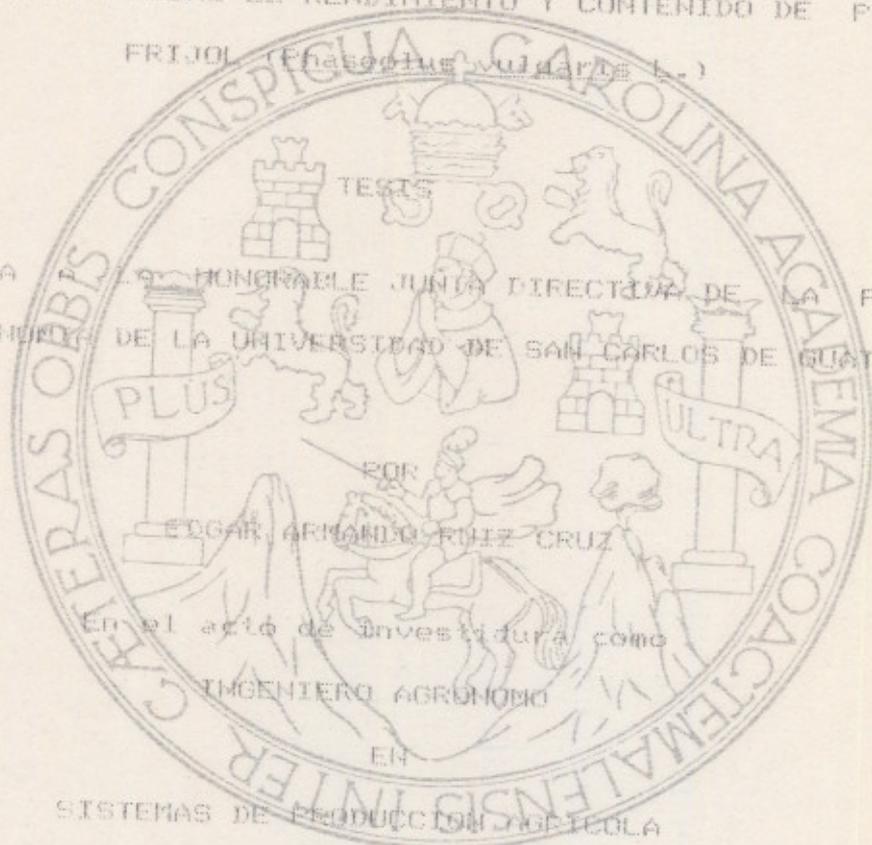


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EFFECTO DE LA APLICACION FOLIAR DE NITROGENO, AZUFRE Y MOLIBDENO,
EN DOS EPOCAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE PROTEINA DEL
FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



POR
EDGAR ARMANDO RUIZ CRUZ

En el acto de investidura como
INGENIERO AGRONOMO
EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGROPECUARIA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

Guatemala, marzo de 1994.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(1490)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DOCTOR ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	ING. AGR. EFRAIN MEDINA GUERRA
VOCAL I:	ING. AGR. MAYNOR ESTRADA
VOCAL II:	ING. AGR. WALDEMAR NUFIO
VOCAL III:	ING. AGR. CARLOS R. MOTTA
VOCAL IV:	P. AGR. MILTON ABEL SANDOVAL
VOCAL V:	BR. JUAN GERARDO DE LEON
SECRETARIO:	ING. AGR. MARCO R. ESTRADA MUY

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Guatemala, marzo de 1994.

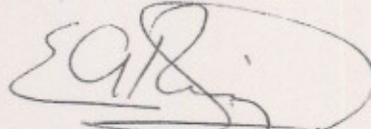
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR
FACULTAD DE AGRONOMIA

Honorables señores:

De acuerdo con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como un requisito a optar al título de INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA en el grado académico de LICENCIADO, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:
"Efecto de la aplicación foliar de nitrógeno, azufre y molibdeno en dos épocas, sobre el rendimiento y contenido de proteína del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)"

Esperando que el presente trabajo llene los requisitos necesarios, me es grato agradecerles la atención a la presente.

Respetuosamente,



Br. Edgar Armando Ruiz Cruz

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS: Creador del Universo y de toda la naturaleza que el hombre tiene la posibilidad de utilizar en la tierra.
- A MIS PADRES: Sara Clemencia Cruz Toledo de Ruiz (Q.E.P.D.)
Rodrigo Roberto Ruiz Pinto.
Gracias por haberme formado, por sus consejos y apoyo. Con admiración.
- A MI ESPOSA: Nurya de Lourdes. Quiero compartir contigo el resto de mi vida.
- A MI HIJA: Dricela Saramaria. Agradeciendo a Dios el habernos confiado su vida.
- A MIS HERMANOS: Ruben, Estuardo y Rolando. Deseo que alcancen sus metas.
- A MI FAMILIA EN GENERAL: Con cariño.
- A USTED: Especialmente.

TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA: Guatemala, tierra llena de recursos naturales, que sus habitantes estamos terminando.

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:

Casa de estudios que formó en gran parte mi pensamiento científico y las bases para el conocimiento de Guatemala.

A MIS ASESORES: Ingeniero Agrónomo Luis Estrada L.
Ingeniero Agrónomo Ernesto González.

Por su ayuda desinteresada para la elaboración de este trabajo.

A MIS COMPANEROS Y AMIGOS:

Geobany Martínez, Francisco Aldana, Manuel Tum, Tomás Padilla, Pedro Pelaéz, David Mendoza, Mario Prera, Cesar Cruz, Julio Ramirez, Edgar Santizo, Edgar Velázquez, Julio Ruano.

A TODO EL CAMPESINADO GUATEMALTECO:

Por su esfuerzo para sobrevivir cada día, que con su trabajo sostienen Guatemala.

TESTE DE TESTO

A MI PATRIA: Guatemala, tierra llena de recursos naturales, que sus habitantes extraen torpemente.

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:

Para de estudiar que tanto en gran parte se demerita el cultivo; las bases para el conocimiento de Guatemala.

A MIS ASERORES:

Industria Agrícola: Mis Estrada L. Industria Agrícola Ernesto González.

Por su ayuda desinteresada para la elaboración de este trabajo.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:

Geodan Barrios, Francisco Sibana, Manuel Ica, Tomás Padilla, Pedro Feltes, David Mendosa, Mario Ferra, César Cruz, Julio Ramírez, Edgar Benito, Edgar Velasco, Julio Ruano.

A TODO EL COMERCIO GUATEMALTECO:

Por su esfuerzo para sobrevivir cada día, que con su trabajo sostienen Guatemala.

INDICE:

PAG.

1.	INTRODUCCION	1
2.	DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3.	JUSTIFICACION	3
4.	MARCO TEORICO	4
4.1.	Marco Conceptual	4
4.1.1.	Cultivo del frijol	4
4.1.2.	Clasificación taxonómica del frijol común	5
4.1.3.	Nutrimientos en estudio	5
A.	Nitrógeno	5
B.	Azufre	7
C.	Molibdeno	8
4.1.4.	Epoca de aplicación de nutrientes	10
4.1.5.	Dosis de nutrientes	11
4.1.6.	Proteína en el grano de frijol	12
4.1.7.	Absorción y formación de sustancia vegetal	12
4.2.	Marco Referencial	13
4.2.1.	Descripción del Área experimental	13
A.	Localización	13
B.	Clima	13
C.	Suelo	13
5.	OBJETIVOS	14
5.1.	General	14
5.2.	Específicos	14
6.	Hipotesis	15
7.	METODOLOGIA	15
7.1.	Diseño experimental	15
7.2.	Descripción de la unidad experimental	16
7.3.	Modelo estadístico	16
7.4.	Descripción de los tratamientos	17
7.4.1.	Parcelas grandes	18
7.4.2.	Parcelas pequeñas	18
7.5.	Manejo del experimento	19
7.5.1.	Preparación y desinfección del terreno	19
7.5.2.	Delimitación de parcelas	19
7.5.3.	Siembra	19
7.5.4.	Fertilización al suelo	19
7.5.5.	Fertilización foliar	20
7.5.6.	Riegos	20
7.5.7.	Control de malezas	20
7.5.8.	Control fitosanitario	21
7.5.9.	Cosecha	21
7.5.10.	Análisis de suelos	21
7.5.11.	Determinación del contenido de proteína	21
7.6.	VARIABLES evaluadas	22
7.7.	Análisis de la información	22
7.8.	Material experimental	23
7.9.	Fuentes de nutrimentos	24
8.	RESULTADOS	24

1	INTRODUCCION	1
2	DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3	JUSTIFICACION	3
4	OBJETO DE ESTUDIO	4
4	Marco Conceptual	4.1
4	Cultivo del frijol	4.1.1
5	Clasificación taxonomica del frijol como leg.	4.1.2
5	Nutrientes en estudio	4.1.3
6	Hidrogeno	4.1.3.1
7	Azufre	4.1.3.2
8	Fosforo	4.1.3.3
10	Epoos de aplicación de nutrientes	4.1.4
11	Formas de nutrientes	4.1.5
12	Proteinas en el grano de frijol	4.1.6
12	Asorcion y formación de sustancia vegetal	4.1.7
13	Marco Referencial	4.2
13	Descripción del área experimental	4.2.1
13	Localización	4.2.1.1
13	Clima	4.2.1.2
13	Suelo	4.2.1.3
14	OBJETIVOS	5
14	General	5.1
14	Específicos	5.2
15	Hipotesis	6
15	METODOLOGIA	7
15	Diseño experimental	7.1
16	Descripción de la unidad experimental	7.2
16	Modelo estadístico	7.3
17	Descripción de los tratamientos	7.4
18	Parcelas grandes	7.4.1
18	Parcelas pequeñas	7.4.2
19	Planio del experimento	7.5
19	Preparación y distribución del forraje	7.5.1
19	Definición de parcelas	7.5.2
19	Siembrs	7.5.3
19	Fertilización al suelo	7.5.4
20	Fertilización foliar	7.5.5
20	Riego	7.5.6
20	Control de malezas	7.5.7
21	Control fitosanitario	7.5.8
21	Cosecha	7.5.9
21	Análisis de suelos	7.5.10
21	Determinación del contenido de proteínas	7.5.11
22	Variables evaluadas	7.6
22	Análisis de la información	7.7
23	Materia experimental	7.8
24	Fuentes de nutrientes	7.9
24	RESULTADOS	8

8.1.	De los rendimientos	24
8.2.	De los porcentajes de proteína	25
8.3.	Efecto de los tratamientos	26
8.3.1.	Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento	27
8.3.2.	Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de proteína	28
8.4	Efecto factorial medio de los factores evaluados	28
8.4.1.	Sobre el rendimiento	30
8.4.2.	Sobre el porcentaje de proteína	33
8.5.	Análisis de regresión	38
9.	CONCLUSIONES	39
10.	RECOMENDACIONES	40
11.	BIBLIOGRAFIA	41
12.	ANEXOS	44

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

12.	ANEXOS	24
11.	BIBLIOGRAFIA	41
10.	RECOMENDACIONES	40
9.	CONCLUSIONES	39
8.5.	Análisis de regresión	38
8.4.3.	Sobre el porcentaje de proteínas	37
8.4.1.	Sobre el rendimiento	36
8.4.	esquemas	35
8.4.	Efecto factorial medio de los factores de proteínas	34
8.3.5.	Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de proteínas	33
8.3.1.	Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de los tratamientos	32
8.3.	Efecto de los tratamientos	31
8.2.	De los porcentajes de proteínas	30
8.1.	De los rendimientos	29

PROGRAMA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central

INDICE DE FIGURAS:

	PAG.
Figura 1. Distribución de los tratamientos evaluados	18
Figura 2. Efecto del cambio de la época de aplicación de su nivel más bajo a su nivel más bajo sobre el rendimiento	30
Figura 3. Efecto del cambio de aplicación de molibdeno de su nivel más bajo a su nivel más alto sobre el porcentaje de proteína	31
Figura 4. Efecto del cambio de la aplicación de N y S de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el rendimiento	32
Figura 5. Efecto del cambio de la época de aplicación de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el porcentaje de proteína	33
Figura 6. Efecto del cambio de aplicación de molibdeno de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el porcentaje de proteína	34
Figura 7. Efecto del cambio de aplicación de N y S de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el porcentaje de proteína	35
Figura 8. Gráfica de correlación rendimiento-proteína . . .	38
Figura 9. Croquis de campo	44

Figura 1.	Distribución de los tratamientos evaluados	18
Figura 2.	Efecto del cambio de la época de aplicación de su nivel más bajo a su nivel más alto sobre el rendimiento	20
Figura 3.	Efecto del cambio de aplicación de molibdeno de su nivel más bajo a su nivel más alto sobre el porcentaje de proteína	21
Figura 4.	Efecto del cambio de la aplicación de N y S de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el rendimiento	22
Figura 5.	Efecto del cambio de la época de aplicación de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el porcentaje de proteína	23
Figura 6.	Efecto del cambio de aplicación de molibdeno de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el porcentaje de proteína	24
Figura 7.	Efecto del cambio de aplicación de N y S de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el porcentaje de proteína	25
Figura 8.	Gráfica de correlación rendimiento-proteína	26
Figura 9.	Grupos de campo	40

INDICE DE CUADROS:

	Pag.
Cuadro 1. Exigencias minerales para frijol y soya	11
Cuadro 2. Cuadro de tratamientos	17
Cuadro 3. Esquema estadístico del análisis de varianza . . .	22
Cuadro 4. Características del frijol variedad Tamazulapa . .	23
Cuadro 5. Rendimientos en toneladas métricas por hectárea .	24
Cuadro 6. Porcentaje de proteína	25
Cuadro 7. Análisis de varianza del rendimiento en toneladas métricas por hectárea y del porcentaje de proteína el grano de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), bajo diferentes relaciones de nutrientes y épocas aplicación	27
Cuadro 8. Efecto factorial medio para el rendimiento en Tm/ha y el porcentaje de proteína en el grano de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), bajo diferentes relaciones de nutrientes y épocas de aplicación .	29
Cuadro 9. Análisis de varianza para la regresión	37
Cuadro 10. Análisis de suelos de la parcela experimental . .	45

Cuadro 1.	Exigencias mínimas para frijol y soya	11
Cuadro 2.	Cuadro de tratamientos	17
Cuadro 3.	Esquema estadístico del análisis de varianza	22
Cuadro 4.	Características del frijol variedad Tamaritana	23
Cuadro 5.	Rendimientos en toneladas métricas por hectárea	24
Cuadro 6.	Porcentaje de proteína	25
Cuadro 7.	Análisis de varianza del rendimiento en toneladas métricas por hectárea y del porcentaje de proteína en el grano de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo diferentes relaciones de nutrientes y épocas de aplicación	27
Cuadro 8.	Efecto factorial medio para el rendimiento en Tama y el porcentaje de proteína en el grano de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo diferentes relaciones de nutrientes y épocas de aplicación	29
Cuadro 9.	Análisis de varianza para la regresión	37
Cuadro 10.	Análisis de suelas de la parcela experimental	42

EFFECTO DE LA APLICACION FOLIAR DE NITROGENO AZUFRE Y MOLIBDENO, AZUFRE Y MOLIBDENO EN DOS EPOCAS, SOBRE EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE PROTEINA DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.).

EFFECT OF N, S, AND Mo LEAVES APPLICATION IN TWO SEASONS ABOUT THE YIELD AND CONTENTS OF PROTEIN'S BEANS.

Resumen:

La dieta de la población guatemalteca es deficiente en calidad de proteína. El frijol proporciona el 33 por ciento de la proteína consumida por la población de bajos recursos. Al aumentar el contenido de proteína en el grano de frijol y los rendimientos por unidad de área, se contribuye en alguna medida a solucionar el problema de nutrición.

El objetivo del trabajo fue estudiar la relación entre fertilizantes específicos foliares y su efecto sobre el rendimiento y contenido proteico del grano de frijol. Se utilizó un diseño en bloques al azar en parcelas divididas para determinar el efecto de la aplicación de nitrógeno, azufre y molibdeno en dos épocas de aplicación sobre el rendimiento y contenido de proteína. El experimento se llevó a cabo en el municipio de San Cristobal Verapaz, departamento de Alta Verapaz.

Se determinó que la aplicación de nitrógeno en una relación 16/1 con azufre, sin molibdeno aplicado después de la floración, proporciona el más alto rendimiento; la aplicación de nitrógeno en una relación 4/1 con azufre, más molibdeno, aplicados después de la floración, proporciona el más alto porcentaje de proteína.

Se concluyó que el nitrógeno y molibdeno tienen efecto sobre el rendimiento; la época de aplicación de nutrientes y el nitrógeno no tienen efecto sobre el contenido de proteína.

I. INTRODUCCION

El frijol es fuente principal de la dieta de los guatemaltecos, sobre todo en el área rural, por lo que es un cultivo importante para la población. Los rendimientos por unidad de área son en promedio relativamente bajos debido a diversos factores, siendo uno de estos la baja fertilidad de los suelos cultivados y la inadecuada fertilización del cultivo. La fertilización adecuada además de aumentar la producción por unidad de área, puede aumentar los contenidos de proteína en el grano, lo que vendría a mejorar la dieta de las personas cuyo principal alimento es el frijol.

El nitrógeno y el azufre son elementos que participan en la estructura de las proteínas. El molibdeno se ha relacionado con la fijación de nitrógeno atmosférico y como catalítico en la formación de aminoácidos azufrados. Dosis adecuadas de estos elementos incluidos en la fertilización pueden aumentar los rendimientos del cultivo y el contenido de proteína en el grano.

En algunas investigaciones relacionadas con la fertilización (2, 3, 5, 6, 11, 14, 19), se ha encontrado que a mayores rendimientos el contenido de proteína disminuye; lo que se explica como un aprovechamiento de los elementos que constituyen las proteínas, en mayor producción de grano.

En esta investigación se evaluó el efecto de la aplicación foliar de nitrógeno, azufre y molibdeno sobre el rendimiento y contenido de proteína del frijol.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

La dieta de la población guatemalteca es deficiente en calidad de proteína. Esta en parte puede ser suplida por el frijol, que proporciona el 33 % de la proteína consumida por la población de bajos recursos económicos. Los rendimientos por unidad de área del cultivo de frijol en Guatamala son bajos y pueden ser mejorados mediante adecuados programas de fertilización, que contribuyan a un aumento del mismo y a mejorar el porcentaje de proteína en el grano.

En el municipio de San Cristobal Verapaz, un 67 % de los agricultores dedican alguna parte de su terreno al cultivo del frijol, con área total cultivada por año aproximada y no estable de 360 hectáreas.¹ La producción es en promedio de 500 kilogramos por hectárea.

Investigaciones realizadas han determinado que a un aumento en el rendimiento, existe una disminución en el contenido de proteína y viceversa, lo que se explica como una utilización de los componentes de las proteínas en la mayor producción de grano. El nitrógeno y el azufre son componentes de las proteínas que al ser suministradas en la relación adecuada, pueden aumentar el contenido de proteína sin disminuir el rendimiento. El molibdeno ha incrementado el contenido de proteína y el rendimiento en el grano de frijol (17).

1/comunicación personal con el técnico de DIGESA en San Cristobal Verapaz.

3. JUSTIFICACION

Gran parte de la población guatemalteca sobre todo del área rural, basa su dieta principalmente en vegetales con exceso de hidratos de carbono y escasos en proteína, sales minerales y vitaminas, lo que provoca problemas de nutrición (7).

Al aumentar el contenido de proteína en el grano de frijol y los rendimientos por unidad de área, se está contribuyendo en alguna medida a solucionar el problema de nutrición; por lo que se hace necesario realizar investigaciones tendientes a mejorar el rendimiento y el contenido proteico de este cultivo.

Varias investigaciones se han realizado en distintas regiones del país, con el objeto de aumentar rendimientos en frijol, mediante fertilizaciones; requerimientos de agua; control de plagas, enfermedades y malezas. En lo que respecta a contenido de proteína en el grano, también se han realizado investigaciones con cobalto 60 y fertilizaciones. En dichas investigaciones se ha observado que al aumentar el rendimiento disminuye el contenido proteico y viceversa.

4. MARCO TEORICO

4.1. Marco conceptual:

4.1.1. Cultivo del frijol:

El frijol es una especie anual, originaria de América Central, el sur de México y Sur América; México ha sido aceptado como el más probable centro de origen. Es una planta anual con sistema radicular bien desarrollado, compuesto de una raíz principal y muchas raíces secundarias ramificadas en la parte superior cercana a la superficie del suelo. Los tallos son delgados y débiles, angulosos, de sección cuadrangular y de altura variable. La planta puede ser de crecimiento determinado (el tallo principal presenta una inflorescencia terminal y las inflorescencias permanecen en las axilas). Las inflorescencias se producen en racimos con pedúnculos erguidos y algo vellosos, con un número de flores que varía alrededor de treinta. Las hojas son alternas, compuestas de tres folíolos con los extremos acuminados. Los frutos o vainas varían en tamaño de seis a veintidos centímetros de largo. Las semillas son reniformes, oblongas, ovales o subglobales de pesos y colores muy variados (19).

4.1.2. Clasificación taxonómica del frijol común (18):

- Reino: Plantae (vegetal)
- Subreino: Embryobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Rosidae
- Orden: Fabales
- Familia: Fabaceae
- Género: Phaseolus
- Especie: Phaseolus vulgaris L.

4.1.3. Nutrientes en estudio:

A. Nitrógeno:

El nitrógeno se encuentra en compuestos como las proteínas, ácidos nucleicos, algunas hormonas del crecimiento de las plantas y en muchas vitaminas. Como se encuentra en la atmósfera terrestre, es inaprovechable para la mayoría de las plantas; parte de ellas absorben nitrógeno del suelo en forma fijada por microorganismos y otras como las plantas superiores, absorben nitrógeno del suelo en forma de nitrato (NO⁻), que debe ser reducido hasta amoníaco antes de que pueda ser incorporado a los compuestos nitrogenados de la planta.

Muchas plantas pueden utilizar nitrógeno orgánico para su crecimiento, además del inorgánico; de este modo aminoácidos y amidas suministran nitrógeno aprovechable para su crecimiento (8,10).

a. Funciones del nitrógeno:

Una de las funciones más sobresalientes del nitrógeno es estimular el crecimiento vegetativo de la parte aérea de las plantas. Una cantidad adecuada de nitrógeno en la edad temprana de las plantas puede estimular el crecimiento y producir una maduración anticipada. Un exceso de nitrógeno durante la temporada de crecimiento puede prolongar el período de desarrollo, además de estimular la formación de tejidos suaves y succulentos, que son susceptibles a daños mecánicos y al ataque de enfermedades (11).

El papel más importante del nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de la molécula proteica (10).

Villanueva (25), observó que al aplicar nitrógeno foliar en frijol, afectó el rendimiento, porcentaje de proteína y el número de vainas por planta.

B. Azufre:

El azufre se absorbe por las raíces de las plantas casi exclusivamente en forma de ion sulfato (SO_4^{2-}). En bajo porcentaje es absorbido como dióxido de azufre (SO_2) por medio de las hojas de las plantas. El dióxido de azufre en bajas concentraciones es muy tóxico (8,11).

Existe azufre en los minerales del suelo, el cual es inmovilizado en importantes compuestos vegetales y finalmente se acumula en la materia orgánica del suelo. Se vuelve disponible en los suelos tanto por intemperización de minerales como por mineralización de la materia orgánica (11).

a. Funciones del azufre:

El papel más importante y evidente del azufre es la participación en la estructura de las proteínas como parte integrante de los aminoácidos sulfurados: cistina, cisteína y metionina (8).

Otras funciones son: 1) Activa ciertas enzimas proteolíticas tales como las papainasas, ejemplo cocaina.

2) Es constituyente de algunas vitaminas, de coenzima A y del glutation. 3) Incrementa el contenido de aceite en cultivos como el lino y soya. 4) Los enlaces (-S-S-) se han asociado con la estructura del protoplasma. La deficiencia de aminoácidos con contenido de azufre es el factor que limita el valor biológico de las proteínas (8).

Sosa (23), menciona que el nivel de azufre aplicado al suelo tiene efecto sobre el contenido de azufre total en el grano de frijol y sobre el contenido de aminoácidos azufrados.

Lambour (16), anota como funciones importantes en la vida de la planta, la síntesis de clorofila, la síntesis de vitaminas, el metabolismo de nitrógeno, activador enzimático y producción de semillas.

C. Molibdeno:

El molibdeno es el microelemento mas escaso de la naturaleza. Una parte del molibdeno se encuentra asociada con la materia orgánica, que al mineralizarse es una fuente de molibdeno soluble. Los suelos con pH alto, los recientes y los que son ricos en materia orgánica, suelen tener suficiente molibdeno.

Cuando el molibdeno es deficiente, las leguminosas muestran síntomas de falta de nitrógeno. El molibdeno es

Los suelos antiguos muy meteorizados, oxisoles y los muy arenosos son frecuentemente deficientes en molibdeno. La absorción de molibdeno aumenta con la acidez de los suelos. Se ha observado que el uso de sulfatos aplicados al suelo, reduce el aprovechamiento de molibdeno. Se explica este fenómeno como una competencia directa entre dos aniones divalentes del mismo tamaño (10).

El molibdeno presente en las semillas de leguminosas puede estar en cantidades adecuadas para el crecimiento de la planta madura. Se observó que el fósforo mejoró la absorción y traslocación de molibdeno por plantas de tomate (20).

a. Efectos del molibdeno:

Letona (17), al evaluar el efecto de la aplicación de molibdeno al suelo, observó que al incrementar la cantidad de molibdeno aplicado, aumentaba el rendimiento del frijol y su contenido de proteína; sin embargo concluyó que al aplicar nitrógeno azufre y molibdeno al momento de la siembra, no es posible incrementar el contenido de proteína en el grano de frijol.

Cuando el molibdeno es deficiente, las leguminosas muestran síntomas de falta de nitrógeno. El molibdeno es nutriente de las Rhizobium, se ha relacionado con la fijación de nitrógeno gaseoso y con la asimilación de nitratos (11).

Lambour (16), menciona como funciones importantes del molibdeno en la planta, la fijación de nitrógeno, el metabolismo del nitrógeno y la reproducción de las plantas.

4.1.4 Época de aplicación de nutrientes:

Los niveles y época de fertilización foliar tuvieron efecto sobre el rendimiento de grano y rendimiento de proteína de frijol, según un estudio realizado por Chonay (6), en el cual se concluyó también que la fertilización foliar fue más eficiente que la fertilización al suelo. El mismo autor (5), concluyó que al aplicar nitrógeno al suelo no hay diferencia en cuanto a rendimiento ni proteína. Además recomienda realizar estudios experimentales mediante fertilizaciones nitrogenadas con elementos menores como azufre, molibdeno y zinc. Hernández (14), recomienda hacer la aplicación foliar de nutrientes distribuida en 4 partes.

Bressani (3), menciona que al aplicar nitrógeno, fósforo y potasio (12-24-12) más elementos menores y bacterias nitrificantes se obtuvo mayor rendimiento en frijol.

García (13) y Rodríguez (22), recomiendan hacer las aplicaciones de nutrientes al empezar la formación de vainas terciarias.

4.1.5 Dosis de nutrimentos:

Villanueva (26), recomienda aplicar foliarmente el nivel de 15 kg./ha. de nitrógeno para condiciones similares a temperatura de 18 grados centígrados, precipitación pluvial 1247 mm. al año y altura de 1500 m.s.n.m.

García (13) y Rodríguez (22), recomiendan aplicar cantidades mayores de 60 kg. de nitrógeno, 8 de fósforo, 28 de potasio y 12 de azufre por hectárea.

Sosa (24), aplicó al suelo de 0 a 240 kg/ha de nitrógeno, antes de la siembra. López, Fernández y Schoonhoven (18) mencionan las exigencias minerales que se observan en el cuadro 1.

Cuadro 1: Exigencias minerales para frijol y soya en kg/ha

Cultivo	N	P	K	Ca	Mg	S	Mo
Frijol							
Vainas	37	4	22	4	4	10	no reporta
Tallos	65	5	71	50	14	15	" "
Total	102	9	93	54	18	25	" "
Soya							
Vainas	200	26	57	10	10	6	
Tallos	100	14	58	60	25	17	
Total	300	40	115	70	35	23	10

Fuente: López; Fernández y Schoonhoven (18).

El azufre se encuentra en la planta en proporción de una parte por cada 10 o 12 de nitrógeno, si no hay azufre la planta no puede usar su nitrógeno. La relación natural es de 12:1 (21).

4.1.6 Proteína en el grano de frijol:

Chonay (5), encontró proteína acumulada en el grano de frijol en un promedio de 224.19 mg/gr de peso seco. También encontró una correlación inversa entre contenido de proteína y rendimiento.

García (13) y Rodríguez (22), obtuvieron proteína en el grano de frijol en un porcentaje entre 25.61 a 27.4.

Bressani, citado por Freitas (12), indica que el frijol tiene un contenido de proteína de 22%.

4.1.7 Absorción y formación de sustancia vegetal:

La absorción de nutrimentos precede a la síntesis de materia vegetal. La cantidad de nutrimentos en la planta aumenta con el transcurso del tiempo, a excepción de pequeñas pérdidas al final del período de crecimiento. Contrariamente, la concentración de los nutrimentos disminuye en los tejidos vegetales a medida que transcurre el desarrollo de las plantas; siempre y cuando la concentración sea relacionada con el peso seco. Una producción mayor origina un efecto de dilución, que consiste en la disminución de la concentración a pesar del abastecimiento nutrimental (1).

4.2. Marco Referencial:

4.2.1. Descripción del Área experimental:

A. Localización:

El Área experimental estuvo localizada en el municipio de San Cristobal Verapaz, Alta Verapaz; este lugar se encuentra en una latitud norte de $15^{\circ} 28'$ y longitud oeste de $90^{\circ} 30'$, a una altura de 1410 metros sobre el nivel del mar.

B. Clima:

La zona de vida es subtropical húmeda con una precipitación entre 2,000 y 3,000 milímetros anuales (4).

C. Suelo:

Los suelos de este lugar pertenecen a la serie de suelos Chixoy. Se caracterizan por ser suelos de drenaje muy rápido, el material madre es caliza fracturada, con capacidad de abastecimiento de humedad baja y fertilidad natural alta. La textura es franco arcillosa, el color es café grisáceo oscuro (23).

5. OBJETIVOS

5.1 General:

Estudiar la relación entre fertilizantes específicos foliares y su efecto sobre el rendimiento y contenido proteico del grano de frijol.

5.2. Específicos:

5.2.1 Determinar el efecto de la aplicación foliar de nitrógeno y azufre en relaciones 4:1 y 16:1, con y sin molibdeno, sobre el rendimiento del frijol.

5.2.2 Determinar el efecto de las épocas de aplicación foliar de nitrógeno, azufre y molibdeno, sobre el rendimiento y contenido de proteína del frijol.

6. HIPOTESIS

- 6.1. El nitrógeno tiene efecto sobre el rendimiento en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.).
- 6.2. El nitrógeno tiene efecto sobre el contenido de proteína en el grano de frijol (Phaseolus vulgaris L.)
- 6.3. El molibdeno tiene efecto sobre el rendimiento y el contenido de proteína del grano de frijol.
- 6.4. El estado fenológico de la planta al momento de aplicación de fertilizante, influye sobre el rendimiento y sobre el contenido de proteína del grano de frijol.

7. METODOLOGIA

7.1. Diseño experimental:

Para el desarrollo de este estudio se utilizó un diseño en bloques al azar en parcelas divididas, con 8 tratamientos y 4 repeticiones, que corresponde al modelo estadístico;

$$Y_{ijk} = M + B_i + A_j + E_{ij} + C_k + AC_{jk} + E_{ijk}.$$

7.2. Descripción de la unidad experimental:

Área bruta de la parcela grande	=	20	mt ²
Área neta de la parcela grande	=	12.8	mt ²
Área bruta de la parcela pequeña	=	10	mt ²
Área neta de la parcela pequeña	=	6.4	mt ²
Total área experimental	=	640	mt ²
Distancia entre bloques	=	1.5	mt
Distancia entre tratamientos	=	1	mt
Distancia entre plantas	=	0.1	mt
Distancia entre surcos	=	0.5	mt
Número de parcelas grandes	=	4	
Número de parcelas pequeñas	=	8	

7.3. Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = M + B_i + A_j + E_{ij} + C_k + AC_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable respuesta

M = efecto de la media general

B_i = efecto del i esimo bloque

A_j = efecto de la j esima modalidad del factor A

E_{ij} = error experimental asociado a la parcela grande

C_k = efecto de la k esima modalidad del factor B

AC_{jk} = efecto de la interacción A y B

E_{ijk} = error experimental asociado a la parcela pequeña

7.4. Descripción de los tratamientos:

Se evaluó el efecto de 8 tratamientos para determinar rendimiento del grano de frijol y contenido de proteína. A las parcelas grandes se les asignó la aplicación de N, S y Mo. A las parcelas pequeñas el estado fenológico de la planta al momento de la fertilización foliar.

Los tratamientos evaluados se eligieron en base a la revisión de literatura, y su descripción se puede ver en el cuadro 2. La distribución de los tratamientos en la figura No. 1.

Cuadro 2. Cuadro de tratamientos

Tratamiento	N/S	Mo	Floracion
1	4/1	sin	antes
2	4/1	sin	después
3	4/1	con	antes
4	4/1	con	después
5	16/1	sin	antes
6	16/1	sin	después
7	16/1	con	antes
8	16/1	con	después

En la relación de nitrógeno/azufre 16:1, las dosis usadas fueron 405 gr. de nitrógeno y 25 gr. de azufre por 4 galones de agua (13.77 kg de N y 0.85 kg de S por Ha.)

En la relación de nitrógeno/azufre 4:1, las dosis usadas fueron de 100 gr. de N y 25 de S por 4 galones de agua.

Figura 1: Distribución de los tratamientos evaluados

--- Parcela Grande: Aplicación de N, S y Mo ---+

parcela pequeña: época de aplicación de nutrientes	
--	--

7.4.1 Parcelas grandes:

- A. Aplicación de N y S relación 4/1 con Mo.
- B. Aplicación de N y S relación 4/1 sin Mo.
- C. Aplicación de N y S relación 16/1 con Mo.
- D. Aplicación de N y S relación 16/1 sin Mo.

7.4.2 Parcelas pequeñas:

- A. Aplicación foliar antes de la floración.
- B. Aplicación foliar después de la floración.

7.5. Manejo del experimento:

7.5.1. Preparación y desinfección del terreno:

El terreno se preparó a mano, picando con azadón a una profundidad de 20 cm. Se aplicó Volatón (Phoxim) al voleo, y posteriormente se surqueo a una distancia de 50 cm. entre surcos, realizando los surcos en forma paralela a la pendiente.

7.5.2. Delimitación de las parcelas:

Se delimitó el total del área experimental de acuerdo a la descripción del inciso 7.2., sembrando estacas de bambú en la esquina de cada parcela y uniendo con rafia las estacas alrededor de cada parcela experimental.

7.5.3. Siembra:

La siembra se realizó a mano, sembrando 2 semillas a cada 10 cm. sobre el surco.

7.5.4. Fertilización al suelo:

Se realizó de acuerdo al análisis de suelos (ver anexo), aplicando 159 kg. de fertilizante fórmula 16-20-0 al momento de la siembra y 64 kg. de urea 46 % al mes de sembrado, por hectárea. El fertilizante se aplicó en banda enterrado a 5 cm. del surco.

7.5.5. Fertilización foliar:

Se realizó de acuerdo a la descripción realizada en el inciso 7.4., utilizando 2 mochilas de 4 galones para el total del área experimental. Para hacer la aplicación se prepararon 4 mezclas de 1 galón de agua de la siguiente forma; mezcla 1: 220 gr. de urea + 6.25 gr. de azufre + 70 gr. de molibdeno; mezcla 2: 220 gr. de urea + 6.25 gr. de azufre; mezcla 3: 55 gr. de urea + 6.25 + 70 gr. de molibdeno; mezcla 4: 55 gr. de urea + 6.25 gr. de azufre. Se aplicaron para cada tratamiento de acuerdo a la descripción del cuadro 2. La aplicación antes de floración se hizo a los 25 días de germinado el frijol. La aplicación después se hizo cuando el 50 % de las plantas tenían sus vainas terciarias (25 días después de la primera aplicación).

7.5.6. Riegos:

No se realizó ningún riego, porque el experimento se llevó a cabo durante la época lluviosa en el municipio de San Cristobal Verapaz (mayo a julio).

7.5.7. Control de malezas:

El control de malezas se hizo en forma manual, realizando 2 limpiezas, una a los 20 días de germinado el frijol y otra a los 55 días de germinado.

7.5.8. Control Fitosanitario:

Se llevó a cabo un control supervisado de plagas y enfermedades. El único problema que se tuvo fue ataque de conchuela del frijol (Epilachna varivestis), para lo cual se aplicó Methamidophos en dosis de 1 lt./ha.

7.5.9. Cosecha:

Se realizó a los 105 días de sembrado, cuando se observó que el 90% de las vainas de cada tratamiento estaban secas, se procedió a aporrear las vainas en el mismo sitio experimental, esto con el propósito de separar los tratamientos de una vez en el campo y ahorrar mano de obra y procesos de secado.

7.5.10. Análisis de suelos

Se realizó un análisis de suelos al inicio del experimento, ver anexo.

7.5.11. Determinación del contenido de proteínas:

Se utilizó el método de Microkijdal, obteniendo el porcentaje de nitrógeno total del grano y multiplicándolo por 6.25 para obtener el porcentaje de proteína. Los análisis se realizaron en el laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología (I.C.T.A.), ver anexo.

7.6. VARIABLES EVALUADAS:

7.6.1. Rendimiento en kg/ha.

Se tomó en cuenta los siguientes componentes:

- Número de vainas por planta de 25 plantas.

- Número de granos por vaina de 25 plantas.

7.6.2. Porcentaje de proteína en el grano de frijol:

Se obtuvo el porcentaje de nitrógeno total en la planta y se

convirtió el valor a porcentaje de proteína multiplicándolo

por 6.25.

experimental, esto con el propósito de separar los

7.7. Análisis de la información:

Se realizó un análisis de varianza de acuerdo al modelo

estadístico descrito en el inciso 7.3 y el cual corresponde

al esquema estadístico que aparece en el cuadro 3.

Cuadro 3. Esquema estadístico del análisis de varianza.

Fuentes de variación	G.L.	E.C.M.
Total	T-1	
Repeticiones	R-1	
Error (a)	(t-1)(r-1)	
Subtratamientos	St-1	
Trat. X subtrat.	(St-1)(t-1)	
Error (b)	por diferencia	

Para conocer el efecto factorial medio de los factores estudiados, se procedió a realizar un análisis estadístico correspondiente a un factorial 2ⁿ.

7.8. Material experimental:

Se utilizó la variedad de frijol Tamazulapa, en la cual se evaluó el efecto de relaciones de nitrógeno/azufre con y sin molibdeno, aplicados foliarmente en diferentes etapas de desarrollo, sobre el rendimiento del frijol y su contenido de proteína. Las características de la variedad tamazulapa se pueden observar en el cuadro 4.

Cuadro 4: Características del frijol variedad Tamazulapa.

Proteína	26.9 gr/100 gr de materia seca
Rendimiento	1,063 kg./ha.
Maduración fisiológica	71 días
Floración	36 días
Color del grano	negro
Hábito	arbustivo
Alturas	0 - 4,000 p.s.n.m.
Color de la flor	púrpura
Color de la vaina	morada

7.9. Fuentes de nutrimentos:

Nitrógeno: Urea al 46 % de N.

Azufre: Micromins Azufre al 50 % de S, de Químicas Stoller.

Molibdeno: Micromins Moly al 4 % de Mo, de Químicas Stoller.

8. RESULTADOS:

8.1. De los rendimientos:

Los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos y los promedios por tratamientos se observan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Rendimientos en Tonelada métrica por hectárea

Tratamientos/Bloques	I			II			III			IV			Media
	Rel	N:S	Mo	Flor	Rel	N:S	Mo	Flor	Rel	N:S	Mo	Flor	
1.	4/1	-	a	0.643	0.880	0.899	0.537	0.739	0.643	0.880	0.899	0.537	0.739
2.	4/1	-	d	0.529	0.418	0.428	0.314	0.422	0.529	0.418	0.428	0.314	0.422
3.	4/1	+	a	0.591	0.415	0.736	0.760	0.625	0.591	0.415	0.736	0.760	0.625
4.	4/1	+	d	0.522	0.624	0.403	0.412	0.490	0.522	0.624	0.403	0.412	0.490
5.	16/1	-	a	0.731	0.870	0.858	1.008	0.866	0.731	0.870	0.858	1.008	0.866
6.	16/1	-	d	1.060	1.127	1.457	1.518	1.290	1.060	1.127	1.457	1.518	1.290
7.	16/1	+	a	0.773	1.188	1.145	0.858	0.991	0.773	1.188	1.145	0.858	0.991
8.	16/1	+	d	0.719	0.726	0.959	1.261	0.916	0.719	0.726	0.959	1.261	0.916

En el cuadro 5 observamos que el mayor rendimiento promedio se obtuvo en el tratamiento 6, al cual le corresponde una relación N/S = 16/1, sin molibdeno aplicado después de la floración, con 1.29 T.M. por hectárea. El rendimiento más bajo se obtuvo con el tratamiento 2, al cual le corresponde una relación N/S = 4/1, sin molibdeno aplicado después de la floración, con 0.422 T.M. por hectárea.

8.2. De los porcentajes de proteína:

En el cuadro 6 se observan los porcentajes de proteína (nitrógeno total * 6.25) en cada uno de los tratamientos y el promedio por tratamientos.

Cuadro 6. Porcentaje de proteína

Tratamientos/Bloques				I	II	III	IV	Media
	Rel N:S	Mo	Flor					
1.	4/1	-	a	19.75	21.19	17.56	19.68	19.55
2.	4/1	-	d	18.00	21.25	17.94	20.69	19.47
3.	4/1	+	a	21.63	20.94	18.19	15.94	19.18
4.	4/1	+	d	24.13	18.88	21.19	19.06	20.82
5.	16/1	-	a	21.44	19.63	20.50	18.13	19.93
6.	16/1	-	d	20.06	15.56	18.38	20.38	18.60
7.	16/1	+	a	22.69	16.69	20.00	20.88	20.07
8.	16/1	+	d	20.88	20.75	19.31	18.12	19.77

En el cuadro 6 se observa que el mayor contenido de nitrógeno total en la planta se obtuvo con el tratamiento 4, con la relación N/S = 4/1, con molibdeno aplicado después de la floración, con 20.82 % de proteína. El más bajo porcentaje de proteína fue el del tratamiento 6, con la relación N/S = 16/1, sin molibdeno aplicado después de la floración, con 18.6%. El tratamiento 6 como se vió en el cuadro 5 es también el que presenta el mayor rendimiento. Se observa que al aumentar el nitrógeno aplicado foliarmente, este nitrógeno es utilizado en mayor producción de grano, disminuyendo el nitrógeno total en la planta. La aplicación de molibdeno provocó un mayor contenido de nitrógeno total en la planta y una disminución en el rendimiento.

8.3. Efecto de los tratamientos:

Se realizó un análisis de varianza para el rendimiento y porcentaje de proteína. En el cuadro 7 se observa un resumen de los análisis de varianza realizados.

Cuadro 7. Análisis de varianza del rendimiento en Tm/ha y del porcentaje de proteína en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo diferentes relaciones de nutrientes y épocas de aplicación.

Fuente de variación	Rendimiento	% proteína
Relación N/S y Mo (A)	20.87 *	0.205 N.S.
Estado fenológico (B)	4.75 N.S.	0.0007 N.S.
Interacción AB	6.31 *	1.024 N.S.
C.V.	22.53	8.75

* = Diferencia significativa al 5%.

N.S. = No hay significancia

8.3.1. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento:

Para esta variable se observa en el resumen de análisis de varianza (cuadro 7), que no hay diferencias significativas para las parcelas pequeñas (época de aplicación de nutrientes). Se encontró diferencias significativas al 5 % para las parcelas grandes (aplicación de nutrientes) y para la interacción de los factores. Por lo que se infiere que la interacción de la época de aplicación con la aplicación de nutrientes (N, S y Mo) tienen efecto sobre el rendimiento en el cultivo de frijol.

8.3.2 Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de proteína:

De acuerdo al cuadro 7 no hay diferencias significativas para los tratamientos A, B; ni para la interacción.

8.4 Efecto factorial medio de los factores evaluados:

El diseño experimental de parcelas divididas, no cuantifica el efecto factorial de los factores evaluados (relación N/S con y sin Mo), únicamente cuantifica el conjunto de ellos; por esta razón, se obtuvo el efecto factorial medio de los factores evaluados, con una significancia al 10% y esta prueba se realizó para conocer los efectos individuales de los factores evaluados y su interacción.

En el cuadro 8 se presentan los efectos factoriales medios para rendimiento y proteína con sus respectivos comparadores.

Cuadro 8. Efecto factorial medio para el rendimiento en Tm/ha y el porcentaje de proteína en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo diferentes relaciones de nutrientes y épocas de aplicación.

Factor	Efecto factorial medio	
	Rendimiento	% proteína
Media	3,171.12	78.69
Epoca de aplicación (E)	-103.75 N.S.	-0.07 N.S.
Molibdono (Mo)	-296.25 *	2.29 *
(E)(Mo)	-316.25 *	2.75 *
Relacion de nutrientes (R)	1,786.75 *	-0.65 N.S.
(R)(E)	801.75 *	-3.19 *
(R)(Mo)	-203.75 *	0.33 N.S.
(R)(Mo)(E)	-680.75 *	-0.69 N.S.
Comparador EMS	105	1.17

* = significativo al 10%

N.S. = no significativo

8.4.1. Sobre el rendimiento:

En el cuadro 8 se observa que los únicos factores que tienen efecto significativo positivo en el rendimiento son la relación de nutrientes (N/S) y la interacción de este factor con la época de aplicación de nutrientes. El Mo y la interacción de Mo con los demás factores tiene un efecto significativo negativo sobre el rendimiento. De esto se infiere que la aplicación de Mo provoca una disminución en el rendimiento.

El efecto del cambio de los factores de su nivel más bajo a su nivel más alto se graficó en las figuras número 2, 3 y 4.

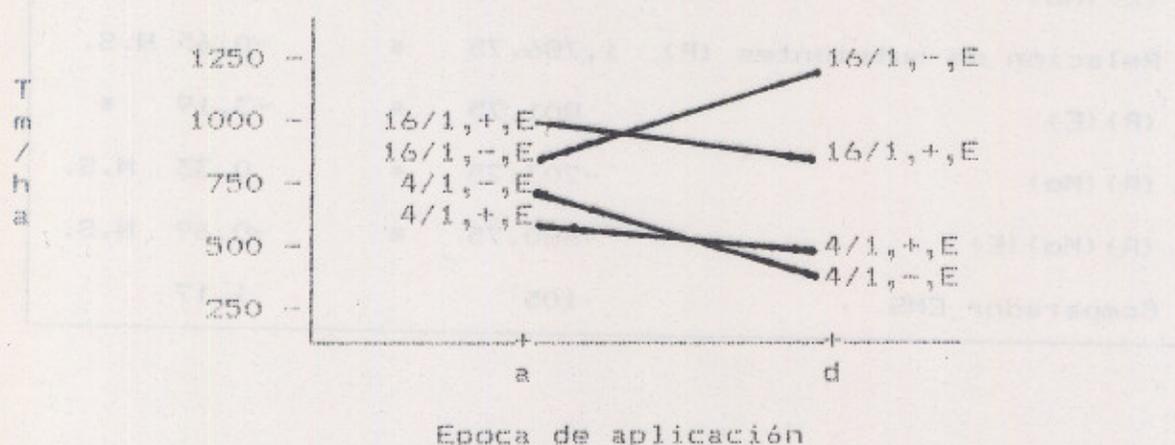


Figura 2: Efecto del cambio de la época de aplicación de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el rendimiento.

En la figura 2 se observa que para el factor época de aplicación, el cambio de hacer la aplicación de nutrientes antes de la floración a hacerla después de la floración, es negativo porque provoca una disminución en el rendimiento, sin embargo en el cuadro 8 se ve que esta disminución no es significativa.

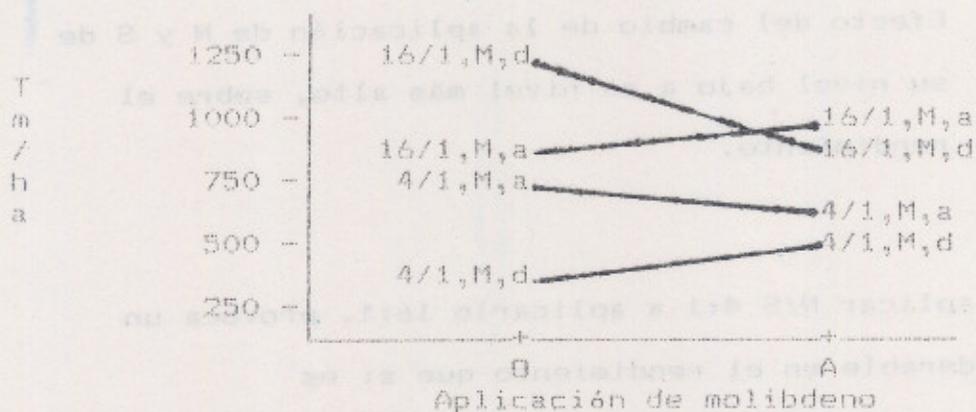


Figura 3: Efecto del cambio de aplicación de molibdeno de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el rendimiento.

La figura 3 muestra un descenso en el rendimiento, al hacer aplicación de molibdeno, el cual si es significativo de acuerdo al cuadro 8.

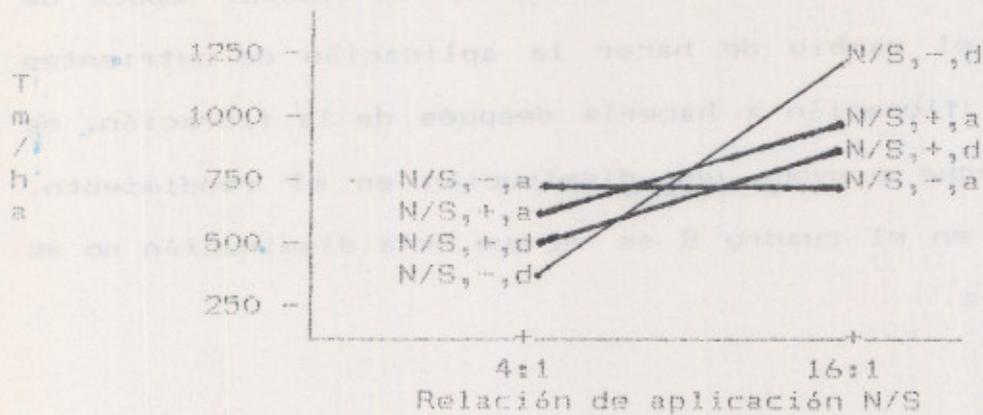


Figura 4: Efecto del cambio de la aplicación de N y S de su nivel bajo a su nivel más alto, sobre el rendimiento.

El cambio de aplicar N/S 4:1 a aplicarlo 16:1, provoca un aumento considerable en el rendimiento que si es significativo, como se observa en la figura 4.

Como se mencionó, la aplicación de nutrientes después de la floración provoca en promedio una disminución no significativa en el rendimiento. Pero al combinar los factores que provocan aumento en el rendimiento (N/S 16:1 sin Mo), con la época de aplicación de los nutrientes, aplicarlos después de la floración provoca el mayor rendimiento.

8.4.2. Sobre el porcentaje de proteína:

De acuerdo al cuadro 7, no hay diferencias significativas para los tratamientos ni para la interacción. Sin embargo en el cuadro 8 al separar los efectos de cada uno de los factores, se observa que el molibdeno y la interacción del molibdeno con la época de aplicación de nutrientes tienen un efecto significativo positivo en el contenido de proteína del frijol. Mientras que el efecto de la interacción de la relación de N/S con la época de aplicación tienen un efecto significativo negativo en el contenido de proteína.

Las figuras 5 y 6 muestran el efecto sobre el porcentaje de proteína, y el cambio de los factores de su nivel más bajo a su nivel más alto. Las figuras 7 y 8 muestran el efecto sobre el porcentaje de proteína, y el cambio de los factores de su nivel más bajo a su nivel más alto.

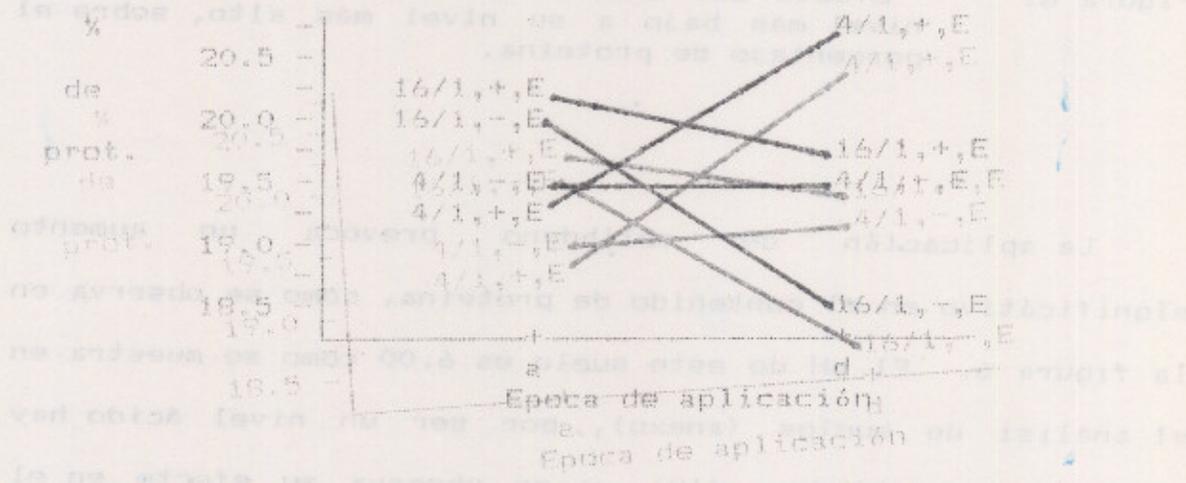


Figura 5: Efecto del cambio de la época de aplicación de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el porcentaje de proteína.

En la figura 5 se observa que el cambio en la época de aplicación de antes a después de floración produce un descenso en el contenido de proteína, el cual no es significativo como lo indica el cuadro 8.

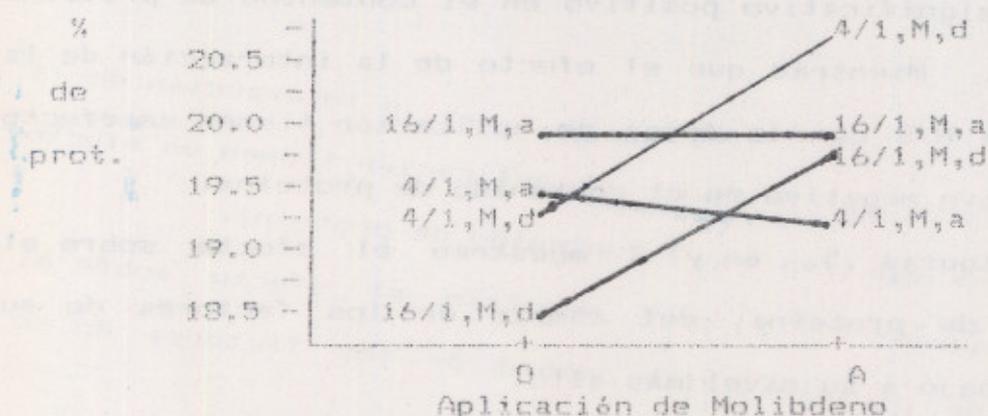


Figura 6: Efecto del cambio de aplicación de Mo de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el porcentaje de proteína.

La aplicación de molibdeno provoca un aumento significativo en el contenido de proteína, como se observa en la figura 6. El pH de este suelo es 6.00 como se muestra en el análisis de suelos (anexo), por ser un nivel ácido hay adsorción de molibdeno (10), y se observa su efecto en el aumento del contenido de proteína.

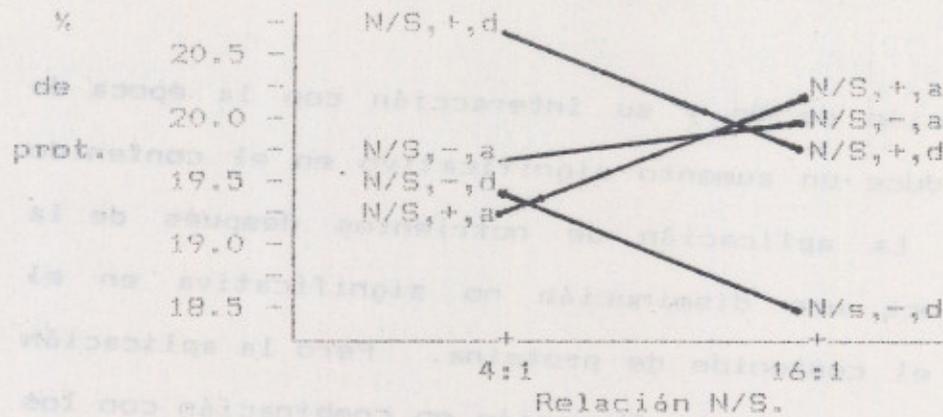


Figura 7: Efecto del cambio de aplicación de N y S de su nivel más bajo a su nivel más alto, sobre el porcentaje de proteína.

En la figura 7 se observa que el cambio de la aplicación de N/S de 4:1 a 16:1 provoca una disminución en el contenido de proteína.

Observamos que la mejor combinación para mayor proteína es N/S 4:1 con molibdeno, aplicado después de la floración. Al comparar las figuras 2, 3 y 4 con las figuras 5, 6 y 7, se observa que los factores que contribuyen a aumentar el rendimiento, disminuyen el contenido de proteína.

Estos resultados indican que la relación N/s 16:1 es la que da el más alto rendimiento; que el aplicar molibdeno y cualquier interacción de los otros factores con molibdeno provoca una disminución en el rendimiento.

La aplicación de Mo y su interacción con la época de aplicación produce un aumento significativo en el contenido de proteína. La aplicación de nutrientes después de la floración provoca una disminución no significativa en el rendimiento y el contenido de proteína. Pero la aplicación de nutrientes después de la floración en combinación con los factores N/S 16:1 sin Mo es la que proporciona el más alto rendimiento y la aplicación después de floración en combinación con N/S 4:1 con Mo, es la que proporciona el más alto porcentaje de proteína. En general al obtener mayor rendimiento baja el porcentaje de proteína como lo indica la literatura consultada.

Se observa que al elevarse la producción con la relación 16/1, disminuye el nitrógeno total en la planta a pesar de que hay una mayor aplicación de nitrógeno a la planta. Esto se explica como un efecto de dilución, que consiste en una disminución de la concentración de nitrógeno originada por la alta producción de grano (1).

8.5 Análisis de regresión:

Con las 32 unidades experimentales se obtuvo el coeficiente de correlación (r) y la ecuación de la recta de regresión (y).

$$r = -0.33926$$

$$y = 21.300047 - 2.0574 X$$

El análisis de varianza para la regresión se observa en el cuadro 9.

Cuadro 9: Análisis de varianza para la regresión.

	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft.1
Regresión	1	12.774	12.774	3.90	2.88 *
Error	30	98.2128	3.2738		
Total	31	110.9874			

* Hay significancia

De acuerdo al análisis de varianza si hay significancia para la regresión, ya que el coeficiente de regresión es negativo, indica que a mayor rendimiento menor contenido de proteína. La distribución de los puntos y la ecuación de la recta se grafican en la figura 8, en donde se marca la orientación de los puntos y se observa que la relación rendimiento proteína es negativa para los tratamientos usados.

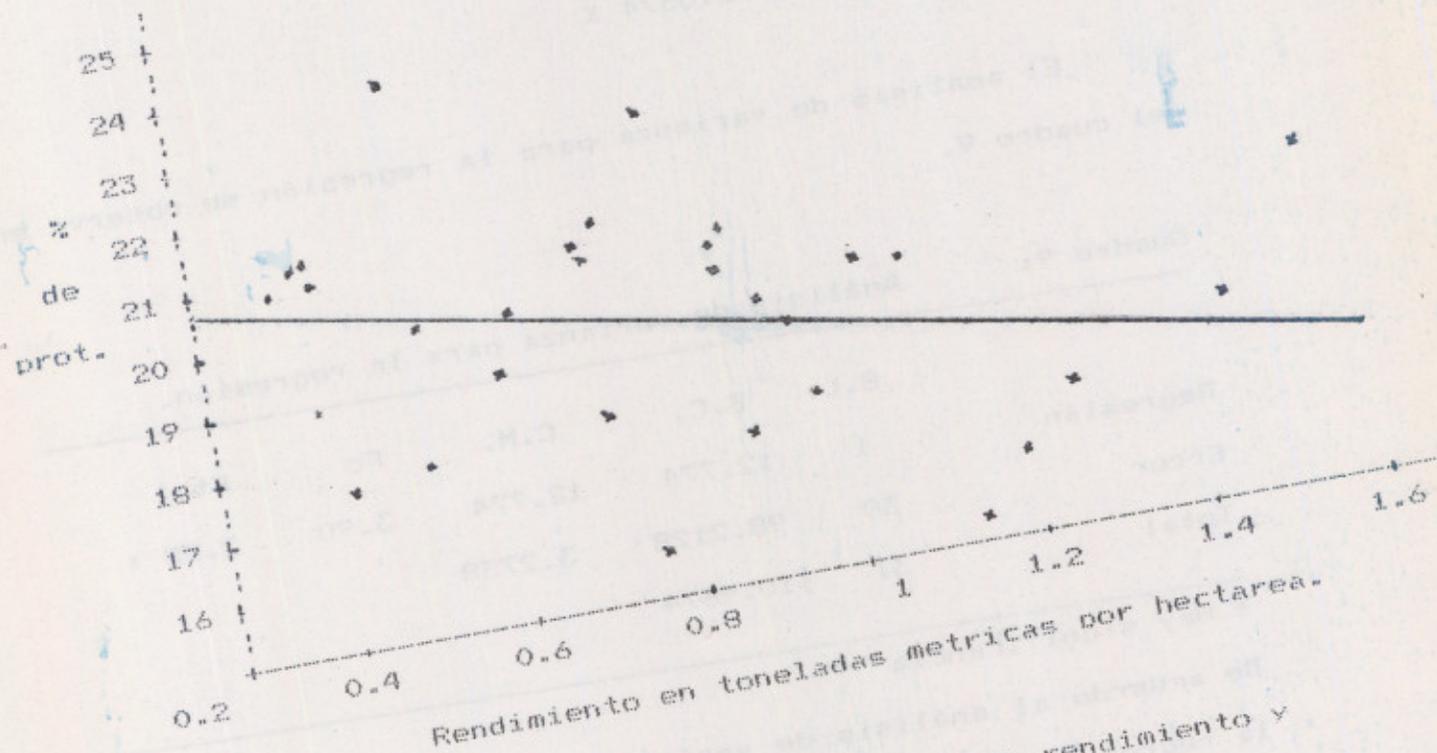


Figura 8: Diagrama de dispersion de la relacion rendimiento y proteina, y recta de regresion "Y".

9. CONCLUSIONES

9.1 La aplicación más alta de nitrógeno de los tratamientos 5 al 8 proporciona el rendimiento más alto y es significativamente diferente a la aplicación más baja de los tratamientos 1 al 4. Por lo que no se rechaza la hipótesis planteada.

9.2 El nitrógeno no tiene efecto sobre la cantidad de proteína por lo que se rechaza la hipótesis planteada.

9.2 La aplicación de molibdeno aumenta el contenido de proteína en el grano del frijol, mientras que con respecto al rendimiento provoca una disminución que es significativa. Esto permite no rechazar la hipótesis planteada.

9.3 El estado fenológico de la planta al momento de la aplicación de nutrientes, no tiene influencia sobre el rendimiento ni sobre el contenido de proteína del frijol, por lo que se rechaza la hipótesis planteada.

10. RECOMENDACIONES

10.1 Se recomienda continuar investigación respecto a rendimiento y porcentaje de proteína, utilizando diferentes niveles de nitrógeno, azufre y molibdeno, para encontrar el nivel más adecuado de nutrimentos que proporcione aumento en rendimiento y proteína.

11. BIBLIOGRAFIA:

1. ALCALDE, S. 1976. Curso de nutrición vegetal. México, Chapingo, Colegio de Postgraduados. p. 115-117.
2. BAZAN, R. 1974. Fertilización con nitrógeno y manejo de leguminosas de grano en América Central. Costa Rica, Turrialba, IICA/OEA. p. 8-12.
3. BRESSANI, R. 1967. Efecto de la fertilización sobre el contenido de proteína y valor nutritivo del frijol. En Reunión anual del programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos alimenticios (13., 1967, C.R.). San José, Costa Rica. p. 42-43.
4. CRUZ, J.R. DE LA. 1976. Clasificación de zonas de vida de Guatemala; basado en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
5. CHONAY PANTZAY, J.J. 1977. Relación de nitrógeno aplicado al suelo y la variación del contenido de proteína en el grano de frijol. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 31-33.
6. _____ 1981. Efecto de la fertilización foliar sobre la compensación biológica de nitrógeno por *Rizhobium phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Mag. Sc. México, Chapingo, Colegio de Postgraduados. p. 73-77.
7. DELGADO, F. 1984. Rendimiento y contenido de proteína en hierba mora (*Solanum* sp.) a diferentes etapas de desarrollo y números de cortes por etapa. Tikalia (Gua.) 3(2):78.
8. DEVLIN, R. 1982. Fisiología vegetal. 4 ed. España, Barcelona, Omega. p. 304-332.
9. ESTRADA, L.A. 1977. El agrosistema un método práctico y preciso para diseñar tecnología de producción para el cultivo de maíz bajo condiciones de temporal en la parte sur del estado de Tlaxcala. Tesis Mag. Sc. México, Chapingo, Colegio de Postgraduados. p. 52-62.

10. FASSBENDER, H.; BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Costa Rica. IICA. p. 381-385.
11. FOTH, H.D. 1987. Fundamentos de la ciencia del suelo. 2 ed. México. CECSA. p. 302-320.
12. FREITAS, E. DE. 1973. Efectos de diferentes condiciones de almacenamiento sobre las características físico-químicas y nutricionales del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 56 p.
13. GARCIA MORALES, T.R. 1978. Efecto de la fertilización foliar con NPKS a diferentes niveles en la cantidad de proteína y componentes primarios del rendimiento en el frijol negro (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Inq. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 31 p.
14. GUATEMALA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION. 1990. Notas de fruticultura. Guatemala. Proyecto de Desarrollo Agrícola. 102 p.
15. HERNÁNDEZ SOTO, A.N. 1978. Efecto de la fertilización foliar con NPKS a diferentes niveles de N y S en la cantidad de proteína y componentes primarios de rendimiento en frijol negro (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Inq. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 19 p.
16. JACKSON, M.L. 1964. Análisis químico de suelos. España, Barcelona. 2 ed. Omega. p. 550-559.
17. LAMBOUR, R. 1974. Manual de matemáticas para uso agrícola, pecuario y forestal. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 110 p.
18. LETONA PAREDES, C.F. 1979. Relación de N, S y Mo en el contenido de proteína y componentes primarios del rendimiento en frijol negro. Tesis Inq. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 49-66.

19. LOPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A.VAN. 1985. Frijol; investigación y producción. Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 288-418.
20. MOLINA LETONA, C.A. 1972. Frijol, como aumentar sus rendimientos en Guatemala. Guatemala, Sector Público Agrícola. p. 3-11.
21. MORTREDT, J.J.; GIORDANO, P.; LINDSAY, L. 1983. Micronutrientes en agricultura. México, AGT Editores. p. 234-281.
22. RODRIGUEZ, E.R. 1978. Efecto de la fertilización foliar con N-P-K-S a diferentes niveles de N y K en la cantidad de proteína y componentes primarios del rendimiento en el frijol negro (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 47-49.
23. SIMMONS, C.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1.000 p.
24. SOSA LEMUS, J.L. 1986. Efecto del nivel de azufre en el suelo sobre el contenido de azufre total y aminoácidos azufrados en el grano de 4 variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 14-47.
25. TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. México, Uteha. p. 310-373.
26. VILLANUEVA CAMBARA, E.D. 1987. Evaluación de la fertilización foliar con N y P en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en 3 hábitos de crecimiento. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 12-44.



Vo. Bo. Rolando Barrios

ANEXO NO. 1:

Croquis de campo:

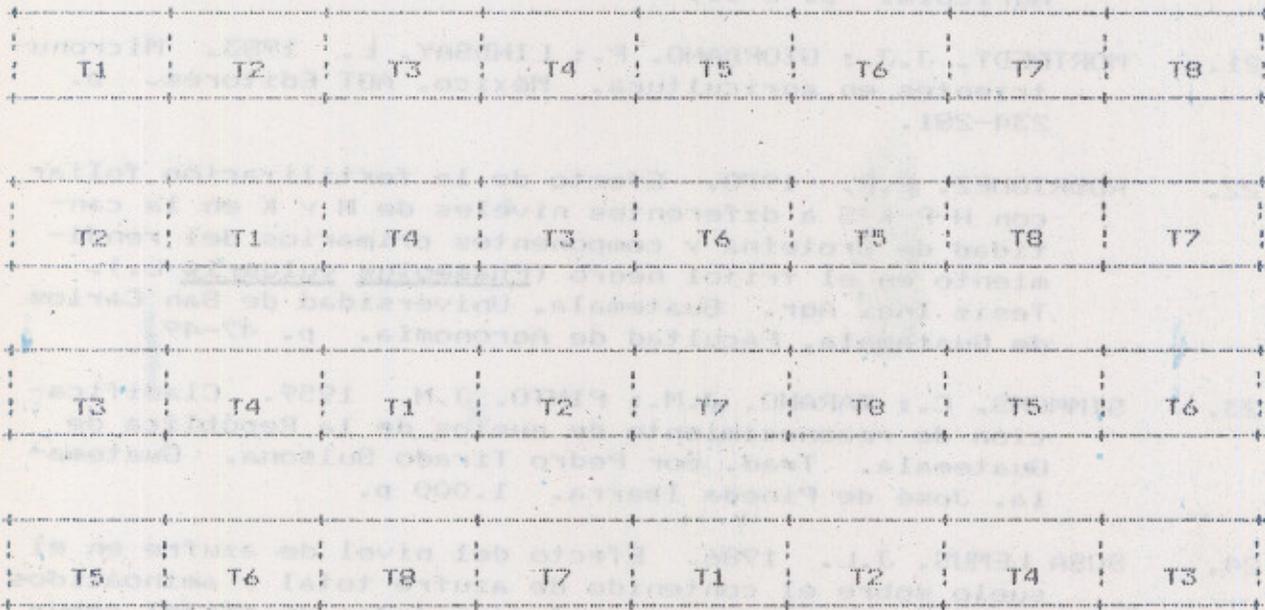


Figura 9: Croquis de campo

[Handwritten signature]

Cuadro 10

Análisis de suelos de la parcela
experimental

pH	Microgramos/ml.		Meg/100 ml de suelo	
	P	K	Ca	Mg
6.0	0.21	306	8.05	1.54



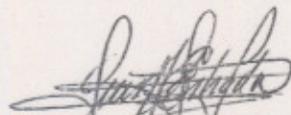
LA TESIS TITULADA: "EFECTO DE LA APLICACION FOLIAR DE NITROGENO, AZUFRE Y MOLIBDENO EN DOS EPOCAS, SOBRE EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE PROTEINA DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)".

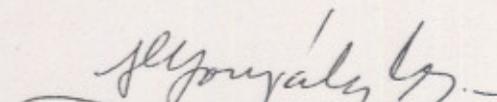
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: EDGAR ARMANDO RUIZ CRUZ

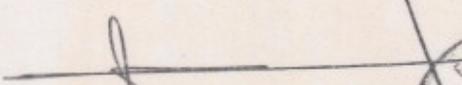
CARNET No: 84-10033

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. José Miguel Leiva
Ing. Agr. Carlos Fernández
Dr. José de Jesús Castro

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

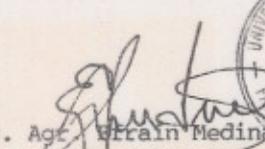

Ing. Agr. Luis Estrada
A S E S O R


Ing. Agr. Ernesto González
A S E S O R


Ing. Agr. Rolando Lara Alejo
DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E


Ing. Agr. Errain Medina Guerra
D E C A N O



c.c. Control Académico
Archivo
/prr.

APARTADO POSTAL 1545 - 01901 GUATEMALA, C. A.
TELEFONO 769794 - FAX (5022) 769770

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

