

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

RESPUESTA DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ICTA SUPERCHIVA
A DIFERENTES NIVELES DE MACRONUTRIENTES (N-P-K),
EN CINCO LOCALIDADES DEL ALTIPLANO CENTRAL DE GUATEMALA
TESIS DE GRADO

JOSÉ ANDRÉS HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
CARNET 29335-05

ESCUINTLA, SEPTIEMBRE DE 2014
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

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

RESPUESTA DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ICTA SUPERCHIVA
A DIFERENTES NIVELES DE MACRONUTRIENTES (N-P-K),
EN CINCO LOCALIDADES DEL ALTIPLANO CENTRAL DE GUATEMALA
TESIS DE GRADO

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

POR
JOSÉ ANDRÉS HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

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

ESCUINTLA, SEPTIEMBRE 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 INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN 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

MGTR. LUIS AMÉRICO MÁRQUEZ HERNÁNDEZ

ING. MANUEL RODRIGO SALAZAR RECINOS

Guatemala, Octubre de 2014.

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

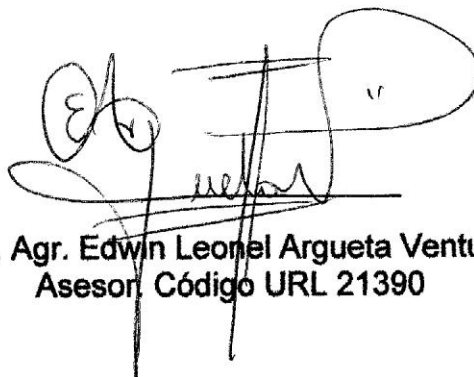
Honorables Miembros:

Por este medio informo a ustedes que he asesorado al estudiante José Andrés Hernández Hernández, carné: 29335-05, en la elaboración de su trabajo final de graduación titulado: "Respuesta de la variedad de frijol ICTA Superchiva a diferentes niveles de macronutrientes (N-P-K), en cinco localidades del altiplano central de Guatemala".

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:



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



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06181-2014

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JOSÉ ANDRÉS HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, Carnet 29335-05 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 0685-2014 de fecha 12 de septiembre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

RESPUESTA DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ICTA SUPERCHIVA
A DIFERENTES NIVELES DE MACRONUTRIENTES (N-P-K),
EN CINCO LOCALIDADES DEL ALTIPLANO CENTRAL DE GUATEMALA

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 23 días del mes de septiembre del año 2014.



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



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

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

A mi asesor Ing. Agr. Edwin Leonel Argueta Ventura por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Al Ing. Agr. Adán Rodas Cifuentes, por su apoyo en toda la fase de investigación.

DEDICATORIA

A:

Dios: Quien siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis Abuelos: Andrés Hernández Coronado (Q.E.P.D.) y Ángela Arévalo Ariza (Q.E.P.D.) a quienes quiero mucho, por su inmenso amor, por su tiempo, sus consejos oportunos y por su ejemplo a seguir.

Mis Padres: Por darme la vida.

Mis Hijos: Que los amo mucho, por ser la razón de mi esfuerzo, mi alegría y la motivación constante de superación.

Mis Compañeros: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio.

INDICE GENERAL

	C o n t e n i d o	Página
	RESUMEN	I
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	MARCO TEÓRICO	3
2.1	IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN	3
2.2	IMPORTANCIA DE LOS MACRONUTRIENTES N-P-K EN LAS PLANTAS	4
2.2.1	Nitrógeno (N)	4
2.2.2	Fósforo (P)	7
2.2.3	Potasio (K)	9
2.3	ASPECTOS ECONÓMICOS SOBRE LA PRÁCTICA DE FERTILIZACIÓN	11
2.4	VARIEDAD DE FRIJOL ARBUSTIVO ICTA SUPERCHIVA ^{ACM}	11
2.5	ESTUDIOS REALIZADOS POR EL ICTA EN EL TEMA DE FERTILIZACIÓN EN FRIJOL	12
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
3.2	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	13
IV.	OBJETIVOS	14
4.1	GENERAL	14
4.2	ESPECÍFICOS	14
V.	HIPÓTESIS	15
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	16
6.1	LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO	16
6.2	MATERIAL EXPERIMENTAL	16
6.3	FACTOR ESTUDIADO	16

			Página
	6.4	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	16
	6.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	17
	6.6	MODELO ESTADÍSTICO	17
	6.7	UNIDAD EXPERIMENTAL	18
	6.8	CROQUIS DE CAMPO	18
	6.9	6.9.1 MANEJO DEL EXPERIMENTO	19
		6.9.2	
		6.9.3 Preparación del terreno	19
		6.9.4 Siembra	19
		6.9.5 Control de malezas	19
		6.9.6 Fertilización	19
		6.9.7 Control de plagas	20
		Control de enfermedades	20
		Cosecha	21
	6.10	6.10.1 VARIABLES DE RESPUESTA	21
		6.10.2	
		6.10.3 Vainas por planta (número)	21
		6.10.4 Granos por vaina (número)	21
		Peso de 100 granos (g)	21
VII.		Rendimiento de grano (kg/ha)	22
	6.11	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	22
		RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
	7.1	VAINAS POR PLANTA	23
VIII.	7.2	GRANOS POR VAINA	28
	7.3	PESO DE 100 GRANOS	33
IX.	7.4	RENDIMIENTO DE GRANO	38
X.		CONCLUSIONES	43
XI.		RECOMENDACIONES	45
		REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
		ANEXO	47

INDICE DE CUADROS

	Título	Página
Cuadro 1	Tratamientos de fertilización N-P-K evaluados en la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva ^{ACM} , en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.	17
Cuadro 2	Resumen de los análisis de varianza para la variable vainas por planta, en la variedad de frijol ICTA Superchiva ^{ACM} , en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en el altiplano central de Guatemala.	24
Cuadro 3	Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable vainas por planta, en frijol variedad ICTA Superchiva ^{ACM} , en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.	25
Cuadro 4	Vainas por planta en frijol variedad ICTA Superchiva ^{ACM} , en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.	26
Cuadro 5	Resumen de los análisis de varianza para la variable granos por vaina, en la variedad de frijol ICTA Superchiva ^{ACM} , en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en el altiplano central de Guatemala.	29
Cuadro 6	Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable granos por vaina, en frijol variedad ICTA Superchiva ^{ACM} , en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.	30
Cuadro 7	Granos por vaina, en frijol variedad ICTA Superchiva ^{ACM} , en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.	31
Cuadro 8	Resumen de los análisis de varianza para la variable peso de 100 granos (g), en la variedad de frijol ICTA Superchiva ^{ACM} , en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en el altiplano central de Guatemala.	34
Cuadro 9	Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable peso de 100 granos, en frijol variedad ICTA Superchiva ^{ACM} , en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.	35

Cuadro 10	Peso de 100 granos (g), para el frijol variedad ICTA Superchiva ^{ACM} , en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.	36
Cuadro 11	Resumen de los análisis de varianza para la variable rendimiento de grano de frijol, en la variedad ICTA Superchiva ^{ACM} , en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en el altiplano central de Guatemala.	39
Cuadro 12	Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable rendimiento de grano de frijol, variedad ICTA Superchiva ^{ACM} , en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.	40
Cuadro 13	Rendimiento promedio de grano de frijol, variedad ICTA Superchiva ^{ACM} , en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.	41

INDICE DE FIGURAS

	T í t u l o	Página
Figura 1	Aleatorización de los tratamientos en el campo.	18

RESPUESTA DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ICTA SUPERCHIVA A DIFERENTES NIVELES DE MACRONUTRIENTES (N-P-K), EN CINCO LOCALIDADES DEL ALTIPLANO CENTRAL DE GUATEMALA

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue cuantificar los componentes de rendimiento y el rendimiento de grano de la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva, manejada con ocho tratamientos de fertilización N-P₂O₅-K₂O. Se condujeron cinco experimentos, ubicándolos en los municipios de San José Poaquil, Santa Apolonia, San Juan Comalapa, Zaragoza y Chimaltenango. En todos los casos 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, cuando se determinaron diferencias significativas se procedió a realizar las respectivas pruebas de medias, utilizando Tukey al 5% de probabilidad de error. Con base a los resultados, se concluyó que el rendimiento de grano y sus componentes fueron afectados significativamente por los niveles de N-P₂O₅-K₂O aplicados al cultivo. Así mismo, se recomienda evaluar en un mayor número de localidades, en ensayos de finca agroeconómicas, los tratamientos a) 50 - 60 - 100 kg/ha; b) 100 - 30 - 50 kg/ha; c) 100 - 30 - 100 kg/ha, y d) 100 - 60 - 50 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 SUPERCHIVA BLACK BEAN VARIETY AT DIFFERENT MACRONUTRIENT LEVELS (N-P-K), IN FIVE LOCATIONS OF THE CENTRAL HIGHLANDS OF GUATEMALA

SUMMARY

The objective of this research was to quantify the yield components and bean yield of the ICTA Superchiva bush bean variety, managed with eight fertilization treatments N-P₂O₅-K₂O. Five experiments were carried out in the municipalities of San José Poaquil, Santa Apolonia, San Juan Comalapa, Zaragoza, and Chimaltenango. In all cases, a complete randomized block design with three replicates was used. The analyzed response variables were: pods per plant, beans per pod, 100-gram weight and bean yield. The data obtained was subjected to a variance analysis where significant differences were determined; the corresponding means tests were carried out, using Tukey's test with a 5% probability of error. Based on the results, it was concluded that the bean yield and its components were significantly affected by the N-P₂O₅-K₂O levels applied to the crop. Additionally, it is recommended to evaluate the following treatments in a greater number of sites, in agro-economic farm trials: a) 50 - 60 - 100 kg/ha; b) 100 - 30 - 50 kg/ha; c) 100 - 30 - 100 kg/ha; and, d) 100 - 60 - 50 kg/ha. On the other hand, in order to reduce nitrogen application, it is recommended to include an inoculum of *Rhizobium* as part of the experimental management in the future.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol 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. El frijol ocupa el 31 % del área total cultivada con granos básicos; se reporta una ingesta diaria promedio para adultos de 423 gramos de maíz y 58 gramos de frijol por día. El frijol es la principal fuente de proteína vegetal del guatemalteco, 22 %; el frijol presenta un alto contenido de lisina (464 mg g^{-1}), un aminoácido deficitario en el maíz. Por su contenido proteínico, el frijol común es la leguminosa alimenticia más importante del mundo, mucho más que los garbanzos y las habas; es un alimento de alto valor energético, contiene alrededor de 70 % de carbohidratos totales y además aporta cantidades importantes de minerales (Ca, Mg, Fe), vitaminas A, B1-tiamina, B2-riboflavina, C-ácido ascórbico.

El cultivo de frijol constituye una de las pocas alternativas para la sobrevivencia y generación de ingresos en el área rural. Al ser una leguminosa tiene la cualidad de realizar la actividad simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico (*Rhizobium phaseoli*), y así contribuye gratuitamente a mejorar la fertilidad de los suelos.

En el cultivo de frijol las deficiencias de nitrógeno se controlan por inoculación del suelo con cepas eficientes de bacterias fijadoras de nitrógeno, aplicaciones de abonos verdes y estiércol antes de la siembra, y posteriormente de fertilizantes químicos nitrogenados. 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 se corrige aplicando superfosfato simple, superfosfato triple o roca fosfórica. Los fertilizantes se pueden aplicar al voleo e incorporar al suelo, excepto el superfosfato triple, el cual debe ser aplicado en bandas, especialmente en suelos con alta fijación de fósforo. El nivel de aplicación depende del contenido de fósforo y la capacidad de fijación que tenga el suelo.

Así también, rara vez se observa la deficiencia de potasio en el frijol, pero puede ocurrir en Oxisoles y Ultisoles de baja fertilidad o en los suelos altos en calcio y magnesio.

En el presente trabajo se evaluó la respuesta de la variedad de frijol ICTA Superchiva^{ACM} a diferentes niveles de macronutrientes (N-P-K), en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN

La agricultura es un sector económico estratégico y multifuncional, que tiene como principal finalidad, asegurar de forma indefinida una producción de alimentos y diversas materias primas suficientes para cubrir las necesidades de una población humana creciente. Aunque la evolución de las técnicas agrícolas ha sido continua desde los inicios de la agricultura, hace unos 8,000 – 10,000 años, en función del nivel de desarrollo científico técnico de la sociedad, es a partir de mediados del siglo XX, cuando el avance fue más sobresaliente, dando lugar a aumentos espectaculares en las producciones agrícolas (Thevenet, 1995), que proporcionaron un marcado aumento de la población humana, pasando de unos 2,500 millones de personas en 1950, a unos 6,400 millones en el 2004. Obviamente, en el citado avance tecnológico que generó el llamado cultivo intensivo o convencional, han contribuido las mejoras logradas en distintas técnicas agrarias como las variedades seleccionadas, la fertilización, el riego, los fitosanitarios, la protección, etc. (FNUAP, 2004).

En cuanto a la fertilización del suelo, basada inicialmente en la utilización de los residuos orgánicos disponibles, principalmente estiércoles y fertilizantes inorgánicos de origen natural, experimentó un cambio drástico a partir de la década de 1950, con el desarrollo de los fertilizantes inorgánicos N-P-K, lo que contribuyó en gran medida a aumentar los rendimientos de los cultivos. Así, Sherwood estima en 30 a 50% la contribución de los fertilizantes inorgánicos N-P-K al aumento de producción vegetal registrado en los últimos decenios, y entre estos materiales cabe destacar la importancia de los fertilizantes inorgánicos nitrogenados (de síntesis), de los que en la actualidad depende la alimentación de más dos mil millones de personas (Smil, 1997).

El objetivo de la fertilización es aplicar los fertilizantes en el momento oportuno y en el lugar adecuado, para que sean aprovechados por la planta de una mejor manera. Los fertilizantes deben ser aplicados al momento de la siembra o a los ocho días después de la misma, teniendo el cuidado que el fertilizante no entre en contacto con las semillas, contribuyendo a que las raíces lo absorban oportunamente (Poey, 1979).

2.2 IMPORTANCIA DE LOS MACRONUTRIENTES N-P-K EN LAS PLANTAS

2.2.1 Nitrógeno (N)

El nitrógeno es el elemento más limitativo que hay en casi todos los suelos, por lo que prácticamente siempre hay que suministrarlo en diferentes formas. El nitrógeno es un elemento muy dinámico que entra y sale del sistema de varias maneras (Castellanos, Uvalle y Aguilar, 2000).

Después del agua, el N es el nutriente más importante en el desarrollo de la planta, dado su abundancia en las principales biomoléculas de la materia viva; si a esto añadimos que los suelos suelen ser más deficientes en nitrógeno que en cualquier otro elemento, no resulta extraño que sea, junto con el fósforo y el potasio, el elemento clave en la nutrición mineral. Las formas iónicas preferentes de absorción de nitrógeno por la raíz son el nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+). Existe también la posibilidad de conseguir N_2 atmosférico fijado simbióticamente por leguminosas y algunas otras familias de plantas gracias a microorganismos de géneros como *Rhizobium* y *Frankia* y también por la absorción de amoniaco (gas) que se introduce en la planta a través de estomas; ambos terminan convirtiéndose en amonio. No resulta fácil fijar el estado nutricional de las plantas en lo que se refiere al nitrógeno, dado a que la presencia del ion nitrato se ve regulada por aspectos como la desnitrificación hasta formas gaseosas de nitrógeno, la inmovilización microbiana y la lixiviación, mientras que el ion amonio se ve

afectado por su volatilización en forma de amoníaco, su absorción por el coloide arcilloso-húmico del suelo y la nitrificación (Azcón-Bieto y Talón, 2003).

La mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra en la fracción de nitrógeno orgánico, no asimilable por las plantas. De ahí la importancia de los procesos de mineralización del nitrógeno en el suelo, habitualmente controlados por microorganismos, por lo que es muy difícil dictaminar el potencial nutritivo de nitrógeno en el suelo, aun más, si consideramos los procesos mencionados de desnitrificación y lixiviación. Esta última determina el enorme impacto ambiental que los nitratos de origen agrícola ejercen en la contaminación de los acuíferos subterráneos (Azcón-Bieto y Talón, 2003).

En la planta el nitrógeno se distribuye en tres grupos: más del 50% se halla en compuestos de elevado peso molecular (proteínas y ácidos nucleicos); el resto, en forma de nitrógeno orgánico soluble (aminoácidos, amidas, aminas y otros) y nitrógeno inorgánico (principalmente iones nitrato y amonio). Su contenido en el total del peso seco de la planta oscila entre el 1.5 y el 5% (Azcón-Bieto y Talón, 2003).

Los síntomas de deficiencia de nitrógeno son los característicos de un elemento muy móvil: clorosis en las hojas adultas que, con frecuencia, caen de la planta antes de ser necróticas. Algunas plantas como tomate y ciertas variedades de maíz, muestran una coloración purpúrea causada por la acumulación de pigmentos antocianos (Azcón-Bieto y Talón, 2003).

Un exceso de nitrógeno se manifiesta por un exceso de follaje con un rendimiento pobre en frutos, como sucede en cultivos tan diferentes como los de cítricos y patatas. Se desconoce las razones de este crecimiento relativamente elevado en la zona aérea, pero lo que sí parece seguro es que la transferencia de azúcares hacia las raíces o los tubérculos queda afectada de alguna forma, quizás debido a un desequilibrio hormonal. El exceso de nitrógeno también hace que los tomates

se partan al madurar. En general, existe un desarrollo radicular mínimo frente a un desarrollo foliar grande, con la consiguiente elevación de la proporción parte aérea – raíz, justo lo inverso de lo que sucede en condiciones de deficiencia. También, en algunos cultivos, el exceso de nitrógeno determina un retardo en la floración y formación de semillas (Azcón-Bieto y Talón, 2003).

El problema de la definición de la dosis de fertilización nitrogenada es una decisión compleja que depende de muchas variables, algunas de las cuales ocurrirán a posteriori de tomada la decisión y, por lo tanto, no tiene una solución exacta. Para su determinación es indispensable el conocimiento del objetivo de la producción, de los requerimientos nutrimentales del cultivo, según la etapa de desarrollo y su potencial productivo, así como de las características de su sistema radical, del nivel de nitratos en el suelo, del nivel de materia orgánica del mismo, de las condiciones físicas y químicas del suelo, de las condiciones climáticas durante el desarrollo del cultivo, de la eficiencia de manejo del agua y del manejo agronómico, pues todo esto afectará la eficiencia de uso del nitrógeno, tanto del que ya está disponible en el suelo y del que se mineralizará durante el desarrollo del cultivo, como del que proviene del fertilizante (Castellanos *et al.*, 2000).

El principal objetivo de la producción es lograr mayor rentabilidad por unidad de superficie mediante un incremento de la producción, mejoramiento de la calidad de la cosecha y oportunidad de mercado, con un enfoque económico y sustentable. La producción de semilla o forraje, el destino del producto: mercado fresco o el procesamiento industrial, son objetivos específicos que también influyen en el manejo de la fertilización (Castellanos *et al.*, 2000).

Las diferentes especies vegetales, híbridos o variedades, tienen distintos requerimientos nutrimentales según su etapa de crecimiento o desarrollo y su potencial de rendimiento. La extracción total de nitrógeno que realiza un cultivo está en función de la concentración de este nutrimento en la materia seca y de la magnitud del rendimiento de grano o porción de interés económico y de paja o

residuo de cultivo. Este último es producto de la interacción entre la constitución genética de la planta, el ambiente (temperatura, radiación solar y precipitación pluvial o suministro de riego), el manejo fitosanitario y el manejo agronómico en general (Castellanos *et al.*, 2000).

El suministro de nitrógeno del suelo proviene de: a) El N mineral en forma de nitratos en el perfil del suelo, b) el N mineralizado de la materia orgánica nativa del suelo, y c) El N proveniente de los residuos de cultivo, el cual puede ser positivo (N mineralizado) o negativo (N inmovilizado), dependiendo de la relación C/N de éstos, y d) El N proveniente de enmiendas orgánicas, cuando se aplican estos abonos al suelo (Castellanos *et al.*, 2000).

El siguiente factor de mayor importancia para calcular la dosis de nitrógeno a aplicar es la eficiencia de utilización. Este factor determinará finalmente en qué proporción se debe incrementar la dosis calculada de N a partir de los datos de demanda bruta y del suministro del suelo (N mineral del suelo, N potencialmente mineralizable de la materia orgánica, efecto del cultivo anterior y del manejo de su residuo). La eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado varía desde 30 hasta 90%. Este rango de eficiencia es el resultado de la gran variación en las propiedades físicas del suelo (textura del suelo y/o problemas de compactación), la incorporación y calidad de los residuos de cultivo, el sistema de aplicación del agua, la eficiencia del riego, la época de aplicación y fuente de nitrógeno, la magnitud de la precipitación y la profundidad del sistema radicular del cultivo a establecer, etc. Sin embargo, a menudo este intervalo oscila entre 40 y 70% (Castellanos *et al.*, 2000).

2.2.2 Fósforo (P)

El fósforo es el segundo nutrimento en importancia, a juzgar por la frecuencia con que ocurre la deficiencia en el suelo. En cuanto a sus funciones en la planta,

forma parte de un gran número de compuestos orgánicos esenciales, incluyendo aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila (Castellanos *et al.*, 2000).

El fósforo es disponible para la planta como ion fosfato y se absorbe preferentemente como H_2PO_4^- en suelos con un pH inferior a 7 y como anión divalente HPO_4^{2-} en suelos básicos, con pH superior a 7. En contraste con el nitrógeno, el fósforo no se encuentra en forma reducida en las plantas, sino que permanece como fosfato, ya sea en forma libre o como un compuesto orgánico, principalmente como éster fosfórico con grupos hidroxilos, o formando enlaces anhídridos ricos en energía, como es el caso del ATP y del ADP. Desempeña, por tanto, un papel clave en la fotosíntesis, la respiración y en todo el metabolismo energético. Asimismo, el fósforo tiene un papel estructural importante en muchas moléculas y estructuras celulares, como en el caso de enlaces diéster presentes en los ácidos nucleicos y en los fosfolípidos, los cuales son fundamentales en las estructuras membranosas. Con todo, una parte importante del fosfato en la planta se encuentra en forma iónica libre: el 75% en las vacuolas y el 25% restante, en la matriz y los orgánulos citoplasmáticos, en equilibrio con los ciclos metabólicos (Azcón-Bieto y Talón, 2003).

El fosfato se redistribuye fácilmente en la mayoría de las plantas de un órgano a otro, acumulándose en las hojas jóvenes y en las flores y semillas en desarrollo; en consecuencia, los síntomas de deficiencia se presentan primero en las hojas adultas. Las plantas deficientes presentan enanismo y, en contraste con las deficientes en nitrógeno, un color verde intenso, tomando un color parduzco a medida que mueren. La madurez se ve retardada en comparación con la de las plantas control aunque en muchas especies, es la relación del fósforo con el nitrógeno la que regula la maduración: el exceso de nitrógeno la retarda y la abundancia de fósforo la acelera. El fósforo en exceso determina, al contrario que en el caso de nitrógeno, un gran desarrollo de las raíces en relación con la parte aérea, lo que determina una baja proporción parte aérea – raíz. Un factor muy

importante que facilita la absorción de fósforo en condiciones naturales es la presencia de micorrizas, que son asociaciones simbióticas entre hongos del suelo y las raíces de las plantas (Azcón-Bieto y Talón, 2003).

Los cultivos varían en su capacidad para abastecerse de fósforo del suelo. El fósforo a diferencia del nitrógeno, es muy poco móvil y, por lo tanto, es muy importante que su aplicación total sea al momento o antes de la siembra, lo más cercana a la raíz. Por otro lado, este nutriente suele ser fijado en algunos suelos, especialmente en los suelos ácidos o con alto contenido de alufano (Andosoles) o ricos en óxidos de Fe, Al y Mn, al igual que en los suelos con alto contenido de carbonato de calcio. En suelos muy ácidos es recomendable primeramente aplicar el encalado para que el fósforo que se aplique sea asimilado por el cultivo. En suelos ricos en fósforo, en los que se recomienda una dosis muy baja de fósforo, ésta se considera “de arranque” o “inicio”, por lo que debe ser aplicado en banda, lo más cercana a la línea de siembra para promover su absorción desde las etapas iniciales de desarrollo, en virtud de que una vez que se desarrolla la raíz, ésta puede tomar el P del resto de la masa del suelo (Castellanos *et al.*, 2000).

2.2.3 Potasio (K)

Junto con el fósforo y el nitrógeno, constituye el contenido principal de los fertilizantes de máxima comercialización debido a la importancia de estos tres elementos. Su comportamiento, a pesar de su naturaleza catiónica, es muy similar a la que presentan el fósforo y el nitrógeno, redistribuyéndose con suma facilidad de los órganos maduros a los juveniles, dada su solubilidad y baja afinidad por los ligandos orgánicos, de los que fácilmente se intercambia. Es el catión más abundante en la vacuola y el citoplasma, donde puede alcanzar concentraciones de 100 mM y entre 2000 – 5000 ppm en el xilema, por ejemplo, en remolacha azucarera. Desempeña por tanto, un papel clave en la

osmorregulación que tiene lugar en los procesos de apertura y cierre estomáticos, así como en las nastias y tactismos. Por otra parte, el potasio es un activador de más de 50 sistemas enzimáticos, entre los que destacan oxidorreductasas, deshidrogenasas, transferasas, sintetetasas y quinasas. Aunque puede ser sustituido en algunos casos, pues solo es necesario para el cambio conformacional de la apoenzima, dadas las altas concentraciones necesarias, a veces resulta difícil considerar un sustituto in vivo (Azcón-Bieto y Talón, 2003).

El potasio es un activador de muchas enzimas esenciales para la fotosíntesis y la respiración, y también activa enzimas que son necesarias para formar almidón y proteínas. Este elemento también es tan abundante que es uno de los contribuyentes más importantes al potencial osmótico de las células y, por consiguiente, a su presión de turgencia (Salisbury y Ross, 2000).

La deficiencia de potasio en los cultivos se traduce en una mayor susceptibilidad al ataque de patógenos en la raíz y a una debilidad de los tallos que hace a las plantas especialmente sensibles a la acción del viento, las lluvias, etc., principalmente en el caso de monocotiledóneas. En dicotiledóneas, los primeros síntomas de clorosis aparecen también en hojas adultas que posteriormente se hacen necróticas; se retrasa el crecimiento y se producen pérdida de turgencia y marchitamiento, mucho más acusados cuando hay déficit hídrico. En condiciones de exceso de K se incrementa su consumo, salvo en semillas, y ese consumo de lujo puede interferir en la absorción y disponibilidad fisiológica de Ca y Mg (Azcón-Bieto y Talón, 2003).

Se ha reportado una interacción positiva entre nitrógeno y potasio, incluso que bajo un buen suministro de potasio la respuesta al N suele ser mayor. El potasio suele favorecer el metabolismo de nitrógeno, especialmente del nitrógeno amoniacal. La interacción entre potasio y fósforo no está muy bien documentada, sin embargo, en condiciones de deficiencia de P se reduce la absorción de K y viceversa. Sin embargo, aparentemente esto no es más que un mero efecto de la

ley del mínimo. Por otro lado, se ha reportado que la aplicación de potasio reduce la deficiencia de zinc inducida por el exceso de fósforo. En cuanto al calcio y magnesio, éstos son dos nutrimentos con los que el potasio mantiene relaciones antagónicas, prácticamente en todos los cultivos. Un alto suministro de potasio reduce la absorción de magnesio y calcio, sin embargo, un alto suministro de magnesio y calcio afecta poco la absorción de potasio. Por otro lado, en condiciones de deficiencia de calcio en el suelo, se desfavorece la absorción de potasio debido a la pérdida de integridad de la membrana celular. Se ha reportado que la absorción de manganeso, zinc y cobre se ve favorecida en forma general por la aplicación de potasio (Castellanos *et al.*, 2000).

2.3 ASPECTOS ECONÓMICOS SOBRE LA PRÁCTICA DE FERTILIZACIÓN

El rendimiento de un cultivo aumenta a medida que aumenta el fertilizante aplicado, pero después de llegar a cierta cantidad, los rendimientos decrecen. La práctica de fertilización representa un alto porcentaje de los costos totales de producción, por lo que es importante conocer los factores que influyen en la respuesta del cultivo a la aplicación de los fertilizantes, para poder determinar las cantidades adecuadas que deben ser aplicadas, a fin de obtener el mayor beneficio económico. Un agricultor debe aplicar fertilizante hasta el punto en que la última unidad aplicada sea justamente la cantidad suficiente para producir un incremento en la producción que pueda compensar el costo adicional ocasionado por la compra de esta última unidad de fertilizante (Fagaria y Balagar, 1997).

2.4 VARIEDAD DE FRIJOL ARBUSTIVO ICTA SUPERCHIVA^{ACM}

Es una variedad cuyas características principales son: días a floración 45, el color de la flor es morado (lila), color de la vaina beige, 120 días a cosecha. Presenta

tolerancia a la roya y a la ascochyta. Su rendimiento promedio es de 1,600 kg/ha. Se adapta a zonas comprendidas entre 1800 a 2400 msnm.

2.5 ESTUDIOS REALIZADOS POR EL ICTA EN EL TEMA DE FERTILIZACIÓN EN FRIJOL

El instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA-, a través del programa de Nutrición Vegetal, determinó en 1973, los niveles adecuados de N-P-K en varios cultivos agrícolas, incluyendo frijol, como otra fase del proceso de evaluación de la fertilidad de los suelos. Esta información, unida al criterio de niveles de suficiencia de nutrimentos, derivados de un método de alta correlación, es utilizada como fundamento para orientar programas de fertilización en diferentes cultivos.

Para obtener esta información, el Programa de Nutrición Vegetal desarrolló un proyecto de investigación en campos de agricultores, mediante la instalación de ensayos localizados en distintos sitios del país, seleccionados de acuerdo a los intereses tanto del programa como de los agricultores que accedieron a prestar su colaboración.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

A lo largo de los años, producto de su proceso de generación de tecnología agrícola, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA- ha puesto a disposición de los productores del altiplano central de Guatemala, variedades de frijol arbustivo de alto potencial de rendimiento y con tolerancia a las enfermedades que comúnmente se presentan en la región.

Las condiciones en las diferentes regiones productoras de frijol en Guatemala han sufrido cambios drásticos en cuanto a clima y características de los suelos se refiere, esto provocado por diversos factores agroclimáticos. Además, cada variedad posee sus propios requerimientos nutritivos. Actualmente no se han generado recomendaciones específicas para el manejo agronómico de la variedad ICTA Superchiva^{ACM}, principalmente en lo referente a niveles de macro nutrientes (N-P-K) adecuados para su cultivo, lo que podría estar limitando su productividad, o en otros casos, incrementando los costos de producción.

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La fertilización es uno de los factores que inciden grandemente en el vigor y desarrollo de la planta de frijol, su rendimiento y su calidad. Debido a que actualmente no se ha desarrollado investigación en cuanto a algunos aspectos del manejo agronómico de la variedad de frijol ICTA Superchiva^{ACM}, se hace necesario evaluar diferentes niveles de macronutrientes (N-P-K) y su efecto sobre los componentes y el rendimiento del cultivo, como parte del desarrollo de la tecnología que posteriormente pueda ser transferida al agricultor.

IV. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

- Generar tecnología para determinar la dosis óptima de fertilización N-P-K para la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva^{ACM}, bajo condiciones del altiplano central de Guatemala.

4.2 ESPECÍFICOS

- Cuantificar los componentes de rendimiento del frijol arbustivo variedad ICTA Superchiva^{ACM}, manejada con diferentes tratamientos de aplicación de de macronutrientes N-P-K.
- Determinar el rendimiento de grano de la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva^{ACM}, manejada con distintos tratamientos de fertilización N-P-K.

V. HIPÓTESIS

- Al menos uno de los tratamientos de fertilización N-P-K a evaluar mejorará la expresión de los componentes del rendimiento en la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva^{ACM}.
- Por lo menos con uno de los tratamientos de fertilización N-P-K a evaluar, se obtendrá un mayor rendimiento de grano en la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva^{ACM}.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

Para evaluar la respuesta del frijol ICTA Superchiva^{ACM} cultivado en monocultivo, a diferentes tratamientos de fertilización N-P-K, se condujeron cinco ensayos agrotécnicos, localizados los mismos en los municipios de San José Poaquil, Santa Apolonia, San Juan Comalapa, Zaragoza y Chimaltenango.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizó semilla de la variedad ICTA Superchiva^{ACM}.

Como fuentes de nutrientes se utilizaron las fórmulas químicas

Fertilizante 15-15-15

Fertilizante 11-52-0

Fertilizante 0-0-60

Fertilizante 46-0-0

6.3 FACTOR ESTUDIADO

En el presente trabajo se estudió un solo factor: Tratamientos de fertilización N-P-K en frijol arbustivo, variedad ICTA Superchiva^{ACM}.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se evaluaron ocho tratamientos de fertilización N-P-K (cuadro 1), provenientes de desarrollar el factorial 2 x 2 x 2 (dos niveles de nitrógeno, dos niveles de fósforo y dos niveles de potasio).

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización N-P-K evaluados en la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva^{ACM}, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.

Tratamiento	Cantidad de fertilizante a aplicar (kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	50	30	50
2	50	30	100
3	50	60	50
4	50	60	100
5	100	30	50
6	100	30	100
7	100	60	50
8	100	60	100

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental de Bloques completos al azar, con 8 tratamientos y 3 repeticiones.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico utilizado en la presente investigación fue el siguiente:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

u = Media general del experimento

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento de fertilización

B_j = Efecto de la j -ésima repetición (bloque)

E_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo formada por 4 surcos de 6 metros de largo cada uno. La distancia entre surcos fue de 0.6 m. Como parcela neta se tomaron los dos surcos centrales de cada unidad experimental. La distancia entre posturas fue de 0.1 m, colocando una semilla por postura.

6.8 CROQUIS DE CAMPO

La distribución de los tratamientos en el campo se muestra en la figura 1.

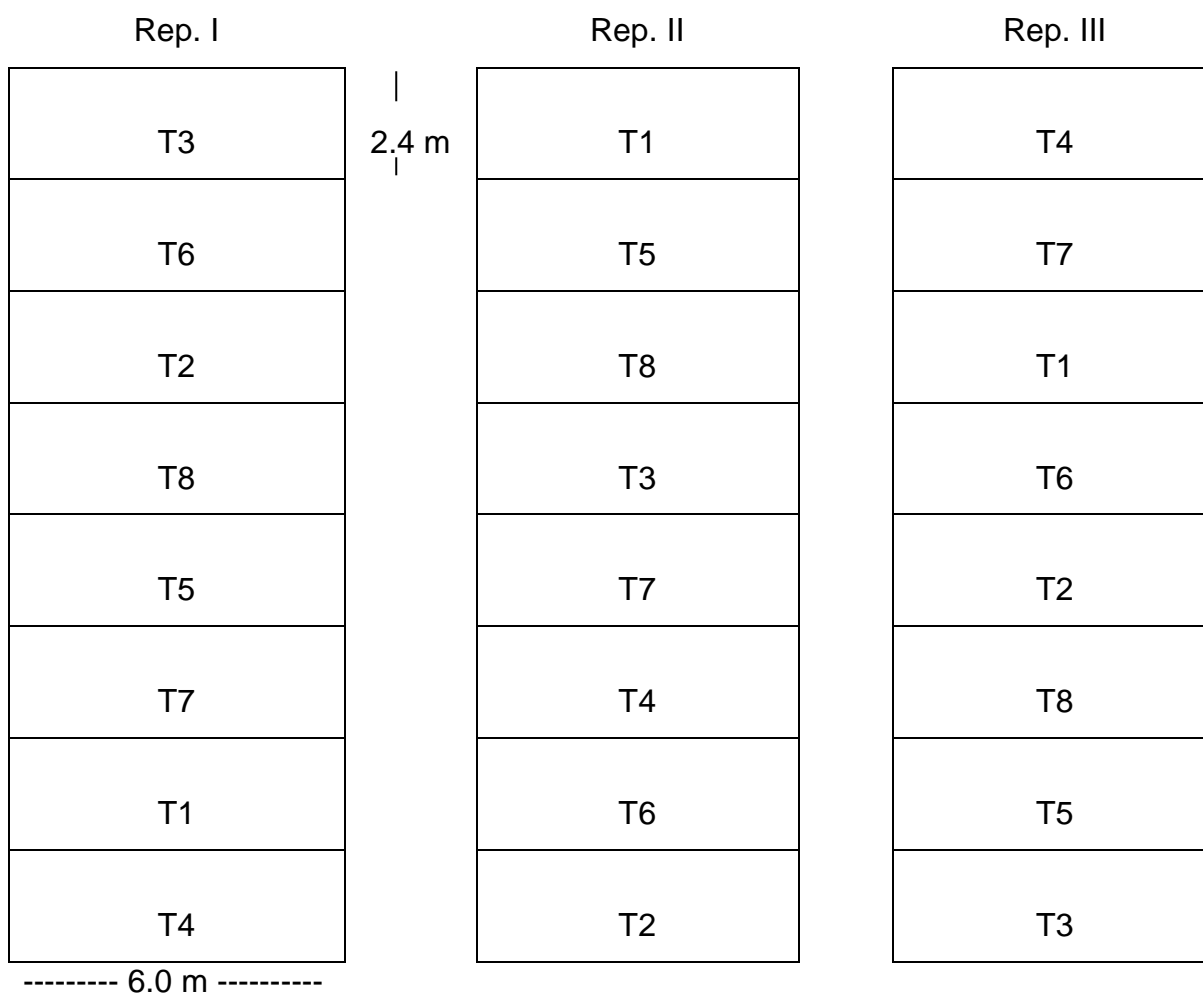


Figura 1. Aleatorización de los tratamientos en el campo.

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1 Preparación del terreno

En la localidad de Chimaltenango la preparación se hizo con maquinaria, dando un paso de arado, dos pasos de rastra y finalmente se hizo el surqueo respectivo, para dejar una buena cama de siembra. En el resto de localidades se hizo en forma manual, se utilizó azadón, realizando un picado profundo del suelo y eliminando terrones grandes para facilitar la germinación y emergencia de las plantas.

6.9.2 Siembra

La siembra se realizó de forma manual, sembrando un grano por postura. El distanciamiento entre surcos fue de 0.6 m y entre posturas de 0.1 m

6.9.3 Control de malezas

Durante el ciclo de cultivo se realizaron tres limpiezas, con una frecuencia de 20 días entre cada una. Esta actividad se hizo de forma manual, con azadón.

6.9.4 Fertilización

Se efectuaron dos fertilizaciones, la primera al momento de la siembra, con el 100% de fósforo y de potasio, y aproximadamente el 50% de N. Para completar la fertilización nitrogenada se aplicó urea al momento de iniciarse la floración.

Adicionalmente se hicieron tres aplicaciones de abono foliar (Bayfolan Forte), inmediatamente después de cada limpieza.

6.9.5 Control de plagas

Entre las plagas que atacaron las raíces de las plantas de frijol se encontraron principalmente las siguientes: gusano alambre (*Agriotes ipsilum*) y gallina ciega (*Phyllophaga* spp.).

Entre las plagas que atacaron el follaje de las plantas de frijol se identificaron las siguientes: babosas (*Sarasinula plebeia*), chicharritas (*Empoasca fabae*), minadores de las hojas (*Liriomyza huidobrensis*), tortuguillas (*Diabrotica* spp), cortadores o nocheros (*Spodoptera* spp.)

Entre las plagas que atacaron al fruto se encontraban principalmente: picudo de la vaina (*Trichapion godmani*) y los barrenadores de la vaina (*Epinotia aporema*). También se observó presencia de gorgojo (*Acanthoscelides obtectus*).

Periódicamente se realizaron muestreos de plagas, cuando los niveles de las mismas alcanzaron umbrales económicos, se procedió a aplicar productos químicos que permitieran controlarlas, tales como: Deltametrina, Endosulfan, Thiodicarb, Metaldehido.

6.9.6 Control de enfermedades

Con base en la tolerancia y/o resistencia del material genético utilizado en la investigación, no se hicieron aplicaciones para prevenir o curar enfermedades.

6.9.7 Cosecha

Se realizó de forma manual, arrancando las plantas, éstas se sacudieron para desprender la tierra adherida a las raíces. Esta labor facilitó la limpieza posterior del grano.

Después de arrancadas, las plantas fueron expuestas al sol para finalizar su secado. El secado se hizo en un patio de cemento. Luego del secado se procedió al aporreo o trilla y limpieza del grano obtenido.

6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

6.10.1 Vainas por planta (número)

Se tomaron al azar diez plantas de cada parcela neta y se procedió a retirarles y contar las vainas; posteriormente se obtuvo el promedio por planta.

6.10.2 Granos por vaina (número)

Se tomaron al azar 50 vainas de cada parcela neta y se procedió a retirarles y contar los granos; posteriormente se obtuvo el promedio por vaina.

6.10.3 Peso de 100 granos (g)

Cuando el grano se encontraba debidamente limpio y seco, se procedió a tomar al azar 100 granos y se les determinó su peso en una balanza semianalítica.

6.10.4 Rendimiento de grano (kg/ha)

Luego del aporreo, secado y limpieza del grano de cada unidad experimental, se procedió a pesar el mismo; este dato fue proyectado para obtener los kg/ha de rendimiento de cada tratamiento en cada repetición.

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los datos obtenidos para cada una de las variables fueron sometidos a análisis de varianza; en aquellos casos que se determinaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, se procedió a realizar una prueba de medias, utilizando para el efecto, Tukey, al 5% de probabilidad de error.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 VAINAS POR PLANTA

En el cuadro 2 se presenta un resumen de los resultados de los análisis de varianza por localidad, para la variable vainas por planta. Así mismo, se muestra cual fue el comportamiento del análisis combinado para las cinco localidades en donde se ejecutaron los experimentos.

En el cuadro 3 se muestran los resultados de la prueba de medias (Tukey 5% de probabilidad de error) practicada a la fuente de variación localidades.

La prueba de medias practicada a los ocho tratamientos evaluados se muestra en el cuadro 4. Se anota aquí el orden de los tratamientos en cada una de las cinco localidades, y los grupos de medias que conformaron los tratamientos en el análisis combinado.

Cuadro 2. Resumen de los análisis de varianza para la variable vainas por planta, en la variedad de frijol ICTA Superchiva^{ACM}, en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en el altiplano central de Guatemala.

Fuente de variación	Localidad					Combinado
	San José Poaquil	Santa Apolonia	San Juan Comalapa	Zaragoza	Chimaltenango	
Tratamiento	0.2990 NS	0.0002 **	0.0118 *	0.0868 NS	0.2899 NS	0.0001 **
Repetición	0.1441 NS	0.3759 NS	0.3718 NS	0.7993 NS	0.7046 NS	0.1411 NS
Localidades						0.0001 **
L * T						0.1500 NS
Media	23.9	13.0	21.7	15.4	11.5	15.6
C.V. (%)	13.7	13.1	18.1	17.2	18.4	17.0

* = Diferencia significativa ** = Diferencia altamente significativa NS = Diferencia no significativa al 5% de probabilidad de error.

Cuadro 3. Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable vainas por planta, en frijol variedad ICTA Superchiva^{ACM}, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.

Localidad	Media	*
San José Poaquil	23.9	a
San Juan Comalapa	21.7	a
Zaragoza	15.4	b
Santa Apolonia	13.0	c
Chimaltenango	11.3	c

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 4. Vainas por planta en frijol variedad ICTA Superchiva^{ACM}, en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.

Combinado *	Localidad				
	Chimaltenango	San José Poaquil	Zaragoza	Santa Apolonia	San Juan Comalapa
(7) 18.8 a	(8) 12.9	(7) 27.9	(8) 18.3	(8) 17.3	(7) 29.0
(8) 18.0 a	(4) 12.5	(3) 25.5	(7) 17.7	(7) 16.7	(6) 25.6
(6) 16.8 a	(5) 12.5	(6) 24.3	(6) 17.4	(4) 14.5	(8) 24.7
(4) 15.8 b	(7) 12.4	(8) 24.1	(4) 15.7	(6) 13.8	(3) 21.7
(3) 15.0 b	(6) 11.3	(5) 23.7	(5) 15.0	(3) 11.7	(4) 21.3
(5) 14.6 b	(1) 10.3	(1) 22.4	(2) 13.6	(5) 11.0	(2) 17.7
(2) 13.1 b	(2) 10.1	(4) 21.9	(3) 13.5	(2) 9.5	(5) 17.5
(1) 12.5 c	(3) 10.0	(2) 21.1	(1) 11.9	(1) 9.2	(1) 15.8

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los resultados de los análisis de varianza individuales (cuadro 2) muestran que la variable vainas por planta de la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva^{ACM} no fue estadísticamente significativa en las localidades de San José Poaquil, Zaragoza y Chimaltenango. Por el contrario, fue significativa en San Juan Comalapa y altamente significativa en Santa Apolonia.

En el análisis combinado de las cinco localidades (cuadro 4), se observó diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados y entre las localidades. No se marcó diferencia significativa entre repeticiones y en la interacción localidad por tratamiento. La media de las cinco localidades fue de 15.6 vainas por planta; los valores mayores se obtuvieron en su orden, en las localidades de San José Poaquil (23.9) y San Juan Comalapa (21.7); los más bajos correspondieron a Santa Apolonia (13.0) y a Chimaltenango (11.5).

Los valores de los coeficientes de variación se consideran dentro de un rango apropiado para este tipo de investigaciones (en todos los casos menores a 20%). Es oportuno mencionar que aunque no se cuenta con resultados de análisis de suelos, se observó un mejor comportamiento de la variedad en donde los terrenos son potencialmente más productivos; por otra parte, a excepción de la localidad de Chimaltenango, en los terrenos no se había sembrado frijol en los cinco años anteriores a la ejecución de la investigación.

En el caso de las localidades se formaron tres grupos estadísticos; en el primero de ellos se ubicaron San José Poaquil y San Juan Comalapa, y en el último, Santa Apolonia (terreno con aproximadamente 30% de pendiente) y Chimaltenango (terreno cultivado por varios años con maíz).

Para el caso de los tratamientos de fertilización evaluados, en el análisis combinado 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), 8 (100 – 60 – 100 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea) y 6 (100 – 30 – 100 kg de N

– P_2O_5 – K_2O por hectárea). Estos tratamientos, a excepción de la localidad de Chimaltenango, se ubicaron siempre entre los primeros cuatro al ordenarlos en forma descendente (incluyendo las localidades de San José Poaquil y Zaragoza, en donde los resultados indicaban que no había diferencia significativa).

7.2 GRANOS POR VAINA

El resumen de los análisis de varianza por localidad, así como un combinado de las cinco localidades, se muestra en el cuadro 5.

La prueba de medias (Tukey 5% de probabilidad de error) para la fuente de variación localidades se presenta en el cuadro 6.

La prueba de medias practicada a los ocho tratamientos de fertilización evaluados se muestra en el cuadro 7. Se anota aquí el orden de los tratamientos en cada una de las cinco localidades y los grupos de medias que conformaron los tratamientos en el análisis combinado.

Cuadro 5. Resumen de los análisis de varianza para la variable granos por vaina, en la variedad de frijol ICTA Superchiva^{ACM}, en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en el altiplano central de Guatemala.

Fuente de variación	Localidad					Combinado
	San José Poaquil	Santa Apolonia	San Juan Comalapa	Zaragoza	Chimaltenango	
Tratamiento	0.0003 **	0.0943 NS	0.0262 *	0.0057 **	0.4017 NS	0.0001 **
Repetición	0.0016 **	0.8448 NS	0.1439 NS	0.9051 NS	0.6452 NS	0.7955 NS
Localidades						0.0001 **
L * T						0.0451 *
Media	6.0	5.0	5.9	5.5	5.3	5.5
C.V. (%)	4.5	7.2	4.6	5.1	7.3	6.4

* = Diferencia significativa ** = Diferencia altamente significativa NS = Diferencia no significativa al 5% de probabilidad de error.

Cuadro 6. Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable granos por vaina, en frijol variedad ICTA Superchiva^{ACM}, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.

Localidad	Media	*
San José Poaquil	6.0	a
San Juan Comalapa	5.9	a
Zaragoza	5.5	b
Chimaltenango	5.3	b
Santa Apolonia	5.0	c

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 7. Granos por vaina, en frijol variedad ICTA Superchiva^{ACM}, en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.

Combinado *	Localidad				
	Chimaltenango	San José Poaquil	Zaragoza	Santa Apolonia	San Juan Comalapa
(8) 5.8 a	(7) 5.6	(8) 6.5	(7) 6.0	(2) 5.4	(8) 6.3
(7) 5.8 a	(8) 5.6	(7) 6.4	(8) 6.0	(8) 5.4	(6) 6.2
(6) 5.6 a	(6) 5.4	(6) 6.3	(6) 5.7	(5) 5.0	(5) 6.0
(5) 5.5 a	(5) 5.3	(5) 6.0	(5) 5.6	(7) 5.0	(3) 6.0
(3) 5.5 a	(3) 5.2	(3) 5.9	(3) 5.5	(1) 4.9	(7) 6.0
(2) 5.4 b	(1) 5.1	(4) 5.8	(4) 5.5	(6) 4.9	(4) 5.7
(4) 5.4 b	(4) 5.1	(2) 5.5	(2) 5.2	(3) 4.7	(2) 5.6
(1) 5.2 b	(2) 5.1	(1) 5.2	(1) 4.9	(4) 4.4	(1) 5.5

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los resultados de los análisis de varianza individuales para las localidades (cuadro 5), muestran que la variable granos por vaina de la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva^{ACM} no fue estadísticamente significativa en las localidades de Santa Apolonia y Chimaltenango. Por el contrario, fue significativa en San Juan Comalapa, y altamente significativa en San José Poaquil y Zaragoza.

En el análisis combinado de las cinco localidades (cuadro 7), se observó diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados y entre las localidades. La media de las cinco localidades fue de 5.5 granos por vaina; los valores mayores se obtuvieron en su orden, en las localidades de San José Poaquil (6.0) y San Juan Comalapa (5.9); los más bajos correspondieron a Chimaltenango (5.3) y Santa Apolonia (5.0).

Los valores de los coeficientes de variación se consideran dentro de un rango apropiado para este tipo de investigaciones (en todos los casos menores a 8%). Es oportuno mencionar que aunque no se cuenta con resultados de análisis de suelos, se observó un mejor comportamiento de esta variable en donde los terrenos son potencialmente más productivos; por otra parte, a excepción de la localidad de Chimaltenango, en los terrenos no se había sembrado frijol en los cinco años anteriores a la ejecución de la investigación.

En el caso de las localidades se formaron tres grupos estadísticos; en el primero de ellos se ubicaron San José Poaquil y San Juan Comalapa, y en el último, Santa Apolonia.

Para el caso de los tratamientos de fertilización evaluados, en el análisis combinado se formaron dos grupos estadísticos. En el primero de ellos se ubicaron los tratamientos 8 (100 – 60 – 100 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea), 7 (100 – 60 – 50 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea), 6 (100 – 30 – 100 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea), 5 (100 – 30 – 50 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea) y 3 (50 – 60 – 50 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea). Estos tratamientos, a

excepción de la localidad de Santa Apolonia, se ubicaron siempre entre los primeros cinco al ordenarlos en forma descendente (incluyendo las localidades de Santa Apolonia y Chimaltenango, en donde los resultados indicaban que no había diferencia significativa).

7.3 PESO DE 100 GRANOS

Un resumen de los análisis de varianza individuales por localidad, así como un combinado de las cinco localidades se presenta en el cuadro 8.

La prueba de medias (Tukey 5% de probabilidad de error) para la fuente de variación localidades se presenta en el cuadro 9.

La prueba de medias para los ocho tratamientos de fertilización evaluados, se presenta en el cuadro 10. Se anota aquí el orden de los tratamientos en cada una de las cinco localidades y los grupos de medias que conformaron los tratamientos en el análisis combinado.

Cuadro 8. Resumen de los análisis de varianza para la variable peso de 100 granos (g), en la variedad de frijol ICTA Superchiva^{ACM}, en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en el altiplano central de Guatemala.

Fuente de variación	Localidad					Combinado
	San José Poaquil	Santa Apolonia	San Juan Comalapa	Zaragoza	Chimaltenango	
Tratamiento	0.0030 **	0.8122 NS	0.1520 NS	0.6682 NS	0.2579 NS	0.0001 **
Repetición	0.0118 *	0.5233 NS	0.6525 NS	0.0306 *	0.4144 NS	0.1075 NS
Localidades						0.0001 **
L * T						0.5848 NS
Media (g)	16.9	16.2	15.5	15.8	16.5	16.3
C.V. (%)	3.1	10.4	4.0	5.1	6.1	5.6

* = Diferencia significativa ** = Diferencia altamente significativa NS = Diferencia no significativa al 5% de probabilidad de error.

Cuadro 9. Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable peso de 100 granos, en frijol variedad ICTA Superchiva^{ACM}, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.

Localidad	Media (g) *
San José Poaquil	16.9 a
Chimaltenango	16.5 a
Santa Apolonia	16.2 b
Zaragoza	15.8 b
San Juan Comalapa	15.5 b

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 10. Peso de 100 granos (g), para el frijol variedad ICTA Superchiva^{ACM}, en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.

Combinado *	Localidad				
	Chimaltenango	San José Poaquil	Zaragoza	Santa Apolonia	San Juan Comalapa
(7) 16.7 a	(8) 17.2	(8) 18.1	(3) 16.3	(4) 17.3	(6) 15.9
(8) 16.6 a	(7) 17.1	(7) 17.3	(2) 16.1	(7) 16.9	(7) 15.8
(4) 16.3 a	(5) 17.1	(5) 17.2	(6) 16.1	(5) 16.4	(3) 15.8
(6) 16.3 a	(6) 16.4	(4) 16.9	(4) 15.9	(8) 16.3	(8) 15.5
(3) 16.3 a	(3) 16.2	(6) 16.7	(1) 15.5	(3) 16.0	(4) 15.5
(5) 16.2 a	(2) 16.0	(3) 16.6	(7) 15.4	(2) 15.6	(5) 15.5
(2) 16.0 a	(1) 15.9	(2) 16.5	(5) 15.4	(6) 15.6	(2) 15.3
(1) 15.7 b	(4) 15.8	(1) 15.6	(8) 15.4	(1) 15.3	(1) 14.4

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los resultados de los análisis de varianza individuales (cuadro 8) muestran que la variable peso de 100 granos de la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva^{ACM} únicamente presentó diferencias altamente significativas en la localidad de San José Poaquil, lo que podría deberse a que dicha característica está más asociada al componente genético de la variedad. Así mismo, se infiere que este componente tuvo menor efecto que vainas por planta y granos por vaina, en el rendimiento total de grano de cada tratamiento.

Por las tendencias de comportamiento de cada uno de los tratamientos evaluados, en el análisis combinado de las cinco localidades (cuadro 10), se observó diferencia altamente significativa entre los tratamientos y entre las localidades. No se marcó diferencia significativa entre repeticiones y en la interacción localidad por tratamiento. La media de las cinco localidades fue de 16.3 g, valor que puede considerarse relativamente bajo en comparación con lo que se reporta para dicha variedad (Ing. Julio Villatoro del ICTA. Comunicación personal); sin embargo, es de anotar que los terrenos en donde se ejecutaron los experimentos pueden considerarse de baja productividad.

Los valores de los coeficientes de variación se consideran dentro de un rango apropiado para este tipo de investigaciones (en todos los casos menores a 11%). A excepción de la localidad de Chimaltenango, en los terrenos no se había sembrado frijol en los cinco años anteriores a la ejecución de la investigación.

En el caso de las localidades se formaron dos grupos estadísticos; en el primero de ellos se ubicaron San José Poaquil y Chimaltenango.

Para el caso de los tratamientos de fertilización evaluados, en el análisis combinado se formaron dos grupos estadísticos. En el segundo de ellos se ubicó únicamente el tratamiento 1 (50 – 30 – 50 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea).

7.4 RENDIMIENTO DE GRANO

Un resumen de los análisis de varianza individuales por localidad, así como el combinado de las cinco localidades, para la variable rendimiento de grano de frijol, se presenta en el cuadro 11.

La prueba de medias (Tukey 5% de probabilidad de error) para la fuente de variación localidades se presenta en el cuadro 12.

La prueba de medias para los ocho tratamientos de fertilización evaluados, se presenta en el cuadro 13. Se anota aquí el orden de los tratamientos en cada una de las cinco localidades y los grupos de medias que conformaron los tratamientos en el análisis combinado.

Cuadro 11. Resumen de los análisis de varianza para la variable rendimiento de grano de frijol, en la variedad ICTA Superchiva^{ACM}, en la evaluación de tratamientos de fertilización N-P-K en el altiplano central de Guatemala.

Fuente de variación	Localidad					Combinado
	San José Poaquil	Santa Apolonia	San Juan Comalapa	Zaragoza	Chimaltenango	
Tratamiento	0.0002 **	0.0064 **	0.1755 NS	0.0113 *	0.0007 **	0.0001 **
Repetición	0.0265 *	0.0251 *	0.2201 NS	0.0034 **	0.5478 NS	0.5207 NS
Localidades						0.0001 **
L * T						0.1114 NS
Media kg/ha	2569	1142	2428	1473	1102	1565
C.V. (%)	10.6	23.0	12.6	9.1	15.8	16.2

* = Diferencia significativa ** = Diferencia altamente significativa NS = Diferencia no significativa al 5% de probabilidad de error.

Cuadro 12. Prueba de medias Tukey (0.05) para la variable rendimiento de grano de frijol, variedad ICTA Superchiva^{ACM}, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.

Localidad	Media (kg/ha) *
San José Poaquil	2569 a
San Juan Comalapa	2428 a
Zaragoza	1473 b
Santa Apolonia	1142 c
Chimaltenango	1084 c

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 13. Rendimiento promedio de grano de frijol, variedad ICTA Superchiva^{ACM}, en la evaluación de ocho tratamientos de fertilización N-P-K, en cinco localidades del altiplano central de Guatemala.

Combinado *	Localidad				
	Chimaltenango	San José Poaquil	Zaragoza	Santa Apolonia	San Juan Comalapa
(8) 1924 a	(7) 1480	(8) 3200	(8) 1738	(8) 1821	(7) 2852
(7) 1872 a	(5) 1231	(7) 3113	(7) 1632	(7) 1374	(8) 2592
(6) 1598 b	(8) 1204	(6) 2761	(3) 1549	(6) 1176	(4) 2522
(4) 1566 b	(6) 1144	(5) 2684	(5) 1432	(4) 1138	(5) 2439
(5) 1539 b	(4) 1082	(4) 2541	(6) 1426	(3) 1033	(6) 2405
(3) 1405 c	(2) 921	(3) 2324	(4) 1384	(2) 932	(2) 2315
(2) 1382 c	(1) 899	(2) 2167	(2) 1384	(5) 878	(1) 2172
(1) 1236 d	(3) 853	(1) 1762	(1) 1241	(1) 782	(3) 2130

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los resultados de los análisis de varianza individuales (cuadro 11), indican que la variable rendimiento de grano no presentó diferencias estadísticamente significativas en la localidad de San Juan Comalapa; por el contrario, la diferencia fue significativa en Zaragoza, y altamente significativa en San José Poaquil, Santa Apolonia y Chimaltenango.

Por su parte, el análisis combinado de las cinco localidades (cuadro 13) indica que la diferencia entre tratamientos fue altamente significativa, al igual que entre las localidades donde se condujeron los experimentos; esto se atribuye a las diferentes condiciones edafoclimáticas que prevalecieron en cada sitio experimental. No se marcaron diferencias entre repeticiones y en la interacción localidades por tratamiento. La media general para las cinco localidades fue de 1565 kg/ha.

La prueba de medias (Tukey 5% de probabilidad de error) para la fuente de variación localidades (cuadro 12), indica que se formaron tres grupos estadísticos; conformando el primero de ellos San José Poaquil (2569 kg/ha) y San Juan Comalapa (2428 kg/ha). Las localidades en donde se obtuvo un menor rendimiento fueron Santa Apolonia (1142 kg/ha) y Chimaltenango (1084 kg/ha).

La prueba de medias para el análisis combinado (cuadro 13), indica que los tratamientos formaron tres grupos estadísticos. En el primero de ellos se ubicaron los tratamientos 8 (100 – 60 – 100 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea) y 7 (100 – 60 – 50 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea). Un segundo grupo estuvo conformado por los tratamientos 6 (100 – 30 – 100 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea), 4 (50 – 60 – 100 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea) y 5 (100 – 30 – 50 kg de N – P₂O₅ – K₂O por hectárea).

VIII. CONCLUSIONES

Los tratamientos de fertilización N-P-K evaluados, afectaron significativamente el componente vainas/planta de la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva^{ACM}, en las localidades de Santa Apolonia y San Juan Comalapa. Considerando las cinco localidades en su conjunto, se observó un efecto altamente significativo. De manera general, este componente fue mayor en San José Poaquil (23.9 vainas/planta) y San Juan Comalapa (21.7 vainas/planta). Se obtuvo un mayor número de vainas con los tratamientos 7 (100-60-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea), 8 (100-60-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea) y 6 (100-30-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea).

Los tratamientos de fertilización N-P-K afectaron significativamente el componente granos/vaina de la variedad ICTA Superchiva^{ACM} en San José Poaquil, San Juan Comalapa y Zaragoza. Se observó efecto significativo en el análisis combinado de las cinco localidades. Este componente fue mayor en San José Poaquil (6.0) y San Juan Comalapa (5.9). Destacaron en un primer grupo los tratamientos de fertilización 8 (100-60-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea), 7 (100-60-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea), 6 (100-30-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea), 5 (100-30-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea) y 3 (50-60-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea).

El peso de 100 granos de la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva^{ACM} únicamente fue afectado por los tratamientos de fertilización N-P-K en la localidad de San José Poaquil. También se observó efecto significativo en el análisis combinado de las cinco localidades. En general, este componente fue mayor en San José Poaquil (16.9 g) y Chimaltenango (16.5 g). Con respecto a la fertilización, únicamente con el tratamiento 1 (50-30-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea) el peso fue menor (15.7 g).

El rendimiento de grano del frijol variedad ICTA Superchiva^{ACM} fue afectado significativamente por los tratamientos de fertilización N-P-K evaluados. Fue mayor en San José Poaquil (2569 kg/ha) y San Juan Comalapa (2428 kg/ha). Con respecto a la fertilización, se obtuvo un mayor rendimiento con los tratamientos 8 (100-60-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea) y 7 (100-60-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea); en un segundo grupo se ubicaron los tratamientos 6 (100-30-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea), 4 (50-60-100 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea) y 5 (100-30-50 kg de N-P₂O₅-K₂O por hectárea).

IX. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda evaluar para la variedad de frijol arbustivo ICTA Superchiva^{ACM}, en un mayor número de localidades, en ensayos de finca agroeconómicos, los tratamientos N-P₂O₅-K₂O a) 50 – 60 – 100 kg/ha; b) 100 – 30 – 50 kg/ha; c) 100 – 30 – 100 kg/ha, y d) 100 – 60 – 50 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.
- Díaz, 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.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA-. (1973). Informe Anual. Programa de Nutrición Vegetal. Guatemala.
- 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.
- 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.

XI. ANEXO

Datos de campo del experimento "Respuesta de la variedad de frijol ICTA Superchiva^{ACM} a diferentes niveles de macronutrientes (N-P-K) en cinco localidades del altiplano central de Guatemala. Localidades: 1) Chimaltenango; 2) San José Poaquil; 3) Zaragoza; 4) Santa Apolonia; 5) San Juan Comalapa

ICTA SUPERCHIVA						
Localidad	Trat	Rep.	Vainas/planta	Granos/vaina	Peso 100 granos	kg/ha
1	1	1	7.9	5.2	16.85	1070
1	2	1	11.6	5.7	15.93	1070
1	3	1	9.2	5.3	15.92	904
1	4	1	14.2	4.7	16.45	1310
1	5	1	12.2	4.9	16.54	959
1	6	1	8.4	5.3	16.79	1088
1	7	1	14.6	5.8	16.48	1402
1	8	1	11.9	5.5	17.15	1291
1	1	2	9.7	5.4	16.35	848
1	2	2	7.8	4.8	16.13	830
1	3	2	13.3	5.0	15.17	922
1	4	2	12.4	4.5	14.26	904
1	5	2	10.3	5.1	16.42	1273
1	6	2	12.9	6.0	15.66	1033
1	7	2	9.7	5.5	17.75	1457
1	8	2	11.1	5.6	17.76	1107
1	1	3	10.8	5.3	15.45	922
1	2	3	10.7	5.1	16.24	900
1	3	3	8.2	5.1	15.98	664
1	4	3	13.0	5.8	15.75	1134
1	5	3	12.4	5.7	15.45	1033
1	6	3	13.9	5.2	16.46	1014
1	7	3	10.9	5.4	17.78	1568
1	8	3	14.4	5.8	16.53	1310
2	1	1	22.4	4.5	15.51	1605
2	2	1	16.0	5.4	15.51	1715
2	3	1	19.2	5.6	15.69	2075
2	4	1	21.2	5.6	16.26	2628
2	5	1	21.2	6.1	17.43	2462
2	6	1	21.4	5.8	16.38	2573
2	7	1	29.4	6.1	17.06	2767
2	8	1	26.6	6.2	17.48	2960
2	1	2	25.6	5.5	15.89	2352
2	2	2	25.0	5.5	17.31	2573

2	3	2	27.4	6.6	17.41	2545
2	4	2	24.2	6.1	17.75	2753
2	5	2	28.4	6.2	17.27	2822
2	6	2	24.4	6.8	16.74	2873
2	7	2	27.2	6.9	17.08	3182
2	8	2	22.8	6.6	19.28	3043
2	1	3	19.2	5.5	15.41	1328
2	2	3	22.2	5.5	16.69	2213
2	3	3	30.0	5.6	16.85	2353
2	4	3	20.2	5.8	16.69	2241
2	5	3	21.6	5.8	16.79	2767
2	6	3	27.2	6.3	17.11	2836
2	7	3	27.2	6.3	17.74	3389
2	8	3	23.0	6.6	17.62	3597
3	1	1	12.8	4.8	15.12	1068
3	2	1	14.8	5.4	15.70	1300
3	3	1	14.2	5.4	15.58	1632
3	4	1	18.3	5.6	14.36	1439
3	5	1	12.5	5.7	14.21	1168
3	6	1	21.0	5.6	16.15	1234
3	7	1	18.8	5.7	14.30	1549
3	8	1	14.0	5.9	15.19	1701
3	1	2	13.8	4.7	14.75	1134
3	2	2	13.2	4.8	16.54	1245
3	3	2	15.2	5.6	16.77	1494
3	4	2	14.0	5.4	16.57	1107
3	5	2	16.0	5.5	16.94	1439
3	6	2	15.3	6.2	16.96	1411
3	7	2	17.0	6.3	16.46	1660
3	8	2	18.8	6.1	14.82	1688
3	1	3	9.0	5.3	16.54	1522
3	2	3	12.8	5.3	16.15	1605
3	3	3	11.0	5.6	16.56	1522
3	4	3	14.7	5.5	16.69	1605
3	5	3	16.5	5.5	15.06	1688
3	6	3	15.8	5.3	15.24	1632
3	7	3	17.3	5.9	15.51	1688
3	8	3	22.2	5.9	16.04	1826
4	1	1	8.0	4.9	15.99	719
4	2	1	8.6	5.8	14.63	885
4	3	1	13.8	5.0	16.24	954
4	4	1	15.5	4.7	16.23	1425
4	5	1	10.0	4.7	15.46	995

4	6	1	11.0	5.0	16.65	1411
4	7	1	17.2	4.4	19.19	1563
4	8	1	16.0	5.4	14.81	1743
4	1	2	12.5	5.1	15.66	892
4	2	2	10.8	4.9	16.09	1162
4	3	2	10.7	5.0	15.36	1369
4	4	2	13.7	4.4	21.29	1107
4	5	2	12.2	5.2	16.77	761
4	6	2	15.0	4.9	15.35	1148
4	7	2	15.7	5.1	15.98	1425
4	8	2	18.7	5.5	16.75	2559
4	1	3	7.2	4.8	14.30	736
4	2	3	9.0	5.4	16.05	750
4	3	3	10.6	4.2	16.26	775
4	4	3	14.3	4.2	14.46	881
4	5	3	10.7	5.1	16.85	878
4	6	3	15.3	4.9	14.74	968
4	7	3	17.3	5.5	15.48	1134
4	8	3	17.2	5.2	17.29	1162
5	1	1	17.3	5.8	14.16	2075
5	2	1	18.3	5.9	15.50	2269
5	3	1	19.0	6.0	15.62	2628
5	4	1	21.5	5.7	15.41	2711
5	5	1	18.0	6.2	14.86	2476
5	6	1	21.7	6.4	15.39	2768
5	7	1	23.0	5.9	15.66	2988
5	8	1	21.8	6.6	15.98	2767
5	1	2	15.7	5.2	14.85	2103
5	2	2	17.0	5.3	15.08	2462
5	3	2	17.7	5.9	15.65	2075
5	4	2	18.5	6.0	14.28	2241
5	5	2	20.2	5.5	15.80	2822
5	6	2	24.2	6.4	16.49	2067
5	7	2	33.3	6.0	16.27	2415
5	8	2	29.7	6.4	15.22	2324
5	1	3	14.3	5.5	14.12	2338
5	2	3	17.7	5.5	15.39	2213
5	3	3	28.3	6.0	16.02	1688
5	4	3	24.0	5.5	16.81	2614
5	5	3	14.3	6.2	15.76	2020
5	6	3	31.0	5.8	15.85	2379
5	7	3	30.7	6.0	15.53	3154
5	8	3	22.5	5.9	15.39	2684

