	15.6	1734	6.1	18.73
1	4	2	10.4	1623	6.1	19.08
1	5	2	8.3	1937	6.1	20.70
1	6	2	16.3	1900	6.4	20.43
1	7	2	10.9	2029	6.0	19.29
1	8	2	18.7	2213	5.5	20.32
1	1	3	14.9	2029	5.7	19.76

1	2	3	12.8	2084	5.8	21.45
1	3	3	17.3	2140	5.9	21.57
1	4	3	12.9	2269	6.1	20.11
1	5	3	16.2	2121	5.9	20.68
1	6	3	17.0	2619	5.8	20.82
1	7	3	20.0	2582	5.4	20.15
1	8	3	14.4	2638	6.2	21.20
2	1	1	13.8	2158	5.7	19.46
2	2	1	15.3	2282	5.7	21.04
2	3	1	22.8	2822	5.5	20.64
2	4	1	17.5	2573	6.7	21.44
2	5	1	15.2	2628	5.8	20.98
2	6	1	14.0	2905	5.3	21.31
2	7	1	16.5	3182	6.3	20.54
2	8	1	16.2	2601	6.2	21.62
2	1	2	16.7	2462	5.4	19.84
2	2	2	17.5	3320	6.0	22.35
2	3	2	20.5	2836	6.4	22.26
2	4	2	17.3	3112	5.5	21.69
2	5	2	16.8	3638	6.0	21.18
2	6	2	18.5	4496	6.0	21.55
2	7	2	26.3	3458	6.1	20.62
2	8	2	22.3	3458	6.6	23.48
2	1	3	19.3	2800	5.6	21.21
2	2	3	20.5	3126	6.0	22.89

2	3	3	17.0	3929	6.2	21.22
2	4	3	20.2	3915	6.0	21.98
2	5	3	19.8	3043	5.9	22.23
2	6	3	17.8	4122	5.5	22.65
2	7	3	20.7	4731	6.0	21.73
2	8	3	25.0	3998	6.2	23.36
3	1	1	13.3	2020	5.2	20.87
3	2	1	13.7	2130	5.8	21.14
3	3	1	18.7	2186	5.8	22.65
3	4	1	13.7	2476	6.4	22.25
3	5	1	17.0	2103	5.8	20.41
3	6	1	18.3	2296	5.8	24.12
3	7	1	17.3	3465	6.5	23.56
3	8	1	19.0	3458	5.8	21.92
3	1	2	10.3	1632	4.6	21.60
3	2	2	14.5	2822	5.5	21.12
3	3	2	17.8	2269	5.7	21.39
3	4	2	13.5	2490	5.3	22.03
3	5	2	20.5	2186	5.3	21.24
3	6	2	15.5	3016	5.0	21.18
3	7	2	21.7	2241	6.3	21.64
3	8	2	22.2	2905	6.0	22.51
3	1	3	9.3	1494	4.7	21.54
3	2	3	11.7	2047	5.0	20.25
3	3	3	14.3	2518	4.5	21.80

3	4	3	16.2	2075	5.1	21.71
3	5	3	14.5	1937	5.4	21.72
3	6	3	14.5	2241	5.0	21.72
3	7	3	17.3	2850	5.2	21.37
3	8	3	17.2	2186	5.5	22.10