

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

TRABAJO DE DIPLOMA

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE EXTRACCIÓN
DE NUTRIENTES, ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA Y
FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO POR CUATRO
VARIEDADES DE FRIJOL COMÚN
(*Phaseolus vulgaris L.*)**

**AUTOR:
BRA. XIOMARA VARGAS DELGADO**

**ASESOR
Ing. MSc. TELÉMACO TALAVERA SILES**

***TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO A LA CONSIDERACION DEL
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR COMO REQUISITO FINAL
PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO AGRONOMO EN
PRODUCCION VEGETAL***

MANAGUA, NICARAGUA-1998

DEDICATORIA

Dedicó este trabajo a Dios todopoderoso porque hace posible mi existencia, por iluminar mi camino, por estar siempre conmigo en todo momento y en todo lugar. Gracias señor por ayudarme a lograr mis metas.

A mis progenitores, quienes a base de trabajo, esfuerzo y sacrificio contribuyeron a mi formación profesional.

A mi madre: Yolanda Delgado Briceño, por todo su amor y cariño, por brindarme seguridad y confianza, por apoyarme en los momentos más difíciles, por inculcarme todos mis valores y principios por ser una madre tan buena.

A mi padre: Juan Vargas Meléndez, por ser un padre ejemplar, por su apoyo incondicional, sus valiosos consejos, por todo su cariño y por confiar siempre en mí.

A la memoria de mi hermano Néstor Joaquín Vargas Delgado (q.e.p.d) a quien le hubiera gustado mucho ver coronada mi carrera.

A mis hermanos: Nora, Úrsula, Ana Luisa, María Félix, Mariela, Salomón, Martín, Marcelo y Mario quienes me han alentado y apoyado de diferentes maneras.

A todos mis sobrinos, esas personitas tan especiales que me alegran cada día y me motivan a seguir adelante.

A mis amigos: María Elizabeth, Luz Marina, Ricardo y Lester por todo su apoyo moral, su afecto, estimación y cariño.

A todas esas personas que han estado siempre conmigo.

Todo mi amor para ellos.

Xiomara Vargas Delgado

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco infinitamente a Dios quien con su poder divino ha hecho posible la culminación de mi carrera y me llena de fuerzas día a día para seguir adelante.

Quiero manifestar mi más sincero agradecimiento a mi asesor Ing.MSc. Telémaco Talavera Siles, por su buena disposición, su valiosa ayuda, por su voluntad y dedicación, sin la cual no hubiera sido posible la cristalización de este trabajo.

Al Ing. Agr. MSc. Gustavo Valverde quien proporcionó toda la información a su alcance para contribuir al desarrollo de este documento.

Al Programa Ciencia de las Plantas por brindar su apoyo al facilitar toda la literatura posible y en especial al Dr. Víctor Blandón Rivera por su buena disposición y confianza.

Al CENIDA por la información prestada.

A la Facultad de Educación a Distancia y Desarrollo Rural (FED-DR) de la Universidad Nacional Agraria (UNA) y muy especialmente a Lisseth Tijerino Espinoza, Ruth Calderón Gaitán y Nora Mejía Castillo, por sus valiosos aportes en la realización de este documento.

A todas y cada una de las personas que contribuyeron a la realización del presente trabajo.

Xiomara Vargas Delgado

INDICE GENERAL

SECCION	Página
INDICE DE TABLAS	i
RESUMEN	iii
I.- INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
II.- MATERIALES Y METODOS	4
2.1 Localización o ubicación del ensayo	4
2.2 Tipo de suelo	5
2.3 Descripción del trabajo experimental	5
2.4 Variables evaluadas durante el crecimiento del cultivo	7
2.5 Variables evaluadas al momento de la cosecha	7
2.6 Manejo agronómico	8
III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1 Componentes del rendimiento de cada una de las variables en estudio.....	9
3.1.1 Altura de plantas	9
3.1.2 Número de plantas por hectárea	9
3.1.3 Número de vainas por planta	10
3.1.4 Rendimiento de grano	11
3.2 Número de nódulos por variedades	12
3.3 Contenido y extracción de macro y micro elemento en estudio.....	14
3.3.1 Contenido de Nitrógeno	14
3.3.2 Contenido de Fósforo	14
3.3.3 Contenido de Potasio	15
3.3.4 Contenido de Azufre	17

Continua

Sección	Página
3.3.5 Contenido de Calcio	17
3.3.6 Contenido de Magnesio	18
3.3.7 Contenido de Hierro	20
3.3.8 Contenido de Boro	20
3.3.9 Concentraciones de Zinc en los tejidos de la planta	21
3.3.10 Contenido de Cobre	22
3.3.11 Contenido de Manganeso	22
3.3.12 Contenido de Carbono	23
3.3.13 Extracción de Nitrógeno, Fósforo y Potasio	24
3.3.14 Extracciones de Azufre ,Calcio y Magnesio	25
3.3.15 Extracciones de Hierro	26
3.3.16 Extracciones de Boro	27
3.3.17 Extracciones de Zinc	28
3.3.18 Extracciones de Cobre	28
3.3.19 Extracciones de Manganeso	29
3.3.20 Extracciones de Carbono	30
3.4 Contenido de Materia Seca	31
3.5 Correlaciones entre las variables en estudio	32
IV.- CONCLUSIONES	34
V.- RECOMENDACIONES	36
VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	37

INDICE DE TABLAS

TABLAS		Página
1	Algunas características químicas del suelo de "La Compañía" Carazo, Nicaragua-1994.	5
2	Características morfológicas y agronómicas de las variedades en estudio	6
3	Componentes del rendimiento de cada una de las variedades en estudio	12
4	Número de nódulos de cada una de las variedades estudiadas en dos momentos	13
5	Contenido de macroelementos Nitrógeno, Potasio y Fósforo (N, P, K) en los tejidos de tallo, rama y hojas de la planta para las diferentes variedades estudiadas	16
6	Concentraciones de nutrientes secundarios Azufre, Calcio y Magnesio (S, Ca, Mg) encontradas en los Tejidos tallo, rama y hojas de la planta para cada una de las variedades en estudio.	19
7	Contenido de micro elementos (Hierro, Boro y Zinc) encontrados en cada uno de los tratamientos en estudio	21
8	Contenido de micro elementos menores (Cobre y Manganeso) en las diferentes variedades evaluadas	23
9	Contenido de Carbono de las variedades en estudio	23
10	Extracción de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (kg/ha) para cada una de las variedades en estudio	25

11	Extracción de Azufre, Calcio y Magnesio (kg/ha) para cada uno de los tratamientos en estudio	26
12	Extracción de Hierro, Boro y Zinc (kg/ha) para cada uno de los tratamientos en estudio	28
13	Cantidades extraídas de cobre y manganeso (kg/ha)	30
14	Extracciones de Carbono (kg/ha) para cada una de las variedades evaluadas	30
15	Acumulación de materia seca en las variedades evaluadas	31

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en la estación experimental “La Compañía” Carazo, en época de primera (junio – agosto de 1994), en suelos jóvenes de origen volcánico con altos contenidos de Potasio y deficiente en fósforo. El propósito del experimento fue determinar la variación en la cantidad de Nitrógeno fijado, así como la extracción de nutrientes y acumulación de materia seca, por cuatro variedades de frijol común. Las variedades evaluadas fueron: DOR-364, ESTELÍ 90-A, BRUNCA, CRIOLLA y variedad TESTIGO. El diseño utilizado fue bloques completos al azar (B.C.A) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de plantas cosechadas por ha, número de vainas por planta, rendimiento de grano, número de nódulos, acumulación de materia seca, concentraciones de nutrientes en la planta y cantidades exportadas por ha. Los datos se procesaron usando análisis de varianza (ANDEVA) y se utilizó la prueba de rangos múltiples de DUNCAN ($p \leq 0.05$). Los resultados obtenidos se pueden sintetizar de la siguiente forma: La variedad DOR-364 alcanzó una mayor altura así como también una mayor concentración de P y Zn en sus tejidos y acumuló más materia seca, sin embargo disminuyó tanto en el rendimiento de grano como en el número de vainas, además fue deficiente en la población. Esta variedad extrajo la mayor cantidad de N, sin embargo la mayor concentración de este elemento en el follaje la presentó la variedad testigo. La ESTELÍ 90-A, presentó un mayor número de plantas por ha y un alto rendimiento de grano, fue la variedad más eficiente en la nodulación. Las variedades DOR-364 y ESTELI 90-A exportaron más nutrientes que el resto de las variedades evaluadas. Se desarrolló una tendencia por parte de la variedad TESTIGO a presentar una mayor concentración de K, S, Ca, Mg, Fe, Cu y Mn en sus tejidos en comparación con las otras variedades estudiadas.

Se realizaron correlaciones entre cada uno de los elementos y variables en estudio, las cuales mostraron resultados positivos en su mayoría a excepción de la relación entre el número de vainas y los elementos Cu y Fe. El rendimiento se relacionó solamente con el número de nódulos en la segunda evaluación.

I.- INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una planta perteneciente a la Familia Fabaceae, tiene un contenido proteico de hasta 22%. Constituye una de las leguminosas comestibles más importantes debido a su amplia distribución por ser un complemento nutricional indispensable en la dieta de los pobladores de Nicaragua, su consumo anual per cápita promedio entre los años 1980 y 1993 fue de 14.4 kg por habitante Meléndez, (1994) citado por Blandón y Arvizú, (1991); sin embargo varía mucho año con año, dependiendo de la producción, precios y existencia (Tapia & Camacho, 1988). El frijol se cultiva en el territorio nacional a alturas que fluctúan entre 50 y 1,500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) y bajo condiciones variables de lluvia.

Existen muchos factores limitantes dentro de la producción de frijol, uno de ellos es el ataque de plagas y enfermedades problemas de tipo patológico en el cultivo de frijol.

Por otro lado, la producción se ubica principalmente en áreas con fuertes restricciones ecológicas y limitada infraestructura física (acceso, almacenes, entre otras) y de servicios a ella (investigación, asistencia técnica, crédito, acopio, etc.), los productores de granos desarrollan su actividad de condiciones de temporal (con deficiencia o exceso de agua) y en suelos limitados por su topografía, pedregosidad o muchas veces degradados, lo anterior implica por un lado, la presencia de altos riesgos de producción y por otros, bajos rendimientos potenciales de los cultivos.

La situación anterior se agrava con la presencia de otros factores, tales como pérdidas y merma que afecta los granos después de su producción, bajo precios pagados al productor y deficiencias en la comercialización de insumos y productos.

El frijol como fuente de proteína exige alta disponibilidad de Nitrógeno y de otros nutrientes en la planta y los suelos del pacifico de Nicaragua no se consideran muy ricos en estos elementos, por lo cual se limita la producción de Frijol y los cultivos asociados. La fertilización nitrogenada es ineficiente y además resulta difícil y costoso de adquirirlo.

Sin embargo la fijación biológica de Nitrógeno (N_2) es una fuente importante de Nitrógeno para mejorar los rendimientos en áreas con suelos pobres en este elemento o donde el fertilizante nitrogenado es costoso o difícil de obtener (Rosas & Bliss, 1986).

La fijación de N_2 ocurre mediante una simbiosis entre el frijol y *Rhizobium phaseoli* en donde el efecto más importante de la asociación es la utilización de Nitrógeno atmosférico. La bacteria del género *Rhizobium* se encuentra en la rizósfera de las plantas, son bacterias gram negativo, bacilos cortos, pequeños, móviles por medio de flagelos colocados en el peritrico (Brack & Smith, 1987) citados por Miranda y Molina, (1992).

Este es un grupo de microorganismos genéticamente diversos, están calificados dentro de la familia Rhizobiacea por su habilidad para formar nódulos radicales en las leguminosas capaces de formar simbiosis. En estas estructuras se dan las condiciones fisiológicas adecuadas para que los bacteroides realicen la fijación biológica de Nitrógeno.

Existen factores físico-químicos y biológicos que afectan la supervivencia y multiplicación de las bacterias en el suelo como pH, temperatura, humedad, presencia de subtratos, parasitismo, competencia y depredación, también existen factores que afectan la capacidad de fijación como son: **Tipo de leguminosa, eficiencia fijadora del *Rhizobium* y el nitrógeno de las variedades.**

Cabe señalar que el frijol necesita además de Nitrógeno, ciertas cantidades de nutrimentos esenciales que son vitales para que este cultivo pueda completar en forma normal sus ciclos vegetativos y reproductivos.

Estas cantidades pueden provenir: **del aire, del suelo o de los fertilizantes.** Los nutrimentos se encuentran en formas químicas de diferentes composición y carga, algunas de las cuales son de fácil absorción por las raíces que otras (Talavera *et al.*, 1995)

La exportación de nutrimentos se refiere a la cantidad de nutrientes que el cultivo extrae, cantidad que luego es exportada del campo en forma de producto cosechado y esto debe tomarse como un criterio de fertilización, ya que para mantener el nivel de fertilidad original de un suelo es necesario restituirle los nutrimentos que han salido de él (Talavera *et al.*, 1993).

La capacidad de exportación de nutriente por parte de las plantas es diferente para cada variedad, incluso las plantas dentro de una misma especie pueden variar en su capacidad de absorber micronutrientes, en concordancia el genotipo puede ser un factor que debe considerarse en la interpretación de un análisis de plantas (Mortvet *et al.*, 1985). Así mismo es necesario determinar la capacidad de absorción para cada variedad.

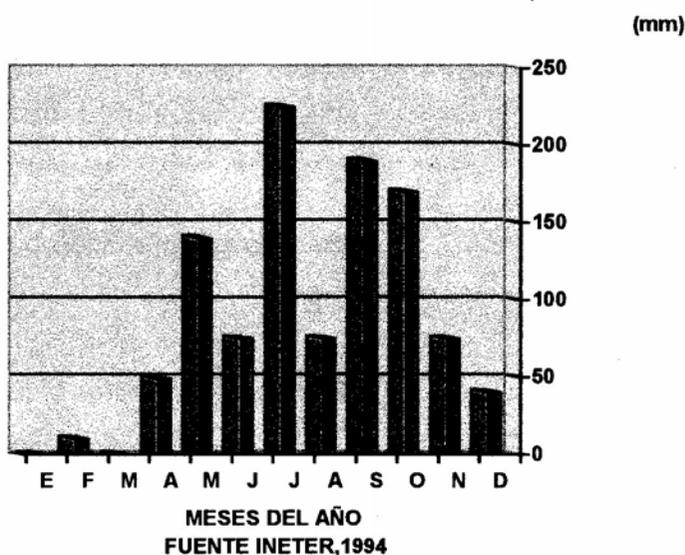
En el presente trabajo, se propusieron los siguientes objetivos:

- 1.- Determinar la variación en la cantidad de nitrógeno fijado por cuatro variedades de frijol común.
- 2.- Determinar la extracción de nutrientes y acumulación de materia seca por cuatro variedades de frijol común.

II.- MATERIALES Y METODOS

2.1 Localización o ubicación del ensayo:

Este estudio consistió en un experimento de campo realizado durante la época de primera (junio – septiembre) de 1994, en el Centro Experimental “La Compañía”, ubicado en el municipio de San Marcos, Carazo 11° 54' 00" latitud Norte, 86° 09' 00" longitud oeste. El sitio tiene una elevación de 480 m.s.n.m.



Figur 1. Precipitaciones ocurridas durante el año 1994, en “ La compañía”.

El lugar cuenta con una temperatura promedio anual de 23.5°C y una precipitación anual de 1 200-1 500 mm, con una pendiente de 6 - 7 por ciento, una humedad relativa promedio de 85 por ciento y un pH de 6.5. El clima es de tipo tropical estacional, con dos ciclos de producción de frijol común, el de primera, entre mayo y agosto y el de postrera entre septiembre y diciembre.

2.2 Tipo de suelo:

El suelo donde se estableció el experimento está clasificado como durandep típico, perteneciente a la serie Masatepe, con una alta capacidad de fijación de Fósforo (Tapia & Camacho, 1985). Presenta textura franco - limosa, relieve ondulado y su pendiente es moderada y tiene buena retención de humedad.

El suelo es ligeramente ácido, con alto contenido de materia orgánica, es alto en Nitrógeno total, Ca, Mg, Cu y Zn su contenido de Fe está por arriba del nivel crítico de deficiencia y su contenido de Mn es bajo.

Tabla 1 Algunas características químicas del suelo de "La Compañía", Carazo, Nicaragua 1994 ⁽¹⁾

Profundidad (m)	pH H ₂ O	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (meq/100g s)	Ca (meq/100 gs)	Mg (meq/100 gs)	Fe Ppm	Cu Ppm	Mn Ppm	Zn Ppm
0.20	6.8	9.83	0.49	3.30	4.38	20.40	4.32	3.5	2.0	1.65	3.0

(1) Universidad sueca de ciencias agrícolas (SLU)

2.3 Descripción del trabajo experimental:

Diseño:

Se utilizó un arreglo unifactorial en diseño de bloques completos al azar (B.C.A), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, donde cada tratamiento era una variedad, es decir, los factores en estudio fueron cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Estas variedades fueron: 1- DOR-364

2- ESTELI 90-A.

3- CRIOLLO

4- BRUNCA

5-TESTIGO

Algunas características de las variedades se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2: Características morfológicas y agronómicas de las variedades en Estudio.

Características	Variedades			
	BRUNCA	DOR-364	ESTELÍ 90-A	CRIOLLO
Días a flor	33 días	32 días	32 días	32 días
Altura de follaje (cm)	37	–	43.2 cm	30 cm
Color de vaina madura	Crema	–	–	–
Color de Grano	Negro	–	Rojo brillante	Bayo
Hábito de crecimiento	III Indeterminado postrado	IIB Indeterminado Arbustivo	IIA Indeterminado Arbustivo	IIA Indeterminado Arbustivo
Forma del grano	Oblonga	Arriñonada	Arriñonada	Arriñonada
Tamaño del grano	Medio	–	–	–
Distancia entre surco (cm)	60	–	40-60	–
Densidad de población	175,000	135,000-215,000	135,000 – 215,000	–
Siembra recomendable con:	Espeque, bueyes y maquina	Espeque, bueyes y maquina	Espeque, bueyes y maquina	Espeque, bueyes y maquina
Resistencia a:	Mosaico común	Mosaico común	Mosaico común	Mosaico común
Días de cosecha	73	78	72	–
Potencial genético	23 qq/Mz	25 qq/Mz	20 qq/Mz	65
Época de siembra	Postrera	Postrera	Postrera	Primera
Regiones donde se recomienda	I y IV	IV y V	I	I
Origen	Costa Rica	Guatemala	Nicaragua	Nicaragua

* La variedad testigo no es una variedad comercial, es una variedad obtenida para fines experimentales, su característica principal es que no nodula.

La densidad manejada fue de 250,000.00 plantas por hectárea.

Dimensiones:

El área total del ensayo fue de 441 m², dentro de esta área se ubicaron cuatro bloques, dejando un espacio de 1 m entre cada bloque, en cada uno de estos bloques se ubicaron los cinco tratamientos dispuestos al azar, dejando un surco muerto entre cada una de las variedades, siendo el área de cada bloque de 88.2 m², y el área de cada parcela de 14.4 m² en esta área se ubicaron 6 surcos de 6 m de largo y 2.4 m de ancho c/u, el tamaño de la parcela útil es de 8 m² con 4 surcos de 4 m de largo.

2.4 Variables evaluadas durante el crecimiento del cultivo:

Altura de plantas

Se tomó altura de plantas a los 10 días después de la siembra esto se realizó midiendo en cm la longitud del tallo de la planta, desde su base hasta el inicio de la primera rama.

Número de nódulos por planta

Se tomó el número de nódulos por planta a los 36 días y a los 41 días, ésto se hizo tomando 5 plantas al azar de cada subparcela, es decir, 20 plantas por tratamiento. Las plantas se sacaron del suelo cuidadosamente con un palín, para obtener de esta manera su sistema radicular de una forma mas completa. Posteriormente se lavaron las raíces y se procedió a contar los nódulos formados en el sistema radicular de cada una de las plantas. La efectividad de los nódulos se midió a través de la coloración rojiza que éstos presentaron (Leghemoglobina).

2.5 Variables evaluadas al momento de la cosecha :

Número de plantas cosechadas por parcela .

Fueron tomadas de los surcos pertenecientes al área útil.

Número de vainas por planta

Se seleccionaron diez plantas al azar y se les contaron las vainas para obtener un promedio por variedad.

Peso seco de las plantas por variedad

A los 41 días se extrajeron 20 plantas por tratamiento aproximadamente, estas plantas se dejaron secando por un tiempo de 48 horas a una temperatura de 60°C, para luego determinar su peso. Estas mismas plantas fueron molidas, empacadas y rotuladas posteriormente fueron enviadas al laboratorio donde se realizo el análisis químico a

través de la metodología digestión húmeda con el objetivo de determinar en cada muestra el contenido de: N, P, K, Ca, S, Zn, Fe, Mg, Mn, Cu, B, Carbono todos estos elementos se determinaron en un equipo plasmó II además se determinó la acumulación de materia seca. De acuerdo a estos resultados fue posible determinar la concentración y extracción de estos nutrientes para cada una de las variedades en estudio.

Los datos de extracción de nutrientes se calcularon a partir de los datos de concentración, multiplicando cada uno de estos por su peso seco (Kg/ha).

2.6 Manejo agronómico:

La preparación del suelo se inició con la limpieza del terreno, un pase de arado, dos pases de grada (a una profundidad de 20 cm), nivelación y surcado. En las labores siguientes a las aradas juegan un papel importante, la rastra de disco y la banca a fin de eliminar las malas hierbas resurgentes (Tapia, 1973).

La siembra se efectuó manualmente a chorrillo el día 2 de Julio de 1994, utilizando una distancia de 0.10 m entre plantas y 0.40 m entre surcos con una norma de siembra de 51.74 kg/ha.

El control de maleza consistió en una operación manual a los 25 días después de la siembra, el mismo día se realizó un aporqué. El cultivo fue afectado por crisomélidos por lo que se aplicó metamidofos (Tamarón 600 EC) a dosis de 450 g/ha de i.a.

La fertilización consistió en la aplicación de urea al 46% a razón de 100 kg/ha de Nitrógeno a toda el área y 100 kg/ha de nitrógeno aplicada a la microparcela en forma de sulfato de amonio dos días después de la siembra. La cosecha se realizó de forma manual al completar el ciclo del cultivo a los 70 días.

III.- RESULTADOS Y DISCUSION

3.1- Componentes del rendimiento de cada una de las variedades en estudio

3.1.1 Altura de plantas:

La capacidad competitiva del frijol común depende mucho de la altura, porque al alcanzar mayor altura hay una mayor cobertura impidiendo así el crecimiento de las malezas y de esta manera la planta de frijol recibe directamente los rayos solares aumentando la fotosíntesis y elaboración de materia seca beneficiando el rendimiento.

Existen diferencias altamente significativas en relación a esta variable y de acuerdo a los datos obtenidos en la prueba de Duncan, se encontró que la variedad DOR - 364, es la que presenta el mayor promedio en altura y la Criolla el promedio más bajo.

Estos resultados coinciden con (Herrera & Llano, 1983) quienes encontraron diferencias estadísticas en la altura de plantas de 23 variedades de frijol común.

Posiblemente la variedad DOR-364 presenta una mayor cobertura debido a su hábito de crecimiento (II B), indeterminado arbustivo con profusión de guías que se enredan en los surcos e impiden el surgimiento de otras especies.

3.1.2- Número de plantas por hectárea.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de varianza realizado con respecto a esta variable, se encontró diferencias altamente significativas entre las variedades.

Estos resultados no coinciden con los encontrados por Avelares (1992) y Cerrato (1992), quienes no encontraron diferencias significativas entre sus tratamientos, sin embargo Amaya & Cruz, (1993), encontraron diferencias altamente significativas al evaluar siete variedades de frijol común.

Según los resultados de la prueba de rangos múltiples de Duncan la variedad que presenta el mayor promedio es ESTELÍ 90-A, y la variedad BRUNCA presenta el promedio más bajo (ver tabla 3).

Esto demuestra que la variedad ESTELÍ 90-A presenta una mayor capacidad de competencia y sobrevivencia con relación al resto de las variedades. El carácter de plantas cosechadas está directamente relacionado con la emergencia, el manejo agronómico, las condiciones ambientales existentes y la competencia entre los individuos (CIAT, 1978).

3.1.3- Número de vainas por planta

Llano y Herrera, (1983) afirman que el comportamiento de esta variable es propio para cada variedad y que éste influye directamente sobre los rendimientos.

No se presentaron diferencias significativas en el número de vainas por planta, así mismo la prueba de rangos múltiples de Duncan no muestra diferencias de categorías, sin embargo la variedad que presenta el mayor promedio es la variedad Criolla (frijol mono) y la variedad DOR-364 presenta el promedio más bajo.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Avelares y Cerrato (1992) quienes al evaluar el número de vainas por planta encontraron que la variedad Mono o Bayo -1291 obtuvo el mejor promedio.

Es probable que el hecho de que la variedad criolla haya presentado, el mayor número de vainas por planta se deba a su hábito de crecimiento, la mayoría de los materiales criollos a nivel nacional presentan hábitos de crecimiento indeterminado (Tapia & Camacho, 1988). Las variedades con crecimiento indeterminado tienden a producir mayor número de vainas (CIAT, 1978).

3.1.4- Rendimiento de Grano

El rendimiento determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio, unido también al potencial genético que éstos tengan (Tapia, 1991).

El rendimiento es un carácter cuantitativo, determinado por el medio ambiente, ya que éste afecta generalmente mucho más a caracteres cuantitativos que a los cualitativos (Davis, 1985), pero también está determinado por el genotipo y el manejo de la población (Blandón & Arvizú, 1991).

No se logró detectar diferencia significativa entre las variedades al analizar el rendimiento de grano, sin embargo, los promedios presentados en la tabla 3, muestran tres categorías, donde la variedad ESTELÍ 90-A alcanzó el mayor promedio, seguido de la BRUNCA y CRIOLLA, la variedad DOR-364 presenta el promedio más bajo. Esto puede ser debido a que esta variedad tiene menos vainas por planta que el resto de las variedades, por lo tanto tiende a tener menos granos, sin embargo White (1985) afirma que el aumento en el número de vainas por planta, puede provocar reducción en el peso de la semilla y de esta manera bajar los rendimientos, los cuales fueron bajos en este caso aún sin un aumento en el número de vainas, para las condiciones de este experimento.

La variedad ESTELÍ 90-A alcanzó el mayor número de plantas/m² (tabla 3) probablemente esto influyo en la producción de vainas y de esta manera se aumentó el rendimiento.

En general, los rendimientos de grano fueron bajos debido probablemente al déficit hídrico que sufrió el cultivo y posteriormente al ataque de *mustia hilachosa* en la etapa final del cultivo (ver figura 1).

Tabla 3: Resultados de los componentes del rendimiento para cada una de las variedades evaluadas.

Variedad	Altura de plantas (cm)	No.de Plantas/ha	No. de Vainas/planta	Rendimiento (kg/ha)
DOR-364	8 a	185,000 ab	6 a	541.25 b
ESTELI 90-A	6 b	195,000 a	8 a	796.75 a
BRUNCA	5 b	132,000 c	7 a	648.125 ab
CRIOLLA	5 b	160,000 bc	9 a	590.625 ab
C.V %	13.3	12	35.8	22.8
ANDEVA	*	*	NS	NS

3.2- Número de nódulos por variedades

El análisis de varianza realizado con respecto a esta variable no muestra diferencias significativas en ninguno de los recuentos realizados, se comprobó que la variedad que presenta mayor promedio en ambos recuentos es la variedad ESTELÍ 90-A, siendo la variedad BRUNCA la que presenta el promedio más bajo en el primer recuento y la variedad DOR-364 en el segundo recuento.

Esto puede estar relacionado con los contenidos de Boro, Potasio y Fósforo de las variedades. Skerman *et. al* (1991), afirma que la falta de Boro afecta el tejido nodular y según los resultados obtenidos la variedad ESTELÍ 90-A presenta un mayor contenido de Boro como también un mayor número de nódulos, así también la variedad DOR-364

contiene cantidades relativamente bajas de Boro y a la vez el promedio más bajo en el número de nódulos en el segundo recuento.

Sin embargo, estos resultados no concuerdan con Talavera (1989), quien expresa que una de las actividades fisiológicas de la planta que puede verse afectada por la fijación de fósforo en el suelo es la formación de nódulos en las raíces de las leguminosas.

La variedad DOR-364 alcanzó un promedio relativamente alto en fósforo, pero también un promedio bajo en el número de nódulos esto indica que no existen relación entre el contenido de fósforo en la planta y el número de nódulos para esta variedad.

Por otro lado Skerman *et. al* (1991), considera que el potasio parece tener un efecto beneficioso en la nodulación, solamente si existen niveles suficientes de fósforo, pero según los datos obtenidos la variedad que alcanzó la mayor concentración de potasio (DOR-364) es exactamente la variedad con menor número de nódulos y la que tiene menos potasio (ESTELÍ 90-A), presentó el mayor número en ambos recuentos, esto se debe posiblemente a niveles insuficientes de fósforo.

Tabla 4: Número de nódulos/pta de cada una de las variedades estudiadas en dos momentos.

Variedades	Nódulos (36 dds)	Nódulos (41 dds)
DOR – 364	9.75 a	4.75 a
ESTELI 90-A	11.5 a	13.75 a
Brunca	4.5 b	5.25 a
Criolla	10.5 a	10.5 a
C.V. (%)	35.76	40
ANDEVA	NS	NS

3.3 - Contenido y extracción de macro y microelementos por cada una de las variedades en estudios.

El análisis de los tejidos de la planta proporciona una serie de datos que ayudan a formular el diagnóstico de su estado nutricional y a determinar la capacidad de absorción de la misma. El contenido refleja lo que remueve cada una de las partes de la planta (tallo, rama y hojas), sin embargo los datos de extracción los refleja generalmente la cantidad de nutrimentos que la parte sobre el suelo de la planta contiene.

3.3.1- Contenido de Nitrógeno:

Los elementos nutritivos más importantes o macroelementos son, aparte del oxígeno y del hidrógeno; el N, P y K, (Ignatieff & Page, 1964).

Los valores de nitrógeno obtenidos se consideran bajos, tomando en cuenta que Blasco *et. al* (1972) citado por Howeler; (1983) encontró en varias plantas de frijol un contenido de 4 a 8.3 por ciento de nitrógeno al analizar la materia seca de estas plantas y los valores encontrados oscilan entre 2.8 y 3.6 por ciento. Sin embargo (Ignatieff & Page, (1964), expresan que el nitrógeno representa del 1 al 4 por ciento del peso seco de la planta.

Se encontró diferencias significativas al analizar esta variable. La variedad TESTIGO presentó un contenido de nitrógeno significativamente mayor al resto de las variedades. Aunque el contenido de este elemento fue estadísticamente similar entre las demás variedades, la variedad CRIOLLA presentó valores más bajos.

3.3.1- Contenido de Fósforo:

No se logró detectar diferencias significativas en relación a las concentraciones de fósforo, de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan se presentan tres categorías, siendo la variedad TESTIGO la que alcanza el mayor promedio y la variedad

CRIOLLA el promedio más bajo, el resto de las variedades presentan valores similares entre sí.

Las concentraciones de fósforo encontradas en las diferentes variedades en estudio, son normales si se comparan los datos encontrados por Blasco *et al.*, (1972) citado por Howeler; (1983) quien al analizar plantas de frijol encontró un rango de 0.24 a 0.52 por ciento de fósforo en la materia seca de estas plantas y los valores obtenidos en este experimento varían de 0.22 a 0.30 por ciento. Estos resultados indican que la variedad TESTIGO supera al resto de las variedades en la capacidad de absorción de fósforo a pesar de la baja disponibilidad de este elemento ya que existe un alto poder de retención de fósforo en los suelos derivados de cenizas volcánicas, como es el caso del suelo de "La Compañía".

Izquierdo (1991), afirma que en suelos tropicales como los Mollic Andosol de la compañía, el suministro de fósforo disponible para la planta es inadecuado. Fassbender (1969) señala que en los suelos volcánicos centroamericanos, la precipitación de fosfatos de hierro y aluminio es la causa principal de la fijación de este elemento. Esto también puede ser resultado de que la variedad TESTIGO haya sido estimulada para la absorción de fósforo por las aplicaciones de N₂, (Neptune *et al.*, 1978), aseguran que una aplicación de N₂ puede resultar un aumento en la absorción de fósforo por la planta

3.3.3 - Contenido de Potasio:

Los contenidos de potasio en la planta se encuentran normales, considerando que Blasco *et al.*, 1972 citado por Howeler (1983), expresan que al analizar plantas de frijol obtuvieron un porcentaje de 2.7 a 6.4 por ciento en la materia seca de las mismas, y en este experimento se encontró un rango de 3.65 a 4.09 por ciento de Potasio en la materia seca de estas plantas.

Los suelos de “La Compañía” son ricos en Potasio (Talavera, 1989) debido a que estos son suelos volcánicos los cuales muestran un débil poder de retención de este elemento (Ceido *et al.*, 1971). El Potasio, es un nutriente vital para las plantas, no puede ser reemplazado por ningún otro nutriente (Salmerón & García, 1994) ayuda a proteger a la planta de la excesiva pérdida de agua durante períodos de sequías y disminuye los daños causados por las bajas temperaturas.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza realizado con respecto a este elemento, muestran diferencias significativas entre las variedades estudiadas. El mayor promedio lo alcanza la variedad DOR-364 y el menor valor la variedad ESTELI-90A

Tabla 5: Contenidos de macroelementos Nitrógeno, Potasio y Fósforo (N, P, K) en los tejidos (tallo, rama y hojas) de la planta para las diferentes variedades estudiadas.

Variedades	Nitrógeno (%)	Fósforo (g/kg)	Potasio (g/kg)
DOR-364	3.14 b	2.68 ab	40.96 a
ESTELÍ 90-A	2.95 b	2.56 ab	36.50 b
Brunca	2.97 b	2.63 ab	37.06 b
Criolla	2.83 b	2.27 b	37.57 b
Testigo	3.69 a	3.05 a	38.48 ab
C.V. %	9.92	13.86	4.49
ANDEVA	*	N.S	**

Los nutrientes secundarios son el Azufre, el Calcio y el Magnesio, se les llama así porque se presentan generalmente en las plantas en cantidades menores que los macroelementos (Ignatieff & Page, 1964)

3.3.4- Contenido de Azufre:

Las concentraciones de azufre oscilan entre 0.29 y 0.32 por ciento en las diferentes variedades en estudio, estos valores están dentro del rango de los valores encontrados por Blasco *et al.*, 1972 citado por Howeler (1983), quien encontró valores de 0.12 a 0.44 por ciento al analizar el tejido de cinco variedades de frijol.

El análisis de la variación del contenido de Azufre no muestra diferencias significativas; la variedad que presenta mayor contenido de Azufre es la criolla, siendo la variedad TESTIGO la que presenta un promedio más bajo comparado con el resto de las variedades.

La amplia presencia de Azufre en las rocas y en la materia orgánica, su movilidad en el suelo y su presencia en el aire de regiones sujetas a actividad volcánicas, contribuyen grandemente a que las deficiencias de Azufre no sean muy comunes (Chapman y Brown, 1941, citado por Ochse *et al.*, 1986).

3.3.5- Contenido de Calcio:

Los contenidos de calcio encontrados oscilan entre 1.8 y 2 por ciento de la materia seca. Sin embargo Blasco *et al.*, 1972 citado por Howeler (1983), obtuvo un rango 1.2 a 11.4 por ciento de calcio al analizar plantas de frijol, o sea que los valores encontrados están relativamente bajos pero normales.

El Calcio es normalmente la base principal del complejo de intercambio de los coloides del suelo cuando la reacción del mismo se encuentra entre un pH de 5.5 a 6.5 variación que es la óptima para la mayor parte de las plantas; la necesidad de Calcio en las mismas, como en la mayoría de las leguminosas es tan alta que muestran un efecto agudo (Bower & Tork, 1946) citado por Ochse *et. al* 1986.

Estadísticamente no hay diferencias significativas entre las variedades con respecto al contenido de Calcio, los promedios obtenidos utilizando Duncan son similares, el mayor valor lo alcanza la variedad BRUNCA, seguida por la variedad Testigo y el menor valor la variedad CRIOLLA.

Estos resultados son contradictorios tomando en cuenta que Ignatieff & Page (1964) afirman que el Boro favorece la asimilación de Calcio, sin embargo, los contenidos más bajos de Boro los presentó la variedad TESTIGO y ésta misma variedad presentó los promedios relativamente altos de Calcio, de esta misma manera, la variedad CRIOLLA alcanzó valores relativamente altos en Boro, siendo esta misma variedad la que alcanzó los valores más bajos en Calcio. En estos resultados puede tener su influencia tanto la naturaleza de la fracción arcillosa del suelo como las clases de plantas.

3.3.6- Contenido de Magnesio

Los contenidos de magnesio encontrados están normales (0.49 - 0.60 por ciento) comparando con los encontrados por Blasco *et al.*, (1972) citado por Howeler (1983), los cuales varían de 0.6 - 1.8 por ciento de la materia seca al analizar el tejido de la planta de frijol.

No se presentan diferencias significativas en relación a esta variable, sin embargo Duncan indica tres categorías; la primera y mejor categoría representa únicamente por la variedad TESTIGO, la segunda, donde se encuentra la ESTELÍ 90-A y la tercera y última categoría donde se ubican el resto de las variedades.

Estos datos no coinciden con Russell & Russell, (1968), quienes expresan que la proporción alta de Calcio deprime la absorción de magnesio, esto no se cumple en la variedad TESTIGO, la cual presenta el mayor promedio en Calcio como en Magnesio. Esto se debe posiblemente a que las cantidades de Calcio en el suelo no son muy altas y es conocido que las disponibilidades de Magnesio en los suelos de las regiones tropicales y subtropicales son semejantes a los del Calcio.

Tabla 6: Concentraciones de nutrientes secundarios Azufre, Calcio y Magnesio (S, Ca, Mg) encontradas en los tejidos (tallo, rama y hojas) de la planta para cada una de las variedades en estudio.

Variedad	Azufre (g/kg)	Calcio (g/kg)	Magnesio (g/kg)
DOR-364	3.15 a	19.13 a	4.97 b
ESTELI-90-A	3.05 a	19.45 a	5.31 ab
Brunca	2.91 a	20.21 a	4.97 b
Criolla	3.19 a	18.86 a	5.15 b
Testigo	2.90 a	20.04 a	6.01 a
C.V.%	8.85	15.33	9.5
ANDEVA	NS	NS	NS

3.3.7- Contenido de Hierro

Los contenidos de hierro fueron altos para la variedad testigo en comparación con el resto de las variedades estudiadas, sin embargo estadísticamente, no se encontró diferencias significativas entre ellas. En orden descendente de acuerdo a los valores presentados, las variedades se ubican de la siguiente manera: TESTIGO, DOR - 364, CRIOLLA, BRUNCA, ESTELÍ 90-A.

Estas concentraciones de hierro, en los tejidos de la planta son excesivos, considerando que (Mortvet *et al.*, 1983) afirma que el rango de suficiencia parece ser de 50 a 250 ppm de hierro y que la concentración de hierro en plantas jóvenes puede ser extremadamente alta, alcanzando niveles en exceso de 300 a 400 ppm.

Es posible que los valores elevados de hierro, tengan su origen en que el suelo de "La Compañía" es de origen volcánico y en estos suelos generalmente se presentan altos contenidos de hierro y aluminio disponible, sin embargo, estas altas concentraciones, también pueden estar relacionadas con problemas de contaminación en el molino donde fueron preparadas las muestras previamente al análisis.

3.3.8- Contenido de Boro:

Las plantas necesitan Boro para la división celular en los tejidos con crecimiento activo. Tanto las necesidades de boro como la tolerancia para este elemento, varían mucho de unas plantas a otras (Worthen & Aldrich, 1968). En general las plantas leguminosas necesitan más boro que las gramíneas Salmerón & García (1994) expresan que el boro es imprescindible para la formación de nódulos en las leguminosas. Estadísticamente no se presentan diferencias entre las variedades estudiadas en relación a esta variable, los contenidos más bajos de boro lo presenta la variedad TESTIGO, el resto de las variedades, presentan valores similares. Los valores presentados están dentro del rango de niveles adecuados de Boro (ver tabla 7), este rango es de 15 a 100 ppm; la disposición de Boro para las plantas en esta zona probablemente es debido a que el suelo de "La Compañía" presenta una buena retención de humedad y Worthen y Aldrich (1968) aseguran que la humedad del suelo influye favorablemente en la cantidad de boro que pueden utilizar las cosechas.

3.3.9- Concentración de Zinc en los tejidos de la planta:

El análisis de los datos obtenidos en esta variable indican que existen diferencias altamente significativas entre las variedades, de acuerdo a sus promedios se pueden agrupar de la siguiente manera; el primer y mejor grupo está formado por la DOR - 364, el segundo grupo que contiene a la variedad CRIOLLA, BRUNCA y ESTELÍ 90-A y el tercer grupo representado únicamente por la variedad TESTIGO.

Los contenidos de Zinc se consideran relativamente bajos pero satisfacen los requerimientos de la planta, tomando en cuenta que el rango de concentración normal es de 25 a 150 ppm, observándose niveles de toxicidad cuando el contenido de zinc en la hoja excede las 400 ppm (Mortvet et al., 1985).

Tabla 7: Contenido de microelementos (Hierro, Boro y Zinc) encontrados en cada uno de los tratamientos en estudio.

Variedad	Hierro (mg/kg)	Boro (mg/kg)	Zinc (mg/kg)
DOR-364	1,581 a	27.99 a	46.03 a
ESTELI 90-A	1,184 a	30.27 a	37.74 ab
Brunca	1,203 a	29.63 a	38.75 ab
Criolla	1,316 a	29.07 a	41.79 ab
Testigo	1,909 a	23.60 b	33.24 b
C.V %	32.25	9.40	13.22
ANDEVA	NS	NS	**

La capacidad de la planta para absorber un micronutriente en el ambiente establecido, es reflejado por la concentración del micronutriente en la planta en cualquier tiempo determinado, (Mortvet et al., 1985).

3.3.10- Contenido de Cobre:

Los contenidos de cobre en la planta se consideran normales, tomando en cuenta que (Mortvet *et al.*, 1983) afirma que el rango normal para la concentración de Cobre en tejido vegetal es de 5 - 200 ppm.

No se logró detectar diferencias significativas con respecto al contenido de este elemento, sin embargo los valores más altos los presenta la variedad TESTIGO, el resto de las variedades se ubican de acuerdo a sus valores en una categoría más baja.

3.3.11- Contenido de Manganeso:

La deficiencia por Manganeso ocurre normalmente cuando la concentración en los tejidos de la planta es menor de 20 ppm en la materia seca. Concentraciones amplias pero no excesivas oscilan de 20 a 500 ppm (Mortvet *et al.*, 1983). Por lo tanto los contenidos presentados en la tabla anterior se consideran relativamente bajos, pero normales, esto es posible debido a que la deficiencia del manganeso es común en regiones tropicales y subtropicales, principalmente en los suelos de la compañía, los cuales presentan bajos niveles de fósforo, (Talavera, 1989).

Estadísticamente no se presentan diferencias al analizar las concentraciones de manganeso en cada una de las variedades en estudio, la variedad DOR-364 alcanzó el mayor valor, sin embargo las variedades BRUNCA y ESTELI 90-A presentan los niveles más bajos.

Tabla 8: Contenidos de microelementos (Cobre y Manganeso) en las diferentes variedades evaluadas.

VARIEDAD	Cobre (mg/kg)	Manganeso (mg/kg)
DOR-364	16.03 b	61.28 a
ESTELI 90-A	15.22 b	52.07 a
Brunca	15.97 b	52.51 a
Criolla	16.06 b	54.51 a
Testigo	19.00 a	60.79 a
C.V %	10.29	21.07
ANDEVA	NS	NS

3.3.12- Contenido de Carbono:

El análisis de los resultados obtenidos del contenido de Carbono en cada una de las variedades indicó que no existen diferencias significativas entre ellas de acuerdo a los promedios obtenidos de Duncan solo es posible designar una categoría que está representada por las variedades siguientes en orden descendentes: BRUNCA, variedad TESTIGO, ESTELÍ 90-A, CRIOLLA, DOR - 364.

Tabla 9: Contenido de carbono de las variedades en estudio

Variedad	Carbono (%)
DOR-364	37.75 a
ESTELI 90-A	38.04 a
Brunca	38.21 a
Criolla	37.89 a
Testigo	38.09 a
C.V %	1.13
ANDEVA	NS

3.3.13- Extracción de Nitrógeno, Fósforo y Potasio:

Los datos de extracción de N, P y K de las variedades en estudio se consideran bajas, tomando en cuenta que Flor, (1986) expresa que la capacidad de absorción del frijol Malavolta en Brasil es de 102 kg/ha para N, 9 kg/ha para el fósforo y 93 de potasio, sin embargo Talavera *et al.*, (1985) afirma que el frijol requiere alrededor de 135 kg/ha de N, 114 de K y 18 de fósforo para completar en forma normal su ciclo vegetativo y reproductivo, esto indica que estos valores están muy por debajo de los requeridos por las plantas de frijol, probablemente esto se debe a la influencia de la sequía, la cual se hizo presente durante la etapa reproductiva del cultivo.

Los contenidos de N, P, y K de la variedad DOR - 364 son mayores en comparación al resto de las variedades; de acuerdo al análisis estadístico, estos tratamientos no presentan diferencias significativas, sin embargo los promedios presentados por Duncan indican que el valor más bajo lo presenta la variedad criolla en conjunto con la variedad Testigo.

Estos resultados están relacionados con la altura de cada una de las variedades debido a que la variedad DOR - 364 presenta la mayor altura y la variedad criolla el promedio más bajo, por lo tanto el sistema radical de la DOR - 364 tiende a ser más extenso y alcanzar mayor cobertura lo que se traduce en una mayor absorción por parte de esta variedad.

Tabla 10: Extracción de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (kg/ha) para cada una de las variedades en estudio.

Variedades	N	P	K
DOR-364	60.31 a	5.44 a	80.97 a
ESTELI 90-A	56.20 a	4.92 a	68.40 a
Brunca	52.10 a	4.73 a	65.70 a
Criolla	47.96 a	3.88 a	63.84 a
Testigo	59.35 a	4.90 a	61.83 a
C.V %	21.59	33.62	23.30
ANDEVA	NS	NS	NS

3.3.14- Extracciones de azufre ,calcio , y magnesio.

Resultados de Azufre y Calcio son similares a los de N,P y K.

No se logró detectar diferencias significativos respecto a los datos que muestran las exportaciones de Azufre y Calcio por los tratamientos, al analizar los resultados de la prueba de rangos múltiples de Duncan, se encontró que la variedad DOR -364 presenta el mayor promedio, seguida de la variedad ESTELÍ 90-A y al igual que los resultados anteriores la variedad CRIOLLA muestra el promedio más bajo, esto se debe principalmente a las razones expuestas anteriormente (extracciones de N,P y K)

Cabe señalar que los contenidos de Calcio se encuentran relativamente bajos y aún más bajos los de Azufre si se considera que Talavera *et al.*, (1995) expresa que los requerimientos de Calcio y Azufre para el frijol son de 54 y 25 kg/ha respectivamente.

En algunos aspectos, el magnesio es el elemento esencial más importante después del nitrógeno en la nutrición de las plantas que se producen por su semilla o

fruto, ya que estos órganos requieren grandes cantidades de dicho elemento (Ochse J. J. *et al.*, 1986).

En general los suelos tienen menos magnesio que Calcio, debido a que el magnesio es más soluble y por lo tanto más lixiviable, las deficiencias de este elemento ocurren con mayor frecuencia en suelo de textura gruesa y suelos ácidos desarrollados bajo alta pluviosidad (Cairo, 1980).

Aunque estadísticamente no se encontró diferencias significativas al analizar las extracciones de magnesio, la tabla 10 muestra que la variedad ESTELI 90-A, exportó más magnesio que el resto de las variedades y la BRUNCA exportó menos magnesio.

Tabla 11: Extracciones de Azufre, Calcio y Magnesio (kg/ha) para cada uno de los tratamientos en estudio.

Variedad	S	Ca	Mg
DOR-364	5.97 a	37.76 a	9.77 a
ESTELI 90-A	5.72 a	37.76 a	10.20 a
Brunca	5.16 a	35.63 a	8.80 a
Criolla	5.40 a	32.18 a	8.83 a
Testigo	4.66 a	32.20 a	9.66 a
C.V %	16.03	31.50	25.44
ANDEVA	NS	NS	NS

3.3.15- Extracciones de Hierro (kg/ha) :

Se considera que entre todos los micronutrientes, el hierro es el que más abunda en el suelo, ocupa el cuarto lugar entre los elementos químicos que forman la corteza terrestre (Katyal & Randhawa, 1986).

Comparado con su presencia abundante en los suelos, el contenido de hierro en las plantas es escaso, aunque en la mayoría de los casos es más elevado que el de los tres oligoelementos (Sillampaa, 1972).

De acuerdo al análisis de varianza realizado, con respecto a esta variable, no existe significancia entre las variedades evaluadas y según los promedios presentados por Duncan, se puede ubicar a las variedades en el siguiente orden descendente: TESTIGO, DOR-364, ESTELÍ 90-A, CRIOLLA Y BRUNCA (Ver tabla 12).

3.3.16- Extracciones de Boro:

Es evidente que el Boro es esencial para todas las plantas superiores aunque su necesidad varía considerablemente con la especie.

El contenido de Boro de la totalidad de la planta puede disminuir durante el crecimiento inicial y luego alcanza un valor prácticamente constante durante la mayor parte de la fase vegetativa (Katyal & Randhawa, 1986).

El análisis estadístico del contenido de Boro indicó que no existen diferencias significativas, sin embargo como se puede observar (en la tabla 12), la variedad DOR-364 y ESTELÍ 90-A alcanza los mayores promedios, presentando la variedad TESTIGO el promedio más bajo, las variedades CRIOLLA y BRUNCA se ubican con valores intermedios

Esto indica que hay cierta diferencia entre los niveles de boro absorbido por las diferentes variedades, Sillampaa, (1972) revela que al igual que sucede con otros oligoelementos, las cantidades de Boro absorbidas por las distintas plantas de la misma especie pueden variar considerablemente, incluso cuando crecen próximamente entre si en el mismo hábitat.

3.3.17 Extracciones de Zinc:

El Zinc disponible para las plantas se concentra generalmente en la superficie del suelo y su nivel disminuye en las capas inferiores del subsuelo (Katyal y Randhawa, 1986). Este elemento actúa en las plantas en gran parte como actividades metálica de las enzimas (Sillampaa, 1972).

Los resultados obtenidos al analizar el contenido de zinc no muestran diferencias significativas entre las variedades estudiadas y de acuerdo a los promedios obtenidos por Duncan se pueden agrupar a las variedades en una sola categoría (como se observa en la tabla 12) donde el mayor valor lo representa la variedad DOR-364, ubicándose en orden descendente las variedades ESTELÍ 90-A, CRIOLLA y BRUNCA, la variedad TESTIGO presenta el valor más bajo .

Tabla 12: Extracciones de Hierro, Boro y Zinc (kg/ha) para cada uno de los tratamientos en estudio

Variedad	Fe	B	Zn
DOR-364	1.85 a	0.054 a	0.087 a
ESTELI 90-A	1.64 a	0.057 ab	0.072 a
Brunca	1.61 a	0.052 ab	0.065 a
Criolla	1.63 a	0.049 ab	0.069 a
Testigo	1.88 a	0.037 b	0.053 a
C.V. %	6.68	3.83	21.44
ANDEVA	NS	NS	NS

3.3.18- Extracciones de Cobre:

El cobre se comporta como un elemento móvil en las plantas que están bien previstas, sin embargo, en las plantas que presentan carencia de este elemento sucede exactamente lo contrario (Salmerón & García, 1994). Las plántulas jóvenes contienen

mayor concentración de cobre que disminuye continuamente a medida que la planta avanza hacia la madurez (katyal & Randhawa, 1986).

No existen diferencias significativas en las variedades evaluadas, de acuerdo al análisis de varianza realizada y los promedios presentados por DUNCAN (Ver tabla 13), muestran una sola categoría donde las variedades están ubicadas en el siguiente orden: DOR-364, TESTIGO, ESTELÍ 90-A, BRUNCA, CRIOLLA.

3.3.19- Extracciones de Manganeso:

El manganeso es esencial para la fotosíntesis y actúa como agente catalítico en la reducción de nitratos, es un constituyente de las enzimas respiratorias y de las enzimas responsables de la síntesis de proteína. Es un activador en los sistemas enzimáticos del ciclo del ácido carboxílico y del metabolismo de los carbohidratos (Sillampaa, 1972).

Las plantas que son sensibles a la deficiencia de manganeso son igualmente sensibles a la toxicidad (Morvet *et al.*, 1983).

La variedad DOR-364 presenta mayor contenido de manganeso en comparación con el resto de las variedades estudiadas y aunque estadísticamente no se encontró diferencias significativas, los promedios presentados en la tabla 13, nos indican que la variedad ESTELÍ 90-A, presenta un valor aproximado a la variedad DOR-364, el resto de las variedades presentan promedios más bajos y similares entre

Tabla 13: Cantidades extraídas de Cobre y Manganeso (kg/ha)

Variedad	CU	Mn
DOR 364	0.031 a	0.12 a
ESTELI 90-A	0.029 a	0.10 a
Brunca	0.028 a	0.09 a
Criolla	0.027 a	0.09 a
Testigo	0.031 a	0.09 a
C.V %	21.81	33.07
ANDEVA	NS	NS

3.3.20- Extracción de Carbono:

El análisis estadístico del contenido de Carbono indicó que no existen diferencias significativas, sin embargo la variedad DOR-364 y la ESTELÍ 90-A, alcanzaron los mayores promedios, siendo la variedad TESTIGO la que presentó un promedio más bajo, las variedades CRIOLLA Y BRUNCA presentan valores intermedios.

Tabla 14: Extracciones de Carbono (kg/ha) para cada una de las variedades evaluadas

Variedad	Carbono
DOR-364	733.91 a
ESTELI 90-A	712.15 a
Brunca	676.08 a
Criolla	652.23 a
Testigo	621.10 a
C.V %	20.28
ANDEVA	NS

3.4 Contenido de Materia Seca:

El contenido de materia seca refleja la capacidad que tiene una planta de asimilar y trasladar los nutrientes hacia las diferentes partes de la misma.

La fertilidad del suelo influye en gran medida en la acumulación de materia seca, puesto que el balance del desarrollo de las distintas partes de la planta (parte aérea y raíces) depende de la disponibilidad de nutrimentos (CIAT, 1988).

Al analizar esta variable para cada una de las variedades, se encontró que no existen diferencias estadísticas. Los mayores valores los presentan la variedad DOR - 364 Y ESTELÍ 90-A, el valor más bajo la variedad TESTIGO (ver tabla 15).

Esto puede estar relacionado con la altura de plantas, (como se puede observar en la tabla 3), la variedad DOR-364 presenta una mayor altura en relación al resto de las variedades en estudio y entre mayor es la altura, hay una mayor acumulación de materia seca debido a que el tallo alcanza una mayor longitud y hay un mayor número de ramas y hojas. Esta relación directamente proporcional también se refleja al relacionar el contenido de materia seca con el número de plantas por parcela, de acuerdo con estos resultados hay más materia seca en las variedades que presentan más plantas por parcela como es el caso de la variedad DOR - 364 y la ESTELI 90 - A (ver tabla 3).

Tabla 15: Acumulación de materia seca en las variedades evaluadas

VARIETADES	MATERIA SECA (kg/ha)
DOR-364	1946 a
ESTELI 90-A	1875 a
Brunca	1768 a
Criolla	1714 a
Testigo	1607 a
CV%	20.5
ANDEVA	NS

3.5- Correlaciones entre las variables en estudio.

Los resultados de las correlaciones realizadas a cada una de las variables en estudio muestran que: el contenido de N se relaciona positivamente con el contenido de P, K, S, Ca, Mg, Fe, B, Cu, Mn, C y con materia seca.

El P se relaciona positivamente con Ca, Fe, B, Zn, Cu, Mn, C y materia seca, su relación es negativa con número de vainas por planta.

Los resultados también muestran una relación positiva entre el K y los siguientes elementos : S, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn, C y materia seca.

Cabe señalar que el S se relaciona positivamente con Fe, Mg, Zn, Cu, Mn, C, materia seca y con número de plantas por ha.

El Ca se relaciona en forma positiva con : Mg, B, Cu, Mn, C y con materia seca. Sin embargo el Mg se relaciona positivamente con Zn, Cu, Mn, C y materia seca, pero su relación es negativa con el número de vainas por plantas.

El B mostró una relación positiva con el C y con materia seca.

El Zn se relaciona positivamente con el Cu, Mn y con materia seca.

El Cu es un elemento que se relaciona positivamente con: Mn, C y materia seca , sin embargo, su relación con el número de vainas por plantas es negativa.

Existe una relación positiva entre el Mn y C, también la relación es positiva entre Mn y materia seca.

El C se relaciona positivamente con materia seca.

La variable rendimiento se relaciona positivamente con el número de nódulos en la segunda evaluación, sin embargo, el número de plantas por hectárea. se relaciona positivamente con el número de nódulos en la primera evaluación.

El número de vainas por plantas se relaciona positivamente con el número de nódulos en la segunda evaluación.

IV.- CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y en las condiciones en que se desarrolló el experimento, se puede concluir que:

- * La variedad DOR-364 presenta una altura significativamente mayor y la CRIOLLA el promedio mas bajo.
- * La variedad ESTELÍ 90-A alcanzó mayor rendimiento y un mayor número de plantas por hectárea.
- * La DOR-364 presentó el rendimiento más bajo y menos vainas por planta que el resto de las variedades. La criolla alcanzó el mayor número de vainas.
- * La variedad ESTELÍ 90-A, fue la más eficiente en la nodulación, la BRUNCA y la DOR-364 fueron las más deficientes.
- * La variedad DOR-364 presentó mayor concentración de Zinc y Fósforo en sus tejidos. La Testigo presentó mas nitrógeno y la ESTELÍ 90-A más Boro.
- * En general la variedad testigo presentó mayor concentración de K, S, Ca, Mg, Fe, Cu y Mn.
- * Las variedades DOR-364 y ESTELÍ 90-A exportaron más nutrientes.
- * La DOR-364 acumuló mayor cantidad de materia seca.

- * La extracción máxima de macroelementos por las variedades fue: 60.31, 5.44, 80.97, 37.76 y 10.20 kg/ha para N, P, K, Ca y Mg respectivamente.
- * La extracción máxima de microelementos fue: 5.97, 1.88, 0.057, 0.030, 0.012 kg/ha para S, Fe, B, Zn, Cu y Mn respectivamente, para el Carbono fue de 733.91 kg.
- * Las correlaciones realizadas entre los elementos (N,P,K,S,Ca,Mg,Fe,B,Cu,Mn,) Zn, C) fueron positivas a excepción de la relación entre el número de vainas por planta y los elementos Cu y Fe.
- * El rendimiento se relaciona únicamente y de forma positiva con el número de nódulos en la segunda evaluación.

V.- RECOMENDACIONES

Partiendo de la información básica en este estudio sobre la extracción de nutrientes por cada una de las variedades en estudio es recomendable:

- ✓ Realizar estudios sobre los mecanismos de absorción para los principales elementos en variedades criollas y variedades introducidas: por ejemplo la capacidad de las variedades para absorber fósforo mediante la asociación con las micorrizas.

Considerando que el fósforo es un elemento esencial y de particular importancia para las leguminosas es importante evaluar el efecto de la inoculación con micorrizas dado que la inoculación con *Rhizobium* es poco efectiva.

- ✓ Estudiar el comportamiento de estas variedades, en condiciones de óptima fertilización con los elementos estudiados (macros y microelementos).

De esta forma se podría analizar qué capacidad de extracción tienen estas variedades, en condiciones de buena fertilidad, comparada con la productividad natural de estos suelos.

VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaya, R. & Cruz, J. 1993. Evaluación de 7 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y su respuesta a dosis creciente de fertilizante (N-P). Tesis Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria Pág. 28-30.
- Avelarez J. J. 1992. Evaluación comparativa de 8 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) recolectada en Nicaragua, Germoplasma. Revista Informativa Anual del REGEN, FAGRO - UNA.
- Blandón R. L. y Arvizú V. J. 1991. Efecto de Sistema de Labranza, método de control de maleza y rotación de cultivo sobre la dinámica de la maleza, crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Soya (*Glycine mx*) Biblioteca UNA - Managua.
- Cairo P. 1980. Manual de Fertilidad de Suelos. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 120 Pp.
- Cerrato J. E. 1992. Evaluación de 16 variedades criollas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) colectadas en diversas zonas de Nicaragua, REGEN - UNA, Managua, Pp. 47.
- CIAT, 1985. Investigación y Producción, Cali, Colombia, XYZ 417 pp.
- CIAT, 1988. Conceptos Básicos de Fisiología del Frijol, Calí, Colombia, Pp.
- CIAT, 1978. Avances logrados en 1978. Programa de Frijol, Calí, Colombia Pp. 1-25.
- Ceido *et al.*, 1971. Formas de potasio presente en suelo costarricenses. I I C A.

Turrialba. Vol 21, N^o2. Costarrica Pp 176-174.

Davis, J. H. 1985. Conceptos Básicos de Genética de Frijol Investigación y Producción CIAT XYZ, Cali, Colombia Pág. 81-87.

Fassbender H. U. 1969. Química de Suelos. FAO, IICA, San José, Costa Rica

Flor, M. C. 1986. Criterios sobre la Recomendación de Fertilizantes en Frijol Investigación y Producción CIAT XYZ, Calí, Colombia Pp. 310-312.

Howeler , R.H. 1983 . Análisis del tejido vegetal en el Diagnostico de problemas nutricionales en algunos cultivos Tropicales . C I A T , Cali, Colombia. 28 Pp

Herrera, M. y Llano, A. 1983. Evaluación de 23 Variedades de Frijol Común Rojo (*Phaseolus vulgaris* L..) en Nicaragua REGEN UNA Managua Pág. 9

Ignatieff, V. y Page, H. J. 1964. El Uso Eficaz de los Fertilizantes. FAO - Estudios Agropecuarios. La Habana, Cuba. Pp. 11-24.

Izquierdo, M. 1991. Effects of N and P fertilizers on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in a pofixing Nicaraguan Mollic Andosol. Msc. Thesis. UNA, Managua.

J.J Ochese , M.J.Soule , Jr , M.J. Dickma , C. Welburg, 1986, cultivo y mejoramiento de plantas tropicales . Ed. Limusa. México. Vol 1 241- 262 Pp

Katyal, J. C. & Randhawa, N. S. 1986. Micronutrientes. Fertilizantes y Nutrición Vegetal. Boletín de la FAO (Roma). N^o 7: 3-5,27,41,53,65.

Mortvet et al 1983. Micronutrientes en la Agricultura. Biblioteca UNA. Managua Pp. 742.

Miranda, D. & Molina, R. 1992. Evaluación de Cinco Cepas de Rhizobium Leguminosarum bv. Phaseoli en el Cultivo de Frijol (Phaseolus vulgaris) var Rev. 84. Tesis de Ing. Agr. UNA . Managua, Nicaragua. 45pp

Neptune et al, 1978. Efeito de diferentes doses de nitrogenio e modos de aplicao de fertilizantes fosfatados e nitrogenado na eficiencia de utilizao do fósforo pelo feijoiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Turrialba, Costa Rica # 3 (28) Pp. 197-201.

Ochse, J. J. ; et al 1986. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales . Limusa. Mexico. vol 1 : 241-262.

Potash S. Phosphate Institute (P.O.I.) 1988. Manual de Fertilidad de Suelos FED-DR - UNA. Managua, Nicaragua.

Rosas, J. C. Bliss, F.A. 1986. Mejoramiento Genético de la Capacidad de Fijación Biológica de Nitrógeno en el Frijol Común. CEIBA (Honduras) 27 (1): 95-104 pp.

Russel, E. J. ; Russell, E.W. 1968. Las Condiciones del Suelo y el Crecimiento de las Plantas. CENIDA - UNA. Managua, Nicaragua p 35 - 63.

Salmerón, F. & García, L.1994. Fertilidad y Fertilización de suelos. Managua, Nicaragua. p. 13-79.

P.J. Skerman, D. G Cameron, F.Riveros . 1991. Leguminosas Forrajeras Tropicales. FAO, Roma, Italia 125-131pp.

- Sylvester, B.R. et, all, 1987. Simbiosis Leguminosa - Rhizobio : Evaluación, Selección y manejo (Guía de estudio autotutorial). Cali, Colombia. CIAT 67 p.
- Sillampaa, M. 1972. Los oligoelementos en los suelos y en la agricultura . Boletín de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Roma). No 17:5-20.
- Tapia R. D. 1991. Influencia de la labranza y fertilización sobre los cultivos de maíz (*Zea mays*) y frijol. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua.
- Tapia, H. S. Camacho A., 1988. Manejo Integrado de la Producción Frijol basado en labranza cero. et, G. T. Z. Eschon. Managua, Nicaragua 181 p.
- Tapia, H. B. 1973. El Cultivo del Frijol en Nicaragua. CENIDA - UNA - Managua , Nicaragua.
- Talavera, S. F. 1989. Assesment of the Impacts of P and N Fertilizers on common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Grown in a volcanic Soil in pot and Field Experiments. P.C.P. UNA - Managua, Nicaragua.
- Talavera, S.F. 1995. Uso de análisis químico para la determinación de la fertilidad de | suelo en el cultivo del frijol FED-DR. UNA. Managua, Nicaragua.
- White, J. W. 1985. Conceptos básicos de Fisiología del frijol In; Frijol Investigación y Producción. CIAT. Ed. XYZ Cali, Colombia 96 p.
- Worthen y Aldrich 1968. Suelos Agrícolas. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba 360 pp.