



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
Y DEL AMBIENTE**

TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACION DE LAS CONCENTRACIONES Y EXTRACCIONES DE
MACRO Y MICRONUTRIENTES POR EL CULTIVO DE MAIZ
(*Zea mays* L.) BAJO LA INCORPORACION DE DIFERENTES
ABONOS VERDES EN EL SUELO**

AUTORES

**Br. JOHANNA DEL SOCORRO CARAZO MUNGUIA
Br. LUIS FELIPE ROMERO VILCHEZ**

ASESORES

**Ing. Agr. .Francisco Telémaco Talavera Siles MSc
Ing. Agr. Miguel Jerónimo Ríos**

Managua, Nicaragua 2000

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

**DEPARTAMENTO DE MANEJO DE CUENCAS
Y GESTION AMBIENTAL**

TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACION DE LAS CONCENTRACIONES Y EXTRACCIONES DE
MACRO Y MICRONUTRIENTES POR EL CULTIVO DE MAIZ
(*Zea mays* L.) BAJO LA INCORPORACION DE DIFERENTES
ABONOS VERDES EN EL SUELO**

AUTORES

**Br. JOHANNA DEL SOCORRO CARAZOMUNGUIA
Br. LUIS FELIPE ROMERO VILCHEZ**

ASESORES

**Ing. Agr. Msc .Francisco Telémaco Talavera Siles
Ing Agr. Miguel Jerónimo Ríos**

**Presentado a la consideración del honorable Tribunal Examinador como
requisito parcial para optar al grado de Ingeniero Agrónomo con
orientación en Suelos y Aguas**

MANAGUA, NICARAGUA, 2000

DEDICATORIA

Este documento es el final de todo un proceso de estudio y trabajo, que hoy vemos concluir y en el que queremos mencionar a todas aquellas personas que nos ayudaron:

A Dios por su ayuda incondicional

Muy especialmente a nuestros padres

Juana Munguía, Fidel Carazo, María Gonzalina Vilchez, Orlando Romero que con esfuerzo y valor nos supieron guiar en todo este camino.

A nuestros amigos

Gran placer es tener la oportunidad de mostrar una pequeña gratitud a quien nos han colmado de beneficios

I. Paderews Ki

AGRADECIMIENTO

A Dios, nuestro Guía.

Es nuestra mayor satisfacción hacer un reconocimiento sencillo a todas las personas que nos brindaron su mano.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA), Escuela de suelos y Aguas, a los docentes que nos brindaron sus experiencias y conocimientos, con mucho respeto.

A nuestros asesores:

Ing. Agr. MSc. Francisco Telémaco Talavera Siles

Ing. Agr. Miguel Gerónimo Ríos

Quienes nos ayudaron en todo momento.

Luis Felipe Romero Vilchez.

Johanna del S. Carazo Munquía

INDICE GENERAL

SECCION	PAGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
I INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades de las leguminosas	4
2.1.1 Mucuna pruriens	4
2.1.2 El Mungo	4
2.1.3 El Canavalia	5
2.1.4 El Caballero	5
2.1.4.1 Variedad higworth	6
2.1.4.2 Variedad rongai	6
2.2 La leguminosas	6
2.3 Características agronómicas de las leguminosas	7
2.3.1 Productividad potencial	7
2.3.2 Conservación y mejoramiento de los suelos	8
2.4 Característica ecológicas de las leguminosas	9
2.4.1 Reacción a temperatura y humedad	9
2.4.2 Reacción a la luz	9
2.4.3 Reacción a los tipos de suelo	10
2.5 Característica deseables de leguminosas tropicales	10
2.6 Usos de las leguminosas y su importancia económica	11
2.6.1 Usos	11
2.7 Importancia económica	11
2.8 Conceptos generales	11
2.8.1 Extracciones	11
2.8.2 Extracción Biológica	12
2.8.3 Contenido Optimo	12
2.8.4 Deficiencia	12
2.8.4.1 Deficiencia visual	12
2.8.4.2 Deficiencia inducidas	12
2.9 Antagonismo	12
2.10 Sinergismo	13
2.11 Toxicidad	13
2.12 Suelo	13
2.13 Fertilidad de suelo	13
2.14 Altura de planta	13
2.15 Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	14

SECCION	PAGINA
2.16 Funciones de los elementos fósforo, calcio, molibdeno y azufre en las leguminosas	15
2.17 La simbiosis fijadora de nitrógeno	15
2.18 Resultados de estudios realizados con leguminosas	15
2.19 Contenido de nutrientes en el maíz	16
2.20 Nutrientes de la planta	17
2.20.1 Nitrógeno	17
2.20.2 Fósforo	17
2.20.3 Potasio	17
2.20.4 Calcio	18
2.20.5 Magnesio	19
2.20.6 Sodio	19
2.20.7 Azufre	20
2.20.8 Boro	20
2.20.9 Hierro	21
2.20.10 Cobre	22
2.20.11 Manganeso	22
2.20.12 Zinc	23
III MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Ubicación del ensayo	24
3.1.1 Tipo de suelo	24
3.2 Descripción del experimento	26
3.2.1 Diseño experimental	26
3.2.2 Características de la variedad NB-12	26
3.3 Variables evaluadas en el cultivo maíz	27
3.3.1 Variables evaluadas en el crecimiento	27
3.3.1.1 Altura de planta	27
3.3.1.2 Diámetro del tallo	28
3.3.2 Variables de plagas y enfermedades	28
3.3.2.1 Cogollero	28
3.3.2.2 Acame	28
3.3.3 Variables en el tejido de la planta	28
3.3.3.1 Análisis foliar	28
3.3.4 Variables evaluadas a la cosecha	28
3.3.4.1 Rendimiento	28
3.3.4.2 Peso seco de rastrojo y olote	29
3.3.5 Análisis estadístico	29
3.3.6 Manejo agronómico	29
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 Altura de planta	31
4.2 Densidad poblacional y rendimiento	32
4.3 Acame y cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	34
4.4 Influencia de la incorporación de leguminosas en el comportamiento del diámetro, peso seco del rastrojo y olote	35

SECCION	PAGINA
4.5 Contenido de nutrientes en el follaje antes de la floración	37
4.6. Contenido de nitrógeno en la planta	41
4.6.1 Concentración (%)	41
4.6.2 Extracción (kg/ha)	42
4.7 Contenido de fósforo en la planta	45
4.7.1 Concentración (%)	45
4.7.2 Extracción (kg/ha)	46
4.8 Contenido de potasio en la planta	48
4.8.1 Concentración (%)	48
4.8.2 Extracción (kg/ha)	49
4.9 Contenido de calcio en la planta	51
4.9.1 Concentración (%)	51
4.9.2 Extracción (kg/ha)	52
4.10 Contenido de magnesio en la planta	54
4.10.1 Concentración (%)	54
4.10.2 Extracción (kg/ha)	55
4.11 Contenido de sodio en la planta	57
4.11.1 Concentración (%)	57
4.11.2 Extracción (kg/ha)	57
4.12 Contenido de azufre en la planta	59
4.12.1 Concentración (%)	59
4.12.2 Extracción (kg/ha)	60
4.13 Contenido de boro en la planta	62
4.13.1 Concentración (ppm)	62
4.13.2 Extracción (kg/ha)	62
4.14 Contenido de hierro en la planta	64
4.14.1 Concentración (ppm)	64
4.14.2 Extracción (kg/ha)	65
4.15 Contenido de cobre en la planta	67
4.15.1 Concentración (ppm)	67
4.15.2 Extracción (kg/ha)	68
4.16 Contenido de manganeso en la planta	70
4.16.1 Concentración (ppm)	70
4.16.2 Extracción (kg/ha)	71
4.17 Contenido de zinc en la planta	73
4.17.1 Concentración (ppm)	73
4.17.2 Extracción (kg/ha)	74
4.18 Elementos en el suelo	76
4.19 Análisis de correlación	79
V CONCLUSIONES	84
VI RECOMENDACIONES	85
VII BIBLIOGRAFÍA	86
VIII A N E X O S	89

INDICE DE TABLAS

Tabla No	Página
1 Propiedades Químicas del suelo La Compañía, Carazo. Primera, 1996	24
2 Descripción de los tratamientos. La Compañía, Carazo Postrera, 1995	26
3 Característica de la variedad NB-12	27
4 Dimensiones del área del experimento La Compañía, Carazo. Primera, 1996	27
5 Altura (cm) en diferentes etapas del maíz La Compañía, Carazo. Primera, 1996	32
6 Comportamiento de la densidad poblacional y rendimiento . La Compañía, Carazo. Primera, 1996	33
7 Porcentaje de incidencia de acame y cogollero La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	35
8 Comportamiento del diámetro, peso seco del rastrojo y olote a los 128 días después de la siembra. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	37
9 Contenido medios de macronutrientes (%) en los tejidos del follaje antes de la floración. La Compañía, Carazo. Primera, 1996	40
10 Contenidos medios de micronutrientes (ppm) en los tejidos del follaje antes de la floración. La Compañía, Carazo. Primera, 1996	41
11 Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de nitrógeno por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	44
12 Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de fósforo por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	47
13 Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de potasio por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	50
14 Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de calcio por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	53

Tabla No.....	Página
15 Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de magnesio por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	56
16 Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de sodio por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	58
17 Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de azufre por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	.61
18 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de boro por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	63
19 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de hierro por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	66
20 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de cobre por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996	69
21 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de manganeso por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.	72
22 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de zinc por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996	75
23 Concentración de macronutrientes y micronutrientes presentes en el suelo . La Compañía, Carazo. Primera, 1996	78

INDICE DE FIGURA

Figura No	Pagina
1 Comportamiento de las precipitaciones en La Compañía, Carazo Primera, 1996	25

RESUMEN

El presente trabajo se llevó acabo en la Finca Experimental "La Compañía", en el Departamento de Carazo en la época de primera de 1996 en suelos jóvenes de origen de cenizas volcánicas de textura franco limosa con elevado contenido de potasio, bajo contenido de fósforo, con pH neutro, buen drenaje y bajo contenido de materia orgánica. Basándose en sus propiedades puede ser adecuado para la mayoría de los cultivos. El propósito de este experimento fue evaluar las concentraciones encontradas en las plantas y extracciones realizadas por las mismas, a la vez medir el grado de significancia que estos elementos causaron en las diferentes variables evaluadas en el ensayo, realizando una correlación para verificar los datos obtenidos. En las concentraciones analizadas la mayoría de los elementos no reflejaron ningún efecto significativo en la planta a excepción del fósforo y sodio en el rastrojo. En cuanto a las extracciones ningún micro y macro nutrientes jugaron un efecto significativo a excepción del cobre en el rastrojo. En tanto a las concentraciones en el suelo únicamente el fósforo presentó significancia. Por su parte la correlación entre las variables (cuantitativas y Cualitativas), como altura de la planta, densidad poblacional, rendimiento, diámetro, peso del rastrojo y olote obtuvieron muy pocas analogías significativas, sin embargo es interesante la analogía que se presenta entre algunas variables.

I. INTRODUCCION

.El maíz (*Zea mays*, L.), pertenece al grupo de cereales ampliamente cultivado en el mundo, ocupando este el tercer lugar ya que se encuentra distribuido en muchos países y ha producido el más alto rendimiento por unidad de área.

Muchas investigaciones se han realizado debido a la gran importancia socio – económica, de este cultivo en el país. Este trabajo viene a contribuir con todas aquellas personas dentro del ramo de la agricultura y principalmente a productores de maíz, proporcionándole a través de una experimentación de cuatro meses en el campo datos que podrían resultarle de ayuda e información. Este estudio evaluó las variables (*Spodoptera frugiperda*, acame, altura de planta, diámetro, nutrientes de la planta y el suelo), para conocer la influencia positiva o negativa que ejercen sobre el maíz.

En Nicaragua, el maíz es un cultivo alimenticio muy importante en la dieta nacional y aunque el área se ha aumentado, el rendimiento promedio no ha aumentado. El contenido de proteínas es elevado (10 a 12%), con 70% de carbohidratos, de 3 a 4% de aceites y 2% de fibras (Somarriba, 1997).

FAO (1995), indica que la superficie cultivada en Nicaragua para este año fue de 224,000 hectáreas con un rendimiento de 1,314 kg/ha, los que no son rendimientos satisfactorios.

Según evaluaciones del MIDINRA (1983), plantea que la respuesta del maíz a los fertilizantes nitrogenados es positiva, excepto en suelos recientemente incorporados a la agricultura cuando la cantidad de nitrógeno es inorgánica o cuando problemas de acidez u otros nutrientes existentes. En las condiciones del trópico las exigencias del maíz del elemento de nitrógeno traen efecto negativo en la fertilidad natural del suelo, cuando se cultivan de forma intensiva y sin prácticas agronómicas adecuadas.

Por su parte, Talavera (1996) plantea que la dosis adecuada de nitrógeno es de 120 kg/ha para obtener un rendimiento de 6 tn/ha.

El INTA (1995) recomienda una fertilización nitrogenada de 97 kg/ha para el cultivo de maíz.

Según Somarriba (1997), el nitrógeno es necesario para síntesis de clorofila y como parte de la molécula de clorofila tiene un papel en el proceso de fotosíntesis. Este estimula el desarrollo de vegetal, la calidad del grano, además lo necesitan durante su ciclo de vegetativo.

La cantidad de fósforo que la planta demanda es baja en comparación con nitrógeno y potasio. Este es un elemento importante para la nutrición del maíz. La concentración de fósforo es mayor en plantas jóvenes que las partes que crecen más activamente. Entre sus funciones está controlar el tamaño del tallo y la formación de la mazorca.

El maíz necesita grandes cantidades de potasio, esencialmente para su crecimiento vigoroso, aunque nunca forma parte de las proteínas ni de los compuestos orgánicos. Así mismo, este cultivo necesita en menores cantidades micronutrientes para un buen crecimiento y desarrollo de la planta.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto de la incorporación de leguminosas en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz, así como las extracciones de nutrientes por este cultivo.

Objetivo específico

Determinar la correlación que existe entre: crecimiento, desarrollo y el rendimiento del maíz con los nutrientes extraídos por la planta de maíz.

Evaluar la relación existente entre los nutrientes extraídos y la incidencia del acame y cogollero en el Maíz.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades de las leguminosas en estudio

2.1.1 *Mucuna pruriens*

Taxonómicamente es nombrado como *mucuna pruriens*, aunque recibe otros nombres, para los centroamericanos es terciopelo, para los norteamericanos se llama judía aterciopelada de florida. Este es originario de China, luego introducidos a centros experimentales de Estados Unidos encaminándose así América del sur, cultivándose actualmente en México y Honduras, tomando auge en Nicaragua (Vallecio *et al.*, 1998).

Su ciclo vegetativo es de 6 meses para poder cosechar dando una producción de 1,290 kg/ha. Es un fijador de nitrógeno dejando aproximadamente en el suelo 451 kg/ha de urea sin haber utilizado abono orgánico y cuando la planta está totalmente descompuesta en el suelo deja 38,728 o más kg/ha de materia orgánica (Vallecio *et al.*, 1998).

El grano es grande y de color blanco, generalmente se encuentra cultivado por pequeños productores quienes han tenido resultados satisfactorios con la incorporación de este, así como para otros usos, alimento humano y animal, mejorar la fertilidad de los suelos (Vallecio *et al.*, 1998).

2.1.2 El mungo

El mungo que en latín se llama *Vigna radiata* su origen es de China, por eso algunos productores lo llaman frijol Chino, la semilla es verde y pequeña, del tamaño de un grano de sorgo. Este frijol produce semilla sin necesidad de tanta asistencia, es resistente a la sequía y no tolera que el terreno se encharque (Vallecio *et al.*, 1998).

Se siembra en Septiembre para cosechar en Diciembre, a una distancia de 20.32 cm entre surco, emerge a los 4 días y florece a los 33 días después de la

siembra, cosechándose a los 55 días después de la siembra, dejando una producción de 2,065 kg/ha. En el primer año de incorporado es poco lo que aporta de nitrógeno, sin embargo, en el siguiente año hay mayor disponibilidad de este elemento, según experiencias de productores, las vainas no maduran parejo por lo que lo arrancan verde, observándose que las vainas que se dejan en la planta para semilla se secan a los 75 días después de la siembra, su uso es igual que el frijol mucuna (Vallecio *et al* ,1998).

2.1.3 El canavalia

El Canavalia es originario de la India, su nombre científico es "*Canavalia ensiforme*" y que en latín quiere decir **en forma de espada**, en América hay 30 especies diferentes y nombrado de diversas manera: en Colombia es conocido por frijol machete, frijolón y frijol de playa; en Venezuela frijol de puerco y hierba de burro; en Nicaragua es Canavalia aunque en algunas regiones le llaman frijol de chancha.

El fruto es una vaina ancha de 30.48 cm de largo el grano es grande y de color blanco. Emerge a los 3 días después de la siembra y florecen a los 3 meses, resiste mas el encharcamiento aunque los granos en la vaina no toleran la lluvia, se puede establecer en suelo pedregosos y en suelo de tierra bajas, según experiencias de los productores en suelos arenosos y secos puede subsistir superando al terciopelo, las guías tienden a trepar menos en el cultivo, el uso es igual a las dos anteriores.

2.1.4 El caballero

Según (Binder,1995), Es del Nordeste de India, tiene una altura de 40 – 80 cm, la semilla es de color pardo pálido o negro, hilo blanco y sobresaliente.

Crece en suelos pobres y con poco contenido de fósforo; pH de 4.5 a 7.8, óptimo de 5.0 a 7.0; textura arenosa o arcillosa. Es tolerante al exceso de aluminio y manganeso. No soporta salinidad.

El rendimiento de semilla es de 516 kg/ha – 1,290 kg/ha. Un corte o pastoreo en la prefloración favorece la formación de vainas mas elevadas del suelo y facilita la cosecha.

Las variedades se clasifican según su ciclo en variedades precoces 2 meses (20 –30 días hasta la floración), semitardías de 3 –5 meses y tardías de 6 – 7 meses. En Nicaragua se conocen las variedades highworth y rongai.

2.1.4.1 Variedad *highworth*

De tallos, hojas y vainas violáceas, flores de color púrpura, semillas negras, semiáridas, ciclo 120 –150 días; es sensible al fotoperíodo, si se siembra de postrera florece al mes y no crece mas. Tiene un rendimiento de semillas unido a una producción suficiente de biomasa. Las vainas son fibrosas y no son aptas para consumo humano(Binder,1995)

2.1.4.2 Variedad *rongai*

De flores blancas y semillas grandes de color castaño, tardío, ciclo 280 –320 días. En Nicaragua, el ciclo es mucho mas corto (110 – 150 días); es menos sensible al fotoperíodo y, por tanto, se puede sembrar de postrera. Apto para el consumo de vainas tiernas (Binder,1995)

En general se utiliza como alimento humano y animal, planta medicinal y en relevo con maíz y sorgo. Se siembra como abono verde y cobertura contribuyendo a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, se siembra a 50 cm entre surco y 8 semillas/m lineal (4,518 kg/ha), produce 25,818 kg/ha de materia verde en 4 – 6 meses y 3,872 – 3,855 kg/ha de materia seca, en relevo con maíz llega a producir 907 kg/mz de materia seca (Binder,1995)

2.2 La leguminosa

La nodulación de las leguminosas es un fenómeno frecuente; sin embargo, hay unas que no pueden ser infectadas por el *Rhizobium* y por lo tanto no fijan nitrógeno (Binder, 1995).

Se ha observado que el 90 % de las *papilionáceas* y el 90 % de las *mimosáceas* poseen nódulos. Mientras que esto solo ocurre con el 30 % de las *cesalpináceas*. Esto demuestra que la fijación de nitrógeno no es un factor obligatorio en la nutrición de las plantas (Binder, 1995).

Según Binder (1995), en efecto, las leguminosas pueden por lo general alimentarse de nitrógeno de dos formas diferentes:

Por absorción del nitrógeno del suelo en forma de nitratos a través de las raíces.

Por fijación del nitrógeno atmosférico, que penetra por el suelo hasta los nódulos donde es reducido a amoníaco por la nitrogenasa, una enzima, de la cual disponen las bacterias *Rhizobium*. Este amoníaco luego se transforma en amonio para producir aminoácidos y proteínas en la bacteria o en la planta huésped.

Ambos mecanismos funcionan en los cultivos de leguminosas.

Para economizar nitrógeno del suelo (y fertilizante) es importante aumentar la proporción de fijación de nitrógeno y de reducir la proporción de absorción. Desgraciadamente cuando la planta tiene las dos fuentes de N, NO_3^- y la fijación se reduce.

2.3 Características agronómicas de las leguminosas

2.3.1 Productividad potencial

Las leguminosas tienen una productividad potencial frecuentemente menor que la de los cereales. Esto se debe a los siguientes hechos:

Son plantas C_3 forman azúcares a partir de compuestos con 3 átomos de carbono y no de 4), por lo tanto aprovechan menos el CO_2 , o sea tienen un sistema fotosintético menos eficiente. Esto es una desventaja en zonas cálidas.

Son plantas con una pobre utilización de la luz, tienen un alto índice de área foliar (p.e 8 para soya), pero un bajo coeficiente de transmisión de la luz, es decir que las hojas bajas no hacen fotosíntesis.

Son plantas con una repartición de productos fotosintéticos poco eficiente o sea, hay un bajo nivel de transporte de productos de asimilación hacia los granos.

La abundante floración que generalmente se presenta en las leguminosas está determinada por la luz. Desgraciadamente muchas flores no logran formar frutos, frutos jóvenes tienden a caerse antes de su maduración y las semillas jóvenes tienden a abortar. Además, las leguminosas tienen una floración y maduración muy escalonada, lo cual dificulta la cosecha (varios pases) y frecuentemente las vainas son muy dehiscentes. Todo esto ocasiona rendimientos de granos bajos o irregulares.

El *Rhizobium* compite por el suministro de producto de fotosíntesis (energía) con los órganos reproductivos jóvenes (flor y fruto).

Las leguminosas son ricas en proteínas (20 - 25 %); este carácter muy frecuentemente actúa en forma negativa con el rendimiento. Sin embargo, el alto contenido de proteínas de las leguminosas las hace útil para la alimentación humana debido a su excelente valor nutritivo.

2.3.2 Conservación y mejoramiento de los suelos

Uno de los valores de los cultivos de leguminosas consiste en la capacidad de restablecer la fertilidad de los suelos y mejorar su condición física. Actúan de la siguiente manera:

Mejoramiento de las propiedades físicas del suelo (estructura, capacidad de retención de agua, infiltración y resistencia a la erosión) gracias a la protección del suelo por la cobertura, que ejercen las hojas bien desarrolladas.

Mejoramiento de la aireación del suelo debido al extenso y profundo sistema radicular.

Fijación de nitrógeno atmosférico.

Aprovechamiento de nutrientes poco solubles y de nutrientes en capas más profundas.

Enriquecimiento del suelo en materia orgánica a través de los residuos de cosecha.

2.4 Características ecológicas de las leguminosas

2.4.1 Reacción a temperatura y humedad

Las leguminosas requieren más agua que los cereales. Sobre todo necesitan mucha humedad en la época de germinación (2- 3 veces más que los cereales y en la fase de floración y fructificación (Binder, 1995).

Muchas leguminosas son relativamente resistentes a la sequía por su sistema radicular pivotante y profundo que les permite explorar un volumen grande de suelo y resistir períodos alargados de sequía. Dentro de estas variedades tenemos: *Cajanus cajan* (Gandul), *Phaseolus acutifolios* (frijol blanco), *Vigna unguiculata* (Cawpea) Frijol terciopelo y *Canavalia ensiformi*. La soya y el frijol común se distinguen por su alto consumo de agua (Binder, 1995).

Las leguminosas tropicales reaccionan negativamente al exceso de humedad en el suelo y a la proximidad del nivel freático *Canavalia ensiformi*, *Vigna radiata*, *Lablab purpureus*, etc (Binder, 1995).

2.4.2 Reacción a la luz

La mayoría de las leguminosas tropicales pertenecen a las plantas de días cortos, florecen cuando el fotoperíodo es de 10 a 13 hrs, ó sea son sensibles al fotoperíodo (*Vigna radiata*, *Canavalia*, *Mucuna*, *Cajanus*, *Glicine*) (Binder, 1995).

La especie *Phaseolus* no reacciona a la variación de la prolongación del día y pueden ser referidas al grupo de plantas neutras (tolerantes al fotoperíodo). (Binder,

1995).

La floración y la producción de semilla exigen una alta iluminación (Binder, 1995).

La actividad fijadora de los nódulos está directamente ligada a la fotosíntesis. Además las leguminosas son escasas en las asociaciones vegetales campestres, densas, bajo el follaje de otras plantas y en ambiente de poca luz (Binder, 1995).

2.4.3 Reacción a los tipos de suelo

Las leguminosas crecen bien en suelos neutros o moderadamente ácidos. Algunas especies prosperan también en suelos ácidos y son tolerantes a altas concentraciones de aluminio, manganeso y al bajo contenido de fósforo, como por ejemplo variedades de Caupí, dolicho, maní, soya, canavalia y muchas especies forrajeras. En suelos pesados (textura arcillosa) la mayoría no prospera (Binder, 1995).

Algunas leguminosas tienen poco requerimientos en la fertilidad del suelo: gandul, terciopelo, dolicho, arvejas se desarrollan bien en suelos pobres. Al contrario soya, frijol común demanda muchos nutrientes y buena estructura para producir rendimientos altos (Binder, 1995).

2.5 Características deseables de leguminosas tropicales

Según Binder (1995), el fitomejoramiento de las leguminosas debe llevarse a cabo bajo los siguientes criterios:

Adaptación ecológica: Esto incluye requerimiento bajo de nutrientes, fijación de nitrógeno eficiente sin necesidad de *Rhizobium* específicos y alta producción de materia seca durante la estación seca (leguminosas forrajeras).

Resistencia a plagas y enfermedades (*Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia spp*,

Fusarium ssp, *Xanthomonas phaseoli* y otras).

Alto potencial de producción de semillas de calidad.

Ausencia de componentes que limitan el valor nutritivo:

glucócido de ácido cianhídrico en *Phaseolus lunatus*, hemoglutinina en canavalia, *Glycine*, *Lablab*, *Phaseolus*, aminoácidos neurotóxicos en *Lathyrus* y *Leucaena* (mimosina), saponinas en soya, alcaloides en lupinos y mucuna (dopamina).

2.6 Usos de las leguminosas y su importancia económica

2.6.1 Usos

Las leguminosas tienen usos muy variados, según (Binder, 1995)

- a) Alimentación humana: La planta entera como verdura, fruto (vaina), granos oleaginosos (soya, maní), granos proteínicos (frescos y secos), semillas germinadas.
- b) Alimentación animal: plantas silvestres en potreros y terrenos en abandono, plantas cultivadas para granos y forrajes verde, ensilaje, pastoreo.
- c) Abono verde: mejoramiento del suelo, incremento de la materia orgánica, incremento de la fertilidad del suelo, etc.

2.7 Importancia económica

Además de las leguminosas oleaginosas que son productos que hacen mercados internacional, la importancia económica de las leguminosas no es muy clara. Esto se debe a numerosos usos y al grado de auto consumo (Binder, 1995).

2.8 Conceptos generales

2.8.1 Extracciones

Corresponde a las cantidades de elementos fertilizantes efectivamente extraídos

por el cultivo y son diferentes según que se trate de un cultivo para grano o para silo, sobre todo por lo que respecta al potasio (Bartolini, 1990).

2.8.2 Extracción biológica

Es la extracción de sustancias nutritivas del suelo por todas las partes de la planta (Yagodín, 1982).

2.8.3 Contenido óptimo

Es cuando los elementos esenciales en el medio ambiente que rodea las raíces de las plantas, tienen adecuadas concentraciones en la solución del suelo, y en sus mecanismos de disponibilidad. Se asume que la planta puede absorberlos sin problema (Kass, 1996).

2.8.4 Deficiencia

Cuando un elemento tiene una concentración baja, en la solución del suelo, respecto a su contenido óptimo normal.

2.8.4.1 Deficiencia visual

Cuando un elemento tiene una baja concentración dentro de las plantas, se producen desórdenes fisiológicos que se conocen como “**Síntomas visuales de deficiencia**”.

2.8.4.2 Deficiencias inducidas

Si hay altos contenidos de un elemento en la solución del suelo, éste puede bloquear la absorción del otro elemento (Kass, 1996).

2.9 Antagonismo

Es el proceso por el cual dos elementos se oponen con la tendencia de uno a ocupar el lugar del otro (López & Bayona, 1991).

Ejemplo:

Exceso de P : Insuficiencia de Cu, Zn, Fe

- Exceso de N : Insuficiencia de Cu
- Exceso de C : Insuficiencia de B, Mn, Zn

2.10 Sinergismo

Es el proceso mediante el cual la presencia de un elemento aumenta la absorción de otro por parte de la planta (López & Bayona, 1991).

2.11 Toxicidad

Cuando la concentración o contenido de un elemento en el agrosistema suelo – raíz es excesivamente alto, se afecta el desarrollo normal de la planta (Kass, 1996)

2.12 Suelo

Es una combinación ordenada de minerales, materia orgánica, aire, agua y organismos vivos Hughes(1992) citado por Kass(1996).

2.13 Fertilidad del suelo

La capacidad del suelo para suministrar a los diferentes cultivos, cada uno de los elementos nutritivos a lo largo del desarrollo de los mismos (Domínguez, 1990).

La nutrición vegetal, básica para un óptimo desarrollo de los cultivos, depende de la capacidad del suelo para suministrar todos y cada uno de los elementos nutritivos, en la forma, cantidad y momento adecuados a las exigencias del mismo.

La situación del suelo en relación con esta capacidad de abastecer las necesidades de la planta en los diferentes elementos nutritivos es lo que se denomina **FERTILIDAD DEL SUELO** (Domínguez, 1997).

2.14 Altura de la planta

El tallo es el eje central de la planta, son cilíndricos en la base y ovalado hacia el ápice, su longitud se considera una característica varietal, pudiendo tener longitudes de 0.5 m hasta 6 m. Aunque para las variedades corrientes cultivadas la altura varía

de 2 a 3 m. La altura tiene mucha importancia cuando se relaciona con la recolección mecanizada (Somarriba, 1997).

Somarriba (1997), plantea que la altura de la planta es una forma para detectar el estrés hídrico, esto se realiza comparando la altura de planta de los bordes con las que están dentro. Si hubo un estrés hídrico o deficiencia nutritiva, las plantas de los bordes serán más altas que las que están completamente rodeadas.

2.15 Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Constituye en muchas zonas productoras de maíz, la plaga más importante y contra lo que se debe control de insecto.

El impacto económico de los ataques varía de un campo a otro dependiendo de las densidades de población de la plaga, estructuras de las edades, etapa fenológica del cultivo, densidad de siembra y variedad entre otros (Somarriba, 1997).

2.16 Funciones de los elementos fósforo, calcio, molibdeno y azufre en las leguminosas

Las leguminosas tienen relativamente altos requerimientos de fósforo, se supone que en muchos suelos tropicales la deficiencia de fósforo es el factor limitante para la fijación de Nitrógeno. El buen suministro de fósforo se presenta a través de un mayor número de nódulos y también por un aumento del periodo de nodulación, ya que la infección de las raíces por las bacterias inicia mas pronto (Binder., 1995).

Un mejoramiento del suministro de fósforo se logra a través de aplicaciones de roca fosfórica. Para facilitar la absorción de fósforo por las raíces es recomendable mejorar la estructura del suelo a través de un aumento del contenido de materia orgánica (Binder, 1995).

El calcio promueve la infección de las raíces. La cantidad de calcio

necesarias para una buena infección son mayores que los requerimientos de la plantas (Binder ,1995).

El molibdeno forma parte de la nitrogenasa y participa en la transferencia de electrones para la reducción de nitrógeno molecular. La concentración de molibdeno dentro de los nódulos es más alta que en las plantas. En suelos con baja disponibilidad de molibdeno (pH bajo) disminuye la actividad de los *Rhizobium* (Binder ,1995).

El azufre es un nutriente importante para las leguminosas, ya que influye tanto en la cantidad y calidad de las proteínas sintetizadas como también forma parte de la nitrogenasa. Para no empobrecer los suelos, hay que evitar las quemas, que por un lado provocan el escape de azufre en forma de gas y por otro lado el descenso del contenido de materia orgánica, la cual funciona como un almacén de azufre(Binder,1995).

2.17 La simbiosis fijadora de nitrógeno

Definición de simbiosis: Es un mutualismo, o sea es la interacción obligatoria y dependiente entre dos especies, de la cual ambas salen beneficiadas (Binder,1995).

Los beneficios recíprocos de la simbiosis fijadora de nitrógeno se basan en la asociación de bacterias del género *Rhizobium* con la mayoría de las plantas de las familias de las leguminosas. Esta asociación provoca la formación de un nuevo órgano, el nódulo que se localiza en las raíces de las plantas. Es en el nódulo donde se lleva a cabo la fijación de nitrógeno atmosférico (Binder, 1995).

2.18 Resultados de estudios realizados con leguminosas

El frijol mungo (*Vigna radiata*) con rendimiento de biomasa de 4.20 ton/ha, un aporte de 64 kg/ha y con una cobertura satisfactoria, *Dolichous lablab* con rendimiento de biomasa 4.72 ton/ha, un aporte de nitrógeno de 68 kg./ha y una cobertura

satisfactoria (Santos *et al.*, 1995 citado por Binder 1995).

El mungo aportó la mayor cantidad de biomasa seca 4.92 ton/ha, seguido por el *Dolichous lablab* 2.98 ton/ha (Binder & Rugama, 1994 citado por Binder, 1995).

Estos mismos autores aseveran que en cuanto a la capacidad de fijación de nitrógeno molecular, terciopelo obtuvo el segundo lugar con 5.32 g y mungo con 4.94 g.

El porcentaje de nitrógeno en materia seca en Posoltega es *Dolichous lablab* con 1.7%, *Canavalia ensiforme* 0.95% y *Vigna radiata* 1.6%; en Estelí el *Dolichous lablab* con 2.5% y *Vigna radiata* 1.52% (Binder, 1995).

2.19 Contenido de nutrientes en el maíz

En el maíz, la absorción de nutrientes se anticipa considerablemente sobre la producción de materia vegetal. Así, cuando la planta solo ha alcanzado un 30% de desarrollo ya ha absorbido el 45 % de fósforo, el 55 % de nitrógeno y un 70 % de potasio, corresponde al período de aparición de panojas y sedas (Domínguez, 1997).

La absorción de la mayoría de los elementos nutritivos que extrae el maíz del suelo se realiza en un período de unos 50 a 60 días, con el período de máxima actividad centrado en torno a la floración (Domínguez, 1997).

Según Domínguez (1997), plantea que los niveles adecuados de nitrógeno, fósforo y potasio en el maíz son del orden de 3 %, 0.33 % y 2 % respectivamente y alcanza niveles de deficiencia por debajo de 2.3 %, 0.3 % y 1.5 %.

El contenido de calcio en la planta no es, en la mayoría de los casos tan alto como el de potasio. Las gramíneas poseen menores concentraciones de calcio. Ellas, poseen frecuentemente menos de 1 % de calcio en la materia seca

(Arzola *et al.*, 1986).

2.20 Nutrientes de la planta

2.20.1 Nitrógeno

Este elemento nutritivo es absorbido por las raíces en forma nítrica (NO_3^-) de asimilación rápida por todas las plantas y de forma amónica (NH_4^+), cuya intensidad de absorción varía con las distintas especies vegetales (García & García, 1982). Parece ser que el nitrógeno es el de mayor y más rápido efecto de los alimentos en la planta. Tiende en principio a favorecer el crecimiento vegetativo e impregnar un favorable color verde a las hojas. En el maíz aumenta la corpulencia de los granos y su porcentaje de proteínas predominando de forma orgánica dentro de la planta, ligado a aminoácidos y proteínas en forma reducida (Manovola, 1980 citado por Domínguez, 1997).

Por tal razón el nitrógeno dentro de la planta actúa de forma específica, participa en procesos metabólicos y aunque este no pasa a ser parte del protoplasma, incrementa la masa protoplasmática, sustancia que se hidrata fácilmente y produce succulencia foliar (Kass, 1996).

2.20.2 Fósforo

El fósforo, elemento fundamental e indispensable para el crecimiento de los vegetales, raíces, tallos, hojas, flores y frutos, es absorbido en forma fosfato (García & García, 1982).

El papel de fósforo es importante en los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas siendo una fuente primaria de ATP y forma parte de las coenzimas NAD y NADP por su participación en la síntesis de proteínas (Kass, 1996), siendo este elemento fundamental para el desarrollo y la maduración de las semillas y de las raíces y además tiene función preeminente en el metabolismo de las grasas y del nitrógeno (Bartolini, 1990).

2.20.3 Potasio

El potasio es un elemento principal en la nutrición de las plantas (García & García, 1982).

Las raíces de las plantas lo absorben de la solución del suelo en forma iónico (K^+), este nutriente participa en diversos procesos dentro de las plantas como respiración, fotosíntesis, síntesis de clorofila y regulación del contenido hídrico (Kass, 1996).

La presencia en el suelo de una adecuada cantidad de potasio tiene relación con el vigor del crecimiento de las plantas. Es más, aumentando la resistencia de los cultivos a ciertas enfermedades y fortalecimiento del sistema radical retrasando la madurez por el exceso de nitrógeno y el sazonamiento por exceso de fósforo (Buckman & Brady, 1985).

A pesar de su alta movilidad y de estar presente en muchas funciones de la planta no llega a formar parte de un solo compuesto orgánico, su deficiencia disminuye el crecimiento y pone al cultivo en condiciones indeseables como incremento de enfermedades, rompimiento del tallo (INPOFOS, 1990).

2.20.4 Calcio

Todas las plantas necesitan calcio para formar los tabiques de las células, lo que da la consistencia y permeabilidad adecuada para la absorción nutritiva de las raíces y la circulación de la savia (García & García, 1982).

Según Domínguez (1997), el calcio es absorbido en menor proporción que el potasio, sin embargo se extrae por la planta en cantidad muy superior debido a que el contenido de calcio en la solución del suelo es generalmente unas 10 veces mayor que la del potasio. Por otra parte, se ha comprobado que el calcio solo es absorbido por las partes jóvenes de la raíz (Clarkson & Sanderson, 1978; citado por Mortvedt *et al.*, 1983).

Este elemento juega un papel esencial en la estabilidad de las membranas y es básico para la absorción de elementos nutritivos y varios procesos metabólicos de las plantas (Domínguez, 1997).

Halley (1992), plantea que el calcio es el principal regulador del pH del suelo, por lo que una baja concentración del mismo puede inhibir el crecimiento de las plantas y aumentar la acidez del suelo.

2.20.5 Magnesio

Es un componente fundamental de la clorofila (Bartolini, 1990) una parte apreciable del contenido total en la planta se halla en los cloroplastos de las células de las hojas (Domínguez, 1997).

El magnesio es un elemento móvil dentro de las plantas y participa en casi todas las reacciones que ocurren dentro de ellas, como activador enzimático (Kass, 1996).

También desarrolla una actividad importante en los cloroplastos mediante el intercambio con el ion hidrógeno (H^+), en la asimilación del CO_2 (Domínguez, 1997).

Las plantas lo absorben de la solución del suelo como ion magnesio (Mg^{+2}), este elemento tiene relaciones antagónicas con el calcio y potasio. Si la cantidad de Mg es baja en relación con esos dos elementos en forma catiónica, disminuye su velocidad de absorción por las raíces de las plantas (Kass, 1996).

La carencia de magnesio produce clorosis y paralización de la fotosíntesis. Normalmente los suelos agrícolas bien dotados de calcio no causan defectos de magnesio pero si se observan carencia en las plantas (García & García, 1982).

2.20.6 Sodio

El sodio se encuentra en todos los suelos y en todas las plantas, donde su carácter radioactivo, le confiere una función fisiológica semejante al K, por intervenir en la

fotosíntesis clorofílica y participar como regulador del agua de transpiración (García & García, 1982).

En ciertas condiciones, el sodio sustituye al potasio sobre todo a las plantas de origen marino, en la que pueden ser esencial un poco de sodio, por ejemplo: la remolacha azucarera, sin embargo el sodio no puede sustituir por completo al potasio, ya que el primero no participa en los procesos enzimáticos activados por el segundo (Halley, 1992).

2.20.6 Azufre

Además de la forma iónica SO_4^{-2} en que se absorbe el azufre, existen numerosos compuestos orgánicos en los que se integra en su forma reducida. Forma parte en otros compuestos de los aminoácidos esenciales, cistina y metionina, de las coenzimas A y de las vitaminas bitionina y tiamina, etc.

Otra forma de absorción es mediante el anhídrico sulfuroso del aire que penetra en la planta por los estomas de las hojas (Domínguez, 1997).

Por su participación en gran número de compuestos y reacciones, la presencia de azufre dentro de las plantas es muy importante para que tenga: una optima actividad fotosintética y respiratoria, adecuado contenido de ácidos grasos, especialmente en las plantas oleaginosas, una fijación simbiótica eficiente de nitrógeno molecular, especialmente en plantas leguminosas, una síntesis eficiente de proteínas y buena estabilidad estructural (Kass, 1996).

Los valores de asimilación de azufre por los cultivos tropicales son similares a los del fósforo, su concentración oscila entre 0.1 a 0.3%. (Sánchez, 1981; citado por Buckman & Brady, 1985).

2.20.7 Boro

Kass, (1996) plantea que el boro es un elemento esencial para el crecimiento celular de tejidos meristemáticos, para la polinización y la traslocación de azúcares y

almidón.

Las plantas lo absorben de forma de ácido bórico (H_3BO_3) y en menor cantidad en forma de borato $H_2BO_3^{-1}$. Su asimilación por las plantas aumenta en presencia de humus y disminuye frente a su antagonista calcio. La borocarencia reduce el desarrollo vegetal produciendo necrosis en las raíces, tallos, hojas, flores y frutas (García & García, 1982).

Las plantas de maíz no alcanza 1 m de altura, muestra un rallado blanco característico y el rendimiento es muy bajo (Lees, 1980).

2.20.7 Hierro

El hierro puede ser absorbido por las plantas como ion ferroso (Fe^{+2}) y como ion férrico (Fe^{+3}) (Kass, 1996).

El ion ferroso asociado a complejos orgánicos en forma de quelatos, se encuentra con más facilidad a disposición de las plantas por su solubilidad, si bien su absorción es lenta ya que requiere la separación del hierro y el complejo (Domínguez, 1997).

En las plantas forma parte de los proteidos, cuyo 70 % se encuentra en los cloroplastidios de las hojas o corpúsculos verdes, donde se realiza la fotosíntesis clorofílica, lo que denota la importancia fisiológica de este elemento (García & García, 1982).

En resumen para el hierro existe una estrecha relación entre las funciones estructurales y enzimáticas en las que participa dentro de las plantas, muy difíciles de desglosar (Kass, 1996).

La absorción del hierro es influida por la temperatura. También es afectada por la competencia de otros cationes tales como cobre, zinc y manganeso (Domínguez, 1997).

La absorción del hierro se encuentra estrechamente relacionada con el pH del suelo (Halley, 1992).

La deficiencia de hierro es muy similar a la de magnesio, manifestándose mediante una clorosis que, en este caso, dada la inmovilidad de este elemento, comienza en los brotes y las hojas más jóvenes (Domínguez, 1997).

2.20.8 Cobre

El contenido de cobre es aún menor que los encontrados de otros elementos metálicos como: hierro, manganeso y zinc. Normalmente, el contenido de cobre es inferior a 20 ppm sobre la base seca (Domínguez, 1997).

El cobre es absorbido como ion cúprico. (Cu^{+2}) o cuproso. (Cu^{+1}) o como parte de complejo orgánicos, pero en muy bajas cantidades. Si en el ambiente suelo – raíz hay alto contenido de fósforo, molibdeno y zinc su absorción disminuye.

Este elemento es esencial para el metabolismo de la planta, es parte integral de compuestos enzimáticos lo que constituye su función más importante dentro de la planta (Kass, 1996).

2.20.9 Manganeso

La absorción del manganeso se realiza bajo la forma de ion manganeso (Mn^{+2}) (Domínguez, 1997).

El manganeso tiene funciones similares al hierro. Es muy conocida su participación en la fotosíntesis, en la síntesis de clorofila y en la formación y funcionamiento de cloroplastos. Es importante en reacciones de oxidación – reducción y es un activador enzimático importante en la respiración y el metabolismo del nitrógeno (Kass, 1996).

En las reacciones de la respiración, el manganeso puede ser sustituido por otros cationes divalente, Mg^{++} , Ca^{++} , Zn^{++} , Fe^{++} . La sustitución del manganeso más

frecuente, es la que realiza el magnesio (Devlin, 1979).

Todos los suelos contienen manganeso, dominando en los de color rojizos. No obstante, las carencias se deben a la presencia de su antagonista, calcio, que impide la asimilación.

La carencia del manganeso se manifiesta en las hojas por estrías verdes grises, irregularmente distribuidas (García & García, 1982).

2.20.10 Zinc

Las plantas necesitan cantidades muy pequeñas de zinc que pueden ser inducidas por la aplicación excesiva de cal. La abundancia de zinc puede ser tóxica para las plantas y ocasiona deficiencia inducida de hierro (Halley, 1992).

El zinc es un micronutriente esencial para los procesos enzimáticos formando metalo – enzimas y aunque no participa en las reacciones de oxidación reducción dentro de las plantas, si participa en las síntesis de auxinas, como ácidos abscisico (AIA) (Kass, 1996).

Se dice que este elemento es absorbido por las plantas como ion Zn^{+2} . Generalmente se acumula en la corteza de la raíz mediante un proceso de cambio de bases, presentando un contenido de este en la planta sin que se supere normalmente las 100 ppm sobre base seca (Domínguez, 1997).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del ensayo

El estudio de investigación se realizó en la estación experimental "La Compañía", ubicado en el Departamento de Carazo a 45 km de Managua, en la época de primera.

La zona está caracterizada por estar a una altitud 480 msnm, ubicado a 11° 54' Latitud Norte y 86° 9' Longitud Oeste. Las precipitaciones medias anuales de 1200 – 1500 mm, con una temperatura media anual de 22 °C y la humedad relativa de 85%

3.1.1 Tipo de suelo

La topografía es plana con pendiente de 6% a 7%, suelos franco limosos, textura media (*Typic Durandepf*) perteneciente a la serie Masatepe, Clase II (Tapia & Camacho, 1988).

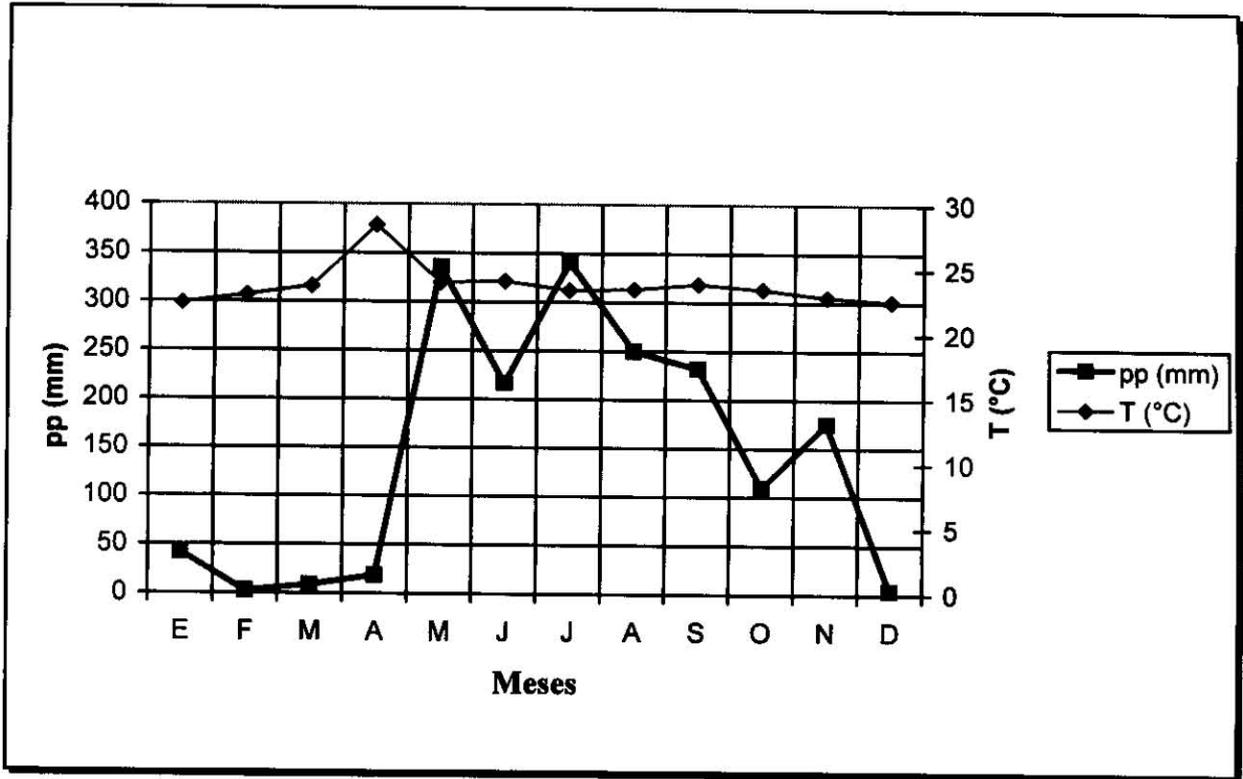
La principal fuente de ingreso es la producción de granos básicos principalmente maíz y frijol. Sin embargo los productores cosechan para el autoconsumo y compra de elementos suntuarios.

Tabla 1. Propiedades Químicas del Suelo, La Compañía. Carazo. Primera, 1996.

Componentes químicos	VALOR	Clasificación
pH (H ₂ O)	7.780	La
MO (%)	1.760	p
SB (%)	51.59	-
Ce (mmhos / cm)	0.130	-
P total (ppm)	392	-
K (meq / 100 cc)	3.080	a
Ca (meq 7 100 cc)	19.69	a
Mg (meq 7 100 cc)	7.830	a
CIC	62.31	Ma

Fuente: AGROLABORATORIO CERES S.A -Guatemala ,1996

La: Ligeramente alcalino, a: alto, m: medio, p: pobre, Ma: muy alto (Quintana *et al*,1983).



Fuente INETER, Estación Campos azules, 1996.

Figura 1. Comportamiento de las precipitaciones. La Compañía, Carazo. Primera, 1996

3.2 Descripción del experimento

3.2.1 Diseño experimental

El ensayo se estableció en un diseño de Bloques completos al Azar (BCA) con cuatro bloques y siete tratamientos. Todos los tratamientos tuvieron la misma preparación del suelo (un pase de arado y dos pases de grada) y la siembra se realizó manual utilizando la variedad NB-12. La única diferencia entre los tratamientos es que en el ciclo anterior (postrera,1995), se sembró diferentes leguminosas incorporándose al suelo antes de la floración, utilizando sorgo pinolero como testigo, la incorporación de las leguminosas se realizó de acuerdo al ciclo vegetativo de cada una.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos. La Compañía, Carazo, Postrera, 1995

Tratamientos	Descripción
T ₁	Canavalia (<i>Canavalia ensiformes</i>)
T ₂	Caballero (<i>Dolichous Lablab</i> , variedad Rongai)
T ₃	Frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L) Rev 84
T ₄	Sorgo Pinolero (variedad, <i>Sorgum bicolor</i>)
T ₅	Mungo (<i>Vigna radiata</i>)
T ₆	Caballero (<i>Dolichous Lablab</i> , variedad Highworth)
T ₇	Mucuna (<i>Mucuna pruriens</i>)

3.2.2 Características de la variedad NB-12

El experimento se decidió realizar con la var.NB-12, ya que es una variedad mejorada que se ha ido adaptando a la zona, su periodo a la madurez fisiológica es media (100 - 105 días), también al igual que la variedad NB-6 es resistente al achaparramiento. Además se pretende que sea otra variedad alternativa para pequeños y medianos productores de la zona.

Otra razón por lo que se utilizó la variedad NB-12, es porque se interrumpe el efecto sobre insectos, malezas y enfermedades, logrando interrumpir el ciclo biológico de estas por su corto ciclo vegetativo (García, 1998).

Tabla 3. Características de la variedad NB-12

Var	NB-12
Días a flor	58
Días a cosecha	115
Redto (kg/ha)	3,880 – 4,518
Región	II, III y IV
Altura de planta	236
Procedencia	PNM

PNM : Programa nacional de maíz. Nicaragua (García, 1998).

Tabla 4. Dimensiones del área del experimento. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

Descripción	Largo x Ancho (m)	Area (m ²)
Area Parcela útil	5.6 x 7	39.2
Area entre Repetición	8 x 1	8
Area en las 7 Repetición	-	330.4
Area entre Bloque	42.2 x 2	94.4
Area Total	47.2 x 38	1,793.6

3.3 Variables evaluadas en el cultivo de maíz

3.3.1 Variables evaluadas en el crecimiento

Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo del maíz se tomaron al azar muestras de 10 plantas a las cuales se les determinó a lo largo del ciclo las siguientes variables:

3.3.1.1 Altura de planta

Medida desde la base del tallo hasta la apertura de la hoja de bandera. A los 24, 31, 38, 52, 66 días después de la siembra.

3.3.1.2 Diámetro del tallo

Se realizó al final de la cosecha 128 días después de la siembra, medida en mm en el entrenudo inferior de la inserción de la mazorca.

3.3.2 Variables de plagas y enfermedades

3.3.2.1 Cogollero

De cada tratamiento se tomó 30 plantas al azar, a los 59 días después de la siembra. Medida en número de plantas afectadas las cuales fueron transformadas a porcentajes. El nivel de infestación de esta plaga fue bajo, sin embargo se le aplicó insecticida methamidophos (tamarón, Filitox cs 60, monitor).

3.3.2.2 Acame

Esta medición se realizó de forma visual en toda el área experimental, alcanzando un porcentaje de plantas afectadas a los 66 días después de la siembra. Este parámetro está estrechamente relacionado con la profundidad del suelo, la cantidad de nitrógeno aportado por las leguminosas, como las condiciones climáticas.

3.3.3 Variables en el tejido de la planta

3.3.3.1 Análisis foliar

Se realizó en la etapa de prefloración 66 dds, se recolectaron 30 hojas por parcela de estas se seleccionó 1/3 central de la hoja. Luego se sometieron a un proceso de secado a 70 °C por un periodo de 48 horas. Finalmente se les realizó el análisis foliar de contenido de nutrientes en el laboratorio (K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn y Zn).

3.3.4 Variables evaluadas a la cosecha

3.3.4.1 Rendimiento

Medido en kg/ha una vez finalizada la cosecha (128 dds), para esto al final de la cosecha se realizó el secado del grano de forma natural (luz solar), luego se procedió a pesarlo y moler aproximadamente 50 gramos de cada tratamiento para enviarla al laboratorio para analizar los contenidos de elementos presentes en el

grano.

3.3.4.2 Peso seco del rastrojo y olote

Al concluir la cosecha se separó el rastrojo y el olote presente en cada tratamiento, las cuales se sometieron a un proceso de secado de 48 horas bajo una temperatura de 70 °C, luego se procedió a pesarlas para obtener el peso seco del rastrojo y olote, después se molieron aproximadamente 50 gramos en cada muestra para ser enviadas al laboratorio y conocer el contenido de cada elemento en sus tejidos. Estos elementos fueron N, P, K, Ca, Mg, Na, S en porcentajes y el B, Fe; Cu, Mn y Zn en partes por millón.

A partir de estas concentraciones se obtuvieron las extracciones para cada una de las partes, a través de la siguientes formulas:

$$\text{Extracción (kg/ha)} = \frac{\text{P.S (kg/ha)} \times [\text{Concentración}] \text{ en } \%}{100}$$

$$\text{Extracción (kg/ha)} = \frac{\text{P.S (kg/ha)} \times [\text{Concentración}] \text{ en ppm}}{1000000}$$

P.S : peso seco del olote, rastrojo y grano.

El P.S es el valor de cada una de las variables.

Concentraciones en % de: N, P, K, Ca, Mg, Na y S.

Concentraciones en ppm de: B, Fe, Cu, Mn y Zn.

3.3.5 Análisis estadístico

Las variables en estudio se sometieron a un análisis de separación de medias realizada por DUNCAN, para detectar diferencias significativas entre los tratamientos utilizando el programa estadístico SAS.

3.3.6 Manejo Agronómico

La preparación del suelo consistió en realizar la limpia con machete, luego un pase de arado y dos pases de grada, el 8 de Junio de 1996.

La siembra del cultivo se efectuó el 12 de Junio de 1996, utilizando la variedad NB-12. Según INTA (1995), es una variedad intermedia para la siembra de primera, postrerón y postrera por su alto potencial de rendimiento y su tolerancia al achaparramiento.

La siembra se hizo de forma manual dejando dos semillas por golpe, obteniendo una dosis normal de siembra de 1,360 kg/ha.

La distancia de siembra fue de 80 cm entre surco y 20 cm entre plantas, obteniendo una densidad real de 26000 a 35000 plantas por hectárea.

Al ensayo no se le aplicó ningún fertilizante químico, únicamente se efectuó una aplicación de tamarón a los 35 días después de la germinación para el control del cogollero a dosis de 1 l/ha, sin embargo, el rastreo incorporado en el ciclo anterior realizó las funciones de un abono orgánico en los diferentes tratamientos donde se sembró maíz, el cual se desarrolló únicamente con el aporte de nutrientes residuales dejados por las diferentes variedades de leguminosas.

El control de malezas del cultivo se realizó con azadón 30 días después de la germinación.

La cosecha se efectuó de forma manual al llegar a la madurez fisiológica, el 7 de Octubre de 1996.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Altura de planta

Los datos analizados en la Tabla 5, reflejan que a los 24,31,38,52 y 66 días después de la siembra no obtuvo efecto significativo y DUNCAN señala una sola categoría estadística, considerándoles iguales entre sí, exceptuando la medición realizada 24 dds en la que existen tres categorías.

Finalmente la mayor altura de las plantas 66 dds se obtuvo en el tratamiento cinco con 171.87 cm y el T₄ con 171.25 cm, en el primero se incorporo *Vigna radiata* (mungo) y el segundo sorgo pinolero. Este comportamiento puede ser debido a que el Mungo es una especie de leguminosa resistente a la sequía y humedad, además tiene la capacidad de fijar nitrógeno vital para el desarrollo de la planta no así el sorgo que no soporta el exceso de humedad pero sí una sequía prolongada, característica que les proporcionaron un óptimo, desarrollo como para que la materia seca incorporada en el ciclo anterior aportara nutrientes. Así la altura que alcanza la planta está directamente influenciada por las condiciones ambientales, entre estas encuentran: la humedad, la temperatura, calidad y cantidad de luz, el efecto de las leguminosas y el gradiente de fertilidad.

Según Arzola *et al.*(1986), argumentan que las plantas bien nutridas de nitrógeno son vigorosas, de un verde intenso y presentan un buen desarrollo.

**Tabla 5. Altura (cm), en diferentes etapas del maíz. La Compañía, Carazo.
Primera, 1996**

Tratamiento	24 DDS	31 DDS	38 DDS	52 DDS	66 DDS
	cm				
T ₁	9.85 ab	29.42 a	45.51 a	91.17 a	167.82 a
T ₂	9.61 a	27.65 a	44.87 a	88.98 a	163.42 a
T ₃	10.51 ab	30.41 a	36.82 a	90.13 a	168.25 a
T ₄	11.12 b	31.48 a	49.31 a	98.38 a	171.25 a
T ₅	10.33 ab	30.95 a	47.95 a	94.38 a	171.87 a
T ₆	9.92 ab	24.50 a	44.56 a	85.88 a	158.05 a
T ₇	10.28 ab	30.06 a	48.75 a	94.35 a	170.62 a
% cv	8.23	11.57	17.39	12.18	9.94
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS

DDS: Días después de siembra

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab-var Rongai*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichos lablab-var Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

4.2 Densidad poblacional y rendimiento

En cuanto a la densidad poblacional el mayor número de plantas se encontró en el tratamiento que se incorporó Caballero variedad rongai con 41,900.51 plantas/ha y el menor número donde se incorporó Sorgo pinolero con 35,363.52 plantas/ha. DUNCAN establece una categoría estadística y el ANDEVA no establece un efecto significativo.

Estas densidades se deben al bajo ataque de plagas durante la siembra y la etapa vegetativa, al poco uso de labores agrícolas que contribuyan a causar pérdidas principalmente en los primeros 40 DDE (días después de la emergencia).

Por otro lado la densidad poblacional juega un papel de importancia en el experimento, pero en este caso no fue determinante debido a que el tratamiento con mayor densidad poblacional no produjo la mayor producción de grano. Según Ballesteros (1986), estos resultados contradicen a todos aquellos autores que

señalan una repuesta positiva del incremento de la densidad poblacional sobre el rendimiento.

El rendimiento por unidad de área se ve influenciado por varios factores como: la humedad, la temperatura y la nutrición según (MIDINRA,1983).

Se considera que el peso del grano fue influenciado positivamente por las diferentes especies de leguminosas utilizadas como cultivos antecesores: *Vigna radiata*, *Dolichous highworth* y *rongai*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, *Phaseolus vulgaris* y *Sorgum bicolor* los que mejoraron el nivel de fertilidad, además de los factores antes mencionados.

Según la Tabla 6, donde se incorporó mucuna se obtuvo el más elevado rendimiento con 2,493.97 kg/ha y el más bajo donde se incorporo caballero negro con 1,930.09 kg/ha. DUNCAN establece una categoría estadística y el ANDEVA al 95 % de confianza demuestra que no existe un efecto significativo.

Tabla 6. Comportamiento de la Densidad poblacional y rendimiento. La Compañia, Carazo. Primera,1996.

Tratamiento	Densidad poblacional plt/ha	Rendimiento kg/ha
Canavalia (<i>Canavalia ensiformes</i>)	37,454.95 a	2324.45 a
Caballero(<i>Dolichous Lablab var Rongai</i>)	41,900.51 a	2323.08 a
Frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	40,816.32 a	2266.06 a
Sorgo pinolero (<i>Sorgum bicolor</i>)	35,363.52 a	2264.34 a
Mungo (<i>Vigna radiata</i>)	37,053.57 a	2309.05 a
Caballero (<i>Dolichous lablab var Highworthl</i>)	39,094.38 a	1930.09 a
Mucuna (<i>Mucuna pruriens</i>)	37,244.89 a	2493.97 a
% cv	15.28	19.57
ANDEVA	NS	NS

4.3 Acame y cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

De acuerdo a la Tabla 7, el acame y el *Spodoptera frugiperda* (Cogollero), presentaron un efecto no significativo sobre el cultivo del maíz y el análisis estadístico realizado por la prueba de rangos múltiple de DUNCAN establece una categoría estadística.

El tratamiento que presentó mayor daño ocasionado por acame fue donde se incorporo *Mucuna Pruriens* con 41.48 % y el menor con 27.29 % donde se estableció *Canavalia ensiformes*. Los factores que contribuyeron con este nivel de pérdidas fueron las altas precipitaciones acompañadas por fuertes vientos que se presentaron durante el ciclo agrícola y quizás en menos proporción los macronutrientes y micronutrientes absorbidos por el maíz.

Usualmente el viento produce la fuerza que origina la desviación lateral. La fuerza aplicada a la base de la planta no es determinada solamente por el viento, si no por la altura y el peso de la misma, así como, por la cantidad de lluvia que puede adherirse, señalan Arzola *et al.*,(1986).

Elevados niveles de nitrógeno dan una mayor producción de tejido, mayor peso de la planta y altas densidades disminuyen el diámetro provocando la susceptibilidad al acame en el maíz (Cuadra,1988).

En cuanto al cogollero, este afectó más el Tratamiento cinco (mungo) con 16.86 % de daño y el Tratamiento seis fue el menos afectado (Caballero var.Highworth) con 9.57 % de daño. El nivel de infestación de esta plaga en el ensayo no fue determinante ya que se presentaron precipitaciones constantes lo cual contribuye a través del control biológico ahogando las larvas que se encontraban en el cogollo. Resultados similares obtuvo Leiva (1988), lo cual incidió favorablemente sobre el rendimiento.

En el maíz la plaga más importante del follaje es el gusano cogollero. Esta plaga puede bajar la producción del maíz hasta un 60 %. La intensidad de daño causado por la larva de cogollero en el área foliar depende de su edad, tamaño, momento de infestación y número de larvas (INTA 1996).

Tabla 7. Porcentaje de incidencia de acame y cogollero. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

Tratamiento	Acame 66 DDS	Cogollero 59 DDS
%		
Canavalia (<i>Canavalia ensiformes</i>)	27.29 a	14.56 a
Caballero (<i>Dolichous Lablab-var, Rongai</i>)	27.73 a	13.61 a
Frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	35.48 a	12.61 a
Sorgo pinolero (<i>Sorgum bicolor</i>)	33.02 a	12.11 a
Mungo (<i>Vigna radiata</i>)	33.29 a	16.86 a
Caballero (<i>Dolichos lablab-var.Highworth</i>)	33.70 a	9.57 a
Mucuna (<i>Mucuna pruriens</i>)	41.48 a	16.82 a
% cv	17.16	60.62
ANDEVA	NS	NS

4.4 Influencia de la incorporación de las leguminosas en el comportamiento del Diámetro y peso seco del rastrojo y olote.

En la Tabla 8, se refleja que no existen diferencias significativas en las tres variables y la prueba de DUNCAN señala una categoría estadística que las considera iguales entre sí, sin embargo numéricamente las variables en estudio difieren entre sí.

El mayor diámetro tiene un valor de 17.94 mm y el menor 16.50 mm de diámetro los cuales no tienen gran diferencia. En el primero se incorporó *Caballero variedad rongai* y en el segundo *sorgo pinolero*.

Agronómicamente el diámetro del tallo es importante ya que le proporciona a la planta resistencia contra el volcamiento o acame provocado por las condiciones

climáticas, nivel de nitrógeno en el suelo, alta densidad poblacional, este último

disminuye el diámetro.

El maíz es un cultivo que tiene gran demanda de nutrientes y se caracteriza por su elevada capacidad de asimilarlo. De ahí que para obtener una buena cosecha sea indispensable suministrarle al suelo sustancias nutritivas necesarias para la planta, cuando no se encuentra en cantidades adecuadas para su desarrollo entre estas figuran: el nitrógeno, el fósforo y el potasio (Glanze,1973).

El rastrojo tiene características beneficiosas cuando este es utilizado en zanjas aboneras, incorporación, barreras muertas, etc, ya que al descomponerse totalmente mejora la fertilidad del suelo y le ayuda a mantener la humedad de este.

En la Tabla 8 se observa que el mayor peso seco del rastrojo de maíz se presentó donde se incorporó *Dolichous lablab* de la variedad rongai obteniendo 3765.62 kg/ha.

Según Binder, (1995), El *Dolichous lablab* (rongai), aporta en materia seca 2.8 t/ha/50 días en Posoltega y 3.4 t/ha en Jalapa. En la cosecha 960 kg/ha en Posoltega y en otras literaturas entre 800 - 1000 kg/ha.

Según Tracy & Pérez (1987), los rastrojos de maíz, sorgo y frijol retienen un 35 % de nitrógeno y fósforo, y 70 % de potasio extraído del suelo por el cultivo.

En el peso seco del olote no existe diferencia significativa, sin embargo hay diferencias numéricas teniendo el mayor peso seco donde se incorporo *Canavalia ensiformis* con 790.36 kg/ha.

Somarriba (1997), plantea que para las localidades de Masatepe y Managua se determinó un mayor peso del rastrojo, al rotar el maíz con leguminosas. Esto comprueba el efecto positivo de las leguminosas como cultivos antecesores al maíz.

El maíz en rotación con leguminosas de grano mostró un mejor engrosamiento de sus tallos, un mayor peso del chilote y una mayor producción de biomasa que en rotación con el sorgo.

Tabla 8. Comportamiento del diámetro, peso seco del rastrojo y olote a los 128 días después de siembra. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

Trat	Diámetro mm	Rastrojo kg/ha	Olote kg/ha
T ₁	17.33 a	3208.68 a	790.36 a
T ₂	17.94 a	3765.62 a	700.51 a
T ₃	16.78 a	2789.05 a	510.41 a
T ₄	16.50 a	2662.75 a	578.12 a
T ₅	16.52 a	2074.21 a	598.83 a
T ₆	17.25 a	3700.51 a	687.49 a
T ₇	17.79 a	3526.03 a	736.97 a
% cv	11.67	8.95	16.80
ANDEVA	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab-var.Rongal*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichos lablab-var.Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

4.5 Contenido de nutrientes en el follaje antes de la floración

El análisis estadístico realizado no demostró diferencia significativa de los macro y microelementos sobre la biomasa antes de la floración de la planta (Tabla 9 y 10).

La prueba de rangos múltiples de DUNCAN establece una sola categoría para el fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, azufre, boro, hierro, cobre, manganeso y zinc, considerándoles iguales entre sí.

Según Jones (1972) citado por Howeler (1983), quien realizó un estudio en las concentraciones de los nutrimentos en la hoja debajo de la mazorca de maíz a la iniciación de la formación del cabello, estableció rangos bajo, medio y alto, clasificando las concentraciones encontradas dentro de estos rangos, como:

- Deficiente : Manganeso
- Bajo :Potasio magnesio
- Entre bajo a deficiente: Cobre
- Suficiente : Zinc, Fósforo, Calcio y Hierro
- Alto : Boro

Las concentraciones de fósforos en el follaje de las plantas de maíz al inicio de la floración marcó los valores entre 0.26 a 0.29 % de fósforo (Tabla 9). De acuerdo a los rangos establecidos por Jones (1972) citado por Howeler (1983), esta concentración es óptima.

La deficiencia de manganeso puede que se deba a la suficiencia del elemento hierro y a las condiciones climáticas de la zona, ya que en el ciclo del cultivo se presentaron altas precipitaciones.

Según Talavera (1996), asevera que la deficiencia de manganeso ocurre con mayor frecuencia en: suelos muy orgánicos, de pH neutro o alcalino y naturalmente bajos en manganeso, así como el desequilibrio con otros nutrientes tales como calcio, hierro, magnesio; la humedad del suelo también afecta la disponibilidad del manganeso.

Los bajos contenidos de potasio y magnesio antes de la floración pueden deberse a una serie de factores como la humedad, aireación y disponibilidad de nitrógeno en el caso del potasio y calcio para el magnesio es decir antagonismo.

El desequilibrio entre el calcio y magnesio en el suelo acentúan la deficiencia del magnesio, cuando la relación Ca/Mg es muy alta las plantas absorben menos magnesio (Talavera, 1996).

Este mismo autor asevera que el magnesio es antagónico con el potasio y este elemento que es alto en los suelos de La Compañía, por lo que posiblemente es otra causa de los bajos contenidos de ambos elementos en la planta.

El cobre es afectado por la disponibilidad de otros elementos como: el hierro, manganeso y aluminio, por tal razón el contenido de cobre antes de la floración se ve mas influenciado por manganeso y hierro.

Kass (1996), argumenta que la presencia de altos contenidos de fósforo en el sistema suelo / raíz, disminuye la disponibilidad de zinc y cobre para las raíces absorbentes.

No así se comporta el fósforo con respecto al zinc ya que ambos durante esta etapa obtuvieron contenidos óptimos contrario a lo que reflejó los porcentajes en el rastrojo, grano y olote, los cuales demostraron antagonismo con el zinc.

Cabe señalar que otro factor importante es la disponibilidad de fósforo y zinc en la solución del suelo.

El calcio y el hierro, también obtuvieron óptimas concentraciones antes de la prefloración.

Esto puede deberse a un antagonismo común, como es: calcio/ magnesio y hierro/manganeso sin olvidar las variaciones climáticas que influyen en la dinámica de estos elementos.

Halley (1992), menciona que el magnesio se pierde con relativa facilidad del suelo por lixiviación, al igual que el magnesio, al hierro le influye la humedad del suelo.

El único elemento que presentó contenidos altos fue el boro. Según Jones (1972) citado por Howeler (1983), encontró que el boro tiende a acumularse en los márgenes de las hojas de maíz, dando concentraciones de 4 a 5 veces más altas que las encontradas en las hojas integrales.

Esto puede tener algún efecto en las concentraciones de boro encontrado en ciertos tejidos (Mordvedt *et al.*, 1983).

Tabla 9. Contenidos medios de macronutrientes (%) en los tejidos del follaje antes de la floración. La Compania, Carazo. Primera, 1996.

TRAT	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	S %
T ₁	0.27 a	1.71 a	0.34 a	0.19 a	0.03 a	0.10 a
T ₂	0.28 a	1.69 a	0.32 a	0.21 a	0.03 a	0.10 a
T ₃	0.27 a	1.68 a	0.36 a	0.19 a	0.03 a	0.11 a
T ₄	0.29 a	1.66 a	0.36 a	0.21 a	0.03 a	0.11 a
T ₅	0.27 a	1.64 a	0.33 a	0.19 a	0.03 a	0.11 a
T ₆	0.26 a	1.65 a	0.34 a	0.18 a	0.03 a	0.10 a
T ₇	0.27 a	1.69 a	0.31 a	0.18 a	0.03 a	0.11 a
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS	NS
% CV	7.88	7.74	17.10	9.54	15.47	11.08

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab-var.Rongal*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorgum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var,Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

Tabla 10. Contenido medios de micronutrientes (ppm) en los tejidos del follaje ante de la floración. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

TRAT	B ppm	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
T ₁	28.90 a	100 a	4.87 a	12.62 a	35.25 a
T ₂	33.81 a	101.25 a	5.37 a	13.25 a	34.25 a
T ₃	32.13 a	142.50 a	6.12 a	12.12 a	33.12 a
T ₄	29.88 a	107.50 a	5.00 a	12.50 a	36.50 a
T ₅	29.92 a	105 a	4.75 a	13.75 a	34.87 a
T ₆	31.49 a	110.27 a	4.13 a	12.17 a	30.92 a
T ₇	29.88 a	108.75 a	5.50 a	12.62 a	30.87 a
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS
% CV	14.47	16.04	20.40	16.45	17.46

T₁: Canavalla (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab-var. Rongal*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var. Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

4.6 Contenido de nitrógeno en la planta

El nitrógeno es un elemento importante en la nutrición vegetal, es absorbido principalmente como ion nitrato (NO₃⁻) y amonio (NH₄⁺) (Arzola *et al.*, 1986).

Los suelos pueden ganar nitrógeno por cuatro procesos reconocidos, estos son: fijación simbiótica, fijación asimbiótica, adición por lluvia y fertilización (Iginatieff & Page, 1964).

4.6.1 Concentración (%)

En la Tabla 11, el grano presenta mayores contenidos de nitrógeno en comparación con el rastrojo y el olote. Sin embargo estas concentraciones son deficientes al compararlas con los rangos establecidos por Jones (1972) citado por Howeler (1983), al clasificar los valores por debajo de 2.45 % de nitrógeno, como deficientes.

De acuerdo con lo que señala el ANDEVA el nitrógeno no causó ningún efecto significativo, pero la prueba de rangos múltiples de DUNCAN establece tres

categorías estadística para el rastrojo, olote y grano. Sin embargo los bajos porcentajes se deben a la descomposición de las leguminosas durante el ciclo anterior las cuales tienen un sin número de ventajas pero una de sus desventajas es que sus efectos se reflejan a largo plazo, por tal razón la biomasa, grano y olote no cuentan con un contenido adecuado de este elemento.

Otras causas posibles de las bajas concentraciones de nitrógeno es la volatilización, lixiviación, etc. Según Lopez & Bayona (1991), señalan que por lo general el uso de frijol abono no es una practica de rápido impacto productivo.

Lo antes dicho justifica los niveles obtenidos en las diferentes partes de la planta. Así mismo Buckman & Brady (1985) plantean que el nitrógeno aumenta la corpulencia del grano y el rastrojo, de ahí sus mayores valores.

4.6.2 Extracciones (kg/ha)

La mayor cantidad de nitrógeno extraído se encontró en las muestras de grano y rastrojo, las menores en el olote. Estos resultados están de acuerdo a lo expuesto por CIMMYT (1982), que afirma que el nitrógeno favorece el crecimiento vegetativo y tamaño del grano (Tabla 10).

Sin embargo los datos de la Tabla 10 contradicen parcialmente con los obtenidos por Bowen (1981), que afirmaron que la utilización de nitrógeno por parte de la planta de maíz está más favorecida en tallo y hoja, otros autores argumentan que las plantas en maduración envían nutrientes de las raíces a las hojas y de estas a los granos.

El análisis estadístico en la muestra de grano, rastrojo y olote no establece ninguna diferencia significativa y la separación de medias por DUNCAN demuestra tres categorías.

Las mayores extracciones de nitrógeno en el grano se encontraron en el

tratamiento que anteriormente se le incorporó Sorgo con 36.45%. y el menor en el Caballero variedad Highworth con 23.35%.

Tapia *et al.*,(1988), argumenta que generalmente el maíz obtiene repuesta positiva con respecto al nitrógeno a excepción de suelos recientemente incorporado a la agricultura.

Tabla 11. Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de nitrógeno por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo, Primera, 1996.

Tratamiento	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	Nitrógeno		P.S	Nitrógeno		P.S	Nitrógeno	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
T ₁	3208.68 a	0.82 b	26.31 ab	790.36 a	0.73 b	5.76 b	2324.45 a	1.31 ab	30.45 ab
T ₂	3765.62 a	0.78 ab	29.37 ab	700.51 a	0.64 ab	4.48 ab	2323.08 a	1.42 ab	32.98 ab
T ₃	2789.05 a	0.84 b	23.42 ab	510.41 a	0.70 ab	3.57 ab	2266.06 a	1.25 a	28.32 ab
T ₄	2662.75 a	0.77 ab	20.76 ab	578.12 a	0.69 ab	3.98 ab	2264.34 a	1.61 b	36.45 b
T ₅	2074.21 a	0.66 a	13.68 a	598.83 a	0.57 a	3.41 a	2309.05 a	1.34 ab	30.94 ab
T ₆	3700.51 a	0.73 ab	27.01 ab	687.49 a	0.69 ab	4.74 ab	1930.09 a	1.21 a	23.35 a
T ₇	3526.03 a	0.87 b	30.57 b	763.97 a	0.72 ab	5.50 ab	2493.97 a	1.42 ab	35.41 b
% cv	18.95	12.03	20.98	16.80	13.71	17.44	19.57	14.44	21.63
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab-var. Ronga*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var. Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

4.7 Contenido de fósforo en la planta

El fósforo procede originalmente de las rocas ígneas y de los meteoritos en los que se encontró como apatita cristalina (Domínguez, 1997).

La planta se nutre de fósforo principalmente como H_2PO_4 , HPO_4^{-2} . Este macro – nutriente interviene en el desarrollo de la planta, en el ahijamiento de la planta por su influencia en la formación de yemas, en la floración y fructificación, en la formación de semillas, etc. (Arzola *et al.* , 1986).

4.7.1. Concentraciones (%)

Las concentraciones determinadas al momento de la cosecha son consideradas entre bajas y deficientes ya que son menores de 0.24 % de fósforo. El ANDEVA refleja únicamente efecto significativo sobre el rastrojo y la separación de medias por DUNCAN considera cinco categorías estadísticas para este, el grano y olote una categoría estadística, considerándoles iguales entre sí (Tabla 12).

Según Jones 1972) citado por Howeler (1983), los granos tienen un contenido más bajo de, nitrógeno potasio y calcio, pero más alto de fósforo que las hojas, lo cual se contradice con los resultados obtenidos en el ensayo ya que sucede lo contrario. Esto puede ser debido a que los contenidos de fósforo presente en el suelo tengan algún efecto sinérgico con otros elementos.

Arzola *et al.* (1986), afirman que actualmente existen datos experimentales sobre reservas en el suelo, las cuales pueden tener un efecto posterior en la asimilabilidad que demuestran que la fijación de fósforo en el suelo no es un proceso irreversible y que de esta forma se pueden crear una fuente de este nutriente para la planta.

Kass (1996), argumenta que el fósforo se encuentra en fuertes concentraciones en los tejidos meristemáticos, sede del crecimiento activo de la planta.

La mayor demanda de fósforo ocurre en la etapa de desarrollo de raíces y de crecimiento vegetal. Eso no significa que no se necesita en otras etapas como floración y producción de frutos, pero la demanda en las últimas etapas normalmente es menor.

4.7.2 Extracción (kg/ha)

La extracción del fósforo no obtuvo efecto significativo sobre el rastrojo, olote y grano. De acuerdo a la prueba de rangos múltiples de DUNCAN se establecen tres categorías en el rastrojo y una para las otras partes de la planta (Tabla12).

La extracción más elevada la registró el rastrojo, seguido de grano y olote. Observándose que el tratamiento con mayor contenido de fósforo en el grano se encontró bajo el sistema que se incorporó Caballero Variedad Rongai con 6.40 kg/ha y el menor donde se incorporó frijol mungo con 2.69 kg/ha.

La mayor concentración de fósforo en el rastrojo con relación al grano puede ser debido a una tardía absorción de este elemento por parte de la planta y por consiguiente una traslocación incompleta a los granos en la fase reproductiva.

Tabla 12. Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de fósforo por diferentes órganos de la planta.
La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

Tratamiento	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	Fósforo		P.S	Fósforo		P.S	Fósforo	
	kg/ha	%	Kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
T ₁	3208.68 a	0.14 a	4.49 ab	790.36 a	0.11 a	0.86 a	2324.45 a	0.09 a	2.09 a
T ₂	3765.62 a	0.17 bc	6.40 b	700.51 a	0.10 a	0.70 a	2323.08 a	0.10 a	2.32 a
T ₃	2789.05 a	0.18 c	5.02 ab	510.41 a	0.08 a	0.40 a	2266.06 a	0.12 a	2.71 a
T ₄	2662.75 a	0.14 a	3.72 ab	578.12 a	0.08 a	0.46 a	2264.34 a	0.09 a	2.03 a
T ₅	2074.21 a	0.13 a	2.69 a	598.83 a	0.07 a	0.41 a	2309.05 a	0.07 a	1.61 a
T ₆	3700.51 a	0.15 ab	5.55 ab	687.49 a	0.08 a	0.54 a	1930.09 a	0.08 a	1.54 a
T ₇	3526.03 a	0.16 abc	5.64 ab	763.97 a	0.09 a	0.68 a	2493.97 a	0.10 a	2.49 a
% cv	18.95	13.85	20.62	16.80	21.66	12.97	19.57	24.22	23.96
ANDEVA	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiforme*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab-var.Rongai*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var,Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

4.8. Contenido de potasio en la planta

El potasio se absorbe por la planta como ion K^+ (Arzola *et al.*, 1986).

El potasio se encuentra en cuatro formas: presente en minerales primarios (Feldepasto, micas), el potasio temporalmente atrapados entre las capas de arcillas expandibles (Illitas, montmorillonitas), potasio intercambiable sostenidos por los coloides del suelo cargados negativamente y una pequeña cantidad de potasio soluble presente en la solución del suelo INPOFOS (1990).

Talavera (1996), señala que los suelos de "La compañía "son ricos en potasio, debido a que estos suelos son volcánicos, y muestran un alto poder de retención de este elemento (Ceido,1971).

4.8.1. Concentración (%)

De acuerdo a la Tabla 13, la separación de medias por DUNCAN establece una sola categoría estadística considerándoles iguales entre sí.

El ANDEVA señala un efecto no significativo del elemento sobre el rastrojo, olote y grano.

Los valores más elevados los obtuvo el rastrojo, seguido del olote y finalmente el grano con contenidos inferiores, el sistema que presentó mayor concentración de potasio en el rastrojo fue donde se incorporo Canavalia con 1.35% y la concentración mas baja fue de 1.09% donde se incorporó frijol común Rev 84 (Tabla 13). Estos resultados coinciden con lo expresado por Arzola *et al.*, (1981), que indica que al distribuirse en la planta el potasio tiende con preferencia a dirigirse hacia las hojas metabólicamente activas y hacia los tejidos meristemáticos.

Lo resultados anteriores reflejan que el uso de las leguminosas en la zona como cultivo antecesor al maíz a pesar de no jugar un papel fundamental contribuyeron a proporcionar contenidos moderados de potasio en la materia seca, buena formación del olote y bajos contenidos de este elemento en el grano, esto

puede ser debido que al final al acercarse la madurez fisiológica de la planta, la velocidad de almacenamiento disminuye.

Domínguez (1997), argumenta que por lo general el potasio además de evitar la podredumbre del tallo y de la raíz, favorece el crecimiento y maduración del grano, evitando la deformación de la mazorca.

El potasio es uno de los macroelementos nutritivos que casi siempre se encuentra en las plantas en cantidades mayores a excepción del nitrógeno (Arzola *et al.*, 1986).

4.8.2 Extracción (kg/ha)

El análisis estadístico con 95% de confianza muestra que la extracción del potasio realizada en los tejidos del rastrojo, olote y grano no reflejó ningún efecto significativo. DUNCAN establece una categoría estadística. Sin embargo se nota que la mayor extracción la realizó el rastrojo, luego el grano y olote (Tabla 13).

La mayor extracción de potasio se obtuvo en el tratamiento que se le incorporó caballero variedad highworth con 47.44 kg/ha en el rastrojo y el menor en el tratamiento cinco donde se incorporó vigna radiata con 24.26 kg/ha.

Tabla 13. Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de potasio por diferentes órganos de la planta.
La Compañía, Carazo, Primera, 1996.

Tratamiento	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	Potasio		P.S	Potasio		P.S	Potasio	
	kg/ha	%	kg/ha	Kg/ha	%	kg/ha	Kg/ha	%	kg/ha
T ₁	3208.68 a	1.35 a	43.31 a	790.36 a	0.97 a	7.66 a	2324.45 a	0.46 a	10.69 a
T ₂	3765.62 a	1.26 a	47.44 a	700.51 a	0.88 a	6.16 a	2323.08 a	0.48 a	11.15 a
T ₃	2789.05 a	1.09 a	30.40 a	510.41 a	0.68 a	3.47 a	2266.06 a	0.51 a	11.55 a
T ₄	2662.75 a	1.18 a	31.42 a	578.12 a	0.89 a	5.14 a	2264.34 a	0.48 a	10.86 a
T ₅	2074.21 a	1.17 a	24.26 a	598.83 a	0.96 a	5.74 a	2309.05 a	0.46 a	10.62 a
T ₆	3700.51 a	1.12 a	41.44 a	687.49 a	0.78 a	5.36 a	1930.09 a	0.44 a	8.49 a
T ₇	3526.03 a	1.26 a	44.42 a	763.97 a	0.90 a	6.87 a	2493.97 a	0.48 a	11.97 a
%CV	18.95	26.56	24.51	16.80	24.65	21.70	19.57	11.41	19.74
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab-var. Rongal*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var. Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

5.9. Contenido de calcio en la planta

Es absorbido por la planta como ion calcio (Ca^{2+}) (Kass, 1996).

Existen tres tipos de componentes de calcio en el sistema suelo/planta: la fracción mineral (Feldepasto, calizas, apatitas, y variados compuesto de fósforo), la fracción adsorbida al complejo coloidal, juega un papel excelente de floculante, el Ca^{++} en la solución del suelo (Domínguez, 1997).

Es esencial para la germinación, crecimiento del tubo polínico y en la división celular Marcarenha & Maehlis(1986); citado por Azola *et al.*, (1986).

La mayor importancia del calcio es como mejorador del suelo, para mantener un nivel adecuado de los microorganismos y formación del humus (Arzola *et al.*, 1986)

5.9.1. Concentración (%)

Las mayores concentraciones de calcio se reflejaron en el peso seco del rastrojo, consideradas suficientes y las menores en el olote y grano clasificándose entre bajas a deficientes. Este parámetro se estableció sobre la base de los proporcionados por Jones (1972) citado por Howeler (1983), al clasificar como suficiente las concentraciones de calcio entre 0.21 % a 0.10 %, y deficiente para los valores menores de 0.10 % de calcio (Tabla 14).

Sin embargo, el análisis estadístico señala que no existen diferencias significativas y DUNCAN establece una categoría para las concentraciones de calcio en los tejidos de olote y grano. No así sucede con el rastrojo que tiene tres categorías (Tabla 14).

Cabe señalar que los valores obtenidos por el rastrojo se deben a que la planta los absorbió durante la prefloración y no los transportó para las diferentes partes de las plantas, lo cual tiene relación con lo planteado por Kass (1996), al

señalar que el calcio es considerado un elemento inmóvil dentro de la planta y que existe poca traslocación del calcio en los tejidos conductores del floema, lo cual genera deficiencia en el órgano de almacenamiento (grano) y acumulación en el rastrojo.

5.9.2 Extracción (kg/ha)

La mayor extracción de calcio la realizó el rastrojo seguido del grano y olote. Sin embargo al aporte de calcio no fue significativo para las variables.

La separación de medias por DUNCAN, establece tres categorías para el rastrojo y una para el olote y grano considerándolas iguales entre sí (Tabla 14).

El mayor aporte de calcio en el rastrojo lo obtuvo el sistema bajo incorporación de *Mucuna pruriens* con 19.04 kg/ha y el más bajo por *Vigna radiata* con 6.22 kg/ha.

Tabla 14. Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de calcio por diferentes órganos de la planta
La Compañía, Carazo, Primera, 1996.

Tratamiento	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	Calcio		P.S	Calcio		P.S	Calcio	
	Kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
T ₁	3208.68 a	0.43 ab	13.79 ab	790.36 a	0.11 a	0.86 a	2324.45 a	0.07 a	1.62 a
T ₂	3765.62 a	0.36 ab	13.55 ab	700.51 a	0.12 a	0.84 a	2323.08 a	0.08 a	1.85 a
T ₃	2789.05 a	0.36 ab	10.04 ab	510.41 a	0.11 a	0.56 a	2266.06 a	0.11 a	2.49 a
T ₄	2662.75 a	0.30 a	7.98 a	578.12 a	0.12 a	0.69 a	2264.34 a	0.06 a	1.35 a
T ₅	2074.21 a	0.30 ab	6.22 a	598.83 a	0.18 a	1.07 a	2309.05 a	0.07 a	1.61 a
T ₆	3700.51 a	0.34 ab	12.58 ab	687.49 a	0.19 a	1.30 a	1930.09 a	0.15 a	2.89 a
T ₇	3526.03 a	0.54 b	19.04 b	763.97 a	0.10 a	0.76 a	2493.97 a	0.10 a	2.49 a
% cv	18.95	20.93	21.07	16.80	36.24	23.81	19.57	29.63	23.22
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalla (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab-var. Rongai*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var. Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

5.10 Contenido de Magnesio en la planta

Las plantas lo absorbe de la solución del suelo como ion magnesio (Mg^{+2}) (Kass, 1996).

En el sistema hay que distinguir las cuatro fracciones siguientes: los minerales que contienen este elemento, que son poco activo en el suelo (Dolomita, Anfiboles, olivino, piróxeno, etc.), el magnesio absorbido en el complejo coloidal en forma cambiante y Mg^{+2} contenido en la solución del suelo (Domínguez, 1997).

5.10 1. Concentración (%)

Según Jones (1972) citado por Howeler (1983), considera un rango óptimo de magnesio entre 0.21 % – 0.4 %, sin embargo, en la Tabla 15 se notó que este elemento mostró valores inferiores en cada una de las partes de las plantas.

El análisis estadístico refleja que las concentraciones de magnesio en las variables fue no significativo, a la vez la comparación de medias por DUNCAN establece una sola categoría estadística tanto para el olote y el grano no así en los tejidos del rastrojo que presentan tres categorías estadísticas (Tabla 15).

Los bajos contenidos de magnesio en el grano, el olote y rastrojo pueden ser debido a las concentraciones superiores de calcio, otro factor que tuvo influencia sobre estas bajas concentraciones de magnesio fueron las altas precipitaciones durante el ciclo vegetativo de la planta, lo cual provocó un posible lavado de este elemento hacia las capas inferiores del suelo disminuyendo así la velocidad de absorción por las raíces de las plantas impidiendo una de las principales funciones del magnesio como es formar parte del proceso fotosintético, regulador osmótico.

La influencia del Magnesio comparada con el Calcio, sobre las propiedades físicas del suelo es poco conveniente por producir, entre otros los siguientes efectos: menor aireación, permeabilidad, y afecta la estabilidad estructural. En general, la baja participación del magnesio puede ser debido a diferentes factores,

según Arzola *et al.*, (1986), puede ser producto del antagonismo que existe entre el magnesio y los elementos calcio y potasio, a la movilidad del magnesio en el suelo, del material de origen y del proceso de formación del suelo.

Sin embargo, los contenidos presente en el rastrojo (Tabla 15) y follaje (Tabla 9) se justifica debido a que el magnesio es un elemento móvil dentro de la planta y participa en casi todo las reacciones que ocurren dentro de ellas, como activador enzimático. Por eso tiene un papel fundamental en las reacciones fisiológicas y bioquímicas internas.

5.10.2. Extracción (kg/ha)

De acuerdo al análisis estadístico del ANDEVA, los datos obtenidos de la remoción de magnesio por las diferentes partes de la planta fueron no significativos, considerando una sola categoría para las variables olote y grano en tanto el rastrojo presentaron tres categorías estadísticas.

La mayor concentración de magnesio en el rastrojo se encontró en el tratamiento dos donde se incorporo caballero variedad rongai con 9.03 kg/ha y la menor extracción se obtuvo en el tratamiento cinco bajo el sistema donde se incorporó frijol mungo con 3.32 kg/ha.

Tabla 15 Concentraciones (%) y extracciones(kg/ha) de magnesio por diferentes órganos de la planta.
La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

Tratamiento	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	magnesio		P.S	magnesio		P.S	magnesio	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
T ₁	3208.68 a	0.22 b	7.05 ab	790.36 a	0.05 a	0.39 a	2324.45 a	0.10 a	2.32 a
T ₂	3765.62 a	0.24 b	9.03 b	700.51 a	0.06 a	0.42 a	2323.08 a	0.11 a	2.55 a
T ₃	2789.05 a	0.20 ab	5.57 ab	510.41 a	0.05 a	0.25 a	2266.06 a	0.11 a	2.49 a
T ₄	2662.75 a	0.18 a	4.79 ab	578.12 a	0.08 a	0.46 a	2264.34 a	0.10 a	2.26 a
T ₅	2074.21 a	0.17 a	3.52 a	598.83 a	0.06 a	0.35 a	2309.05 a	0.10 a	2.30 a
T ₆	3700.51 a	0.17 a	6.29 ab	687.49 a	0.07 a	0.48 a	1930.09 a	0.10 a	1.93 a
T ₇	3526.03 a	0.20 ab	7.05 ab	763.97 a	0.06 a	0.45 a	2493.97 a	0.11 a	2.74 a
% cv	18.95	13.00	20.03	16.80	14.98	24.64	19.57	10.60	23.12
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab-var.Rongai*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorgum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var.Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

5.11. Contenido de sodio en la planta

5.11.1. Concentracion (%)

El contenido de sodio presenta un efecto significativo, para el contenido de sodio en el rastrojo. La prueba de rangos múltiples por DUNCAN al 5% refleja tres categorías en el rastrojo (Tabla 16). No así el resto de variables presenta una categoría estadística.

Sin embargo el olote en el tratamiento uno obtuvo el mayor contenido de sodio de toda la tabla con 0.04% en el sistema abajo incorporación de Canavalia.

Kass (1996), el sodio es considerado un elemento esencial para una planta cuando se demuestra que es vital en algunas o en todas las etapas de su desarrollo.

5.11.2. Extraccion (kg/ha)

Este elemento no reflejó ningún efecto significativo sobre las variables en estudio. DUNCAN definió diferentes categorías estadísticas únicamente en el rastrojo.

Las extracciones se comportaron superiores en el rastrojo, grano y menores en el olote.

El tratamiento extrajo más sodio fue en el rastrojo con 0.75 kg/ha bajo el sistema de caballero variedad rongai.

Tabla 16 Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de sodio por diferentes órganos de la planta.

La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

Tratamiento	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	sodio		P.S	sodio		P.S	sodio	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
T ₁	3208.68 a	0.02 b	0.64 ab	790.36 a	0.04 a	0.31 a	2324.45 a	0.02 a	0.46 a
T ₂	3765.62 a	0.02 b	0.75 b	700.51 a	0.03 a	0.21 a	2323.08 a	0.02 a	0.46 a
T ₃	2789.05 a	0.01 ab	0.27 ab	510.41 a	0.03 a	0.15 a	2266.06 a	0.02 a	0.45 a
T ₄	2662.75 a	0.01 a	0.26 ab	578.12 a	0.03 a	0.17 a	2264.34 a	0.02 a	0.45 a
T ₅	2074.21 a	0.01 a	0.20 a	598.83 a	0.03 a	0.17 a	2309.05 a	0.02 a	0.46 a
T ₆	3700.51 a	0.01 ab	0.37 ab	687.49 a	0.03 a	0.20 a	1930.09 a	0.02 a	0.38 a
T ₇	3526.03 a	0.01 a	0.35 ab	763.97 a	0.03 a	0.22 a	2493.97 a	0.02 a	0.45 a
%CV	18.95	16.12	13.28	16.80	14.54	22.03	19.57	20.31	20.70
ANDEVA	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous lablab-var.Rongai*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var.Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

5.12. Contenido de azufre en la planta

Arzola *et al.*(1986), señala que las plantas generalmente absorben su azufre del SO_4^{-2} del suelo, que proviene en su mayor parte del azufre orgánico transformado por los microorganismos. También puede absorber SO_2 de la atmósfera.

Kass (1996), afirma que el azufre participa en compuestos y reacciones. Su presencia dentro de la planta es importante para que tenga óptima actividad fotosintética y respiratoria, adecuado contenido de ácidos grasos, fijación simbiótica eficiente de nitrógeno molecular, síntesis eficiente de proteínas y buena estabilidad estructural.

5.12.1. Concentración (%)

El análisis estadístico realizado demuestra que no existen diferencias significativas en ninguna variable al igual que la separación de medias por DUNCAN al establecer una categoría estadística para las concentraciones de azufre encontradas en el olote grano y rastrojo (Tabla 17).

Sánchez (1981) citado por Buckman & Brady (1985), asevera que las concentraciones de azufre en los tejidos de las plantas oscilan entre 0.1 % – 0.3 % de azufre. De acuerdo a la tabla 17, los porcentajes encontrados están dentro de este óptimo. Esto se debió a la incorporación de las leguminosas que estaban como cultivo antecesor, lo que está vinculado con lo presentado por (Kass,1996), al apuntar que la disponibilidad del azufre está ligada con el reciclaje de sustancias orgánicas.

Las concentraciones presentaron el orden siguiente: rastrojo, olote y grano. El rastrojo presentó mayores contenidos de azufre con 0.13%, bajo la incorporación de caballero variedad rongai y Mucuna.

Este orden de mayor a menor concentración del azufre se considera que fue provocada por la baja traslocación de este elemento de las partes viejas a las partes jóvenes en la planta.

5.12.2 Extracción (kg/ha)

La extracción de azufre realizada por las diferentes partes de la planta de maíz mostró en el ANDEVA que no hubo ninguna influencia significativa. Reflejando la mayor extracción de azufre el rastrojo, seguido del grano y olote. Todas obtuvieron una categoría estadística según la prueba de DUNCAN.

La mayor extracción de azufre en el rastrojo se reflejó en el tratamiento dos con 4.09 kg/ha bajo la incorporación de caballero rongai y el de menor extracción el tratamiento cinco con 2.28 kg/ha bajo la incorporación de mungo.

Tabla 17. Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de azufre por diferentes órganos de la planta.

La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

Tratamientos	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	Azufre		P.S	Azufre		P.S	Azufre	
	(kg/ha)	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/h a	kg/ha	%	kg/ha
T ₁	3208.68 a	0.11 a	3.52 a	790.36 a	0.10 a	0.79 a	2324.45 a	0.09 a	2.09 a
T ₂	3765.62 a	0.13 a	4.89 a	700.51 a	0.10 a	0.70 a	2323.08 a	0.09 a	2.09 a
T ₃	2789.05 a	0.12 a	3.34 a	510.41 a	0.09 a	0.45 a	2266.06 a	0.08 a	1.81 a
T ₄	2662.75 a	0.10 a	2.60 a	578.12 a	0.11 a	0.63 a	2264.34 a	0.08 a	1.81 a
T ₅	2074.21 a	0.11 a	2.28 a	598.83 a	0.09 a	0.53 a	2309.05 a	0.09 a	2.07 a
T ₆	3700.51 a	0.10 a	3.70 a	687.49 a	0.11 a	0.75 a	1930.09 a	0.08 a	1.54 a
T ₇	3526.03 a	0.13 a	4.58 a	763.97 a	0.10 a	0.76 a	2493.97 a	0.12 a	2.99 a
%CV	18.95	23.33	21.17	16.80	12.15	9.77	19.57	16.53	18.07
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab-var. Rongal*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorgum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var. Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

5.13. Contenido de boro en la planta

El boro es absorbido por las plantas en forma de ácido bórico (H_3BO_3), el cual se mantiene en la solución del suelo sin disociar, siendo el contenido de la solución muy baja entre 0.4 - 5 ppm (Domínguez, 1997).

5.13.1. Concentración (ppm)

La mayoría de las variables obtuvieron un contenido óptimo de boro. De acuerdo a lo planteado por Jones (1972) citado por Howeler (1983), son suficientes entre 2 ppm - 6 ppm y altos de 26 ppm a 35 ppm.

Sin embargo el ANDEVA, refleja un efecto no significativo de este elemento sobre el rastrojo, olote y grano. DUNCAN estableció una categoría estadística para el contenido de boro en las variables en estudio (Tabla 18).

En el tratamiento 1 del rastrojo se localizó las mayores concentraciones de boro con 39.15 ppm y la menor el tratamiento 5 con 17.78 ppm

Lo antes dicho esta relacionado con lo expuesto por Oertli & Richardson (1970) citado por Mortvedt *et al.* (1983), argumentando que el boro trasloca fácilmente en el sistema, pero al llegar a las hojas se vuelve uno de los micronutrientes menos móviles.

5.13.2 Extracción (kg/ha)

El análisis estadístico, demuestra un efecto no significativo del boro extraído por el rastrojo, grano y olote. De acuerdo a un orden descendente, DUNCAN presenta una sola categoría, excepto en el tejido del rastrojo que refleja tres categorías estadísticas. Lo antes mencionado tiene relación con el producto del análisis, sin embargo, hay que tomar en cuenta que la remoción de boro por la cosecha esta influenciada principalmente por pH del suelo y las precipitaciones.

La mayor extracción se dio en el tratamiento 1 del rastrojo con 0.12 kg/ha y las menores en todos los tratamientos del olote

Tabla 18. Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de boro por diferentes órganos de la planta.
La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

Tratam	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	Boro		P.S	boro		P.S	boro	
	kg/ha	ppm	Kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha
T ₁	3208.68 a	39.15 a	0.12 b	790.36 a	19.36 a	0.01 a	2324.45 a	13.72 a	0.03 a
T ₂	3765.62 a	31.55 a	0.11 ab	700.51 a	22.82 a	0.01 a	2323.08 a	14.31 a	0.03 a
T ₃	2789.05 a	20.50 a	0.05 ab	510.41 a	22.08 a	0.01 a	2266.06 a	19.88 a	0.04 a
T ₄	2662.75 a	19.96 a	0.05 ab	578.12 a	24.06 a	0.01 a	2264.34 a	12.60 a	0.02 a
T ₅	2074.21 a	17.78 a	0.03 a	598.83 a	22.28 a	0.01 a	2309.05 a	10.89 a	0.02 a
T ₆	3700.51 a	22.68 a	0.08 ab	687.49 a	16.83 a	0.01 a	1930.09 a	11.93 a	0.02 a
T ₇	3526.03 a	18.87 a	0.06 ab	763.97 a	22.75 a	0.01 a	2493.97 a	23.53 a	0.05 a
%CV	18.95	27.67	31.52	16.80	17.97	27.32	19.57	21.75	23.01
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous lablab-var. Rongai*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var. Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna prurie*)

5.14. Contenido de hierro en la planta

Aunque el Fe^{+3} puede ser absorbido, parece que la forma metabólicamente activa es Fe^{+2} (Arzola *et al.*, 1986).

Domínguez (1997), explica que el papel principal es la intervención de las principales reacciones de óxido reducción, además influye en la formación de clorofila, en la fotosíntesis, y el metabolismo del nitrógeno, etc.

5.14.1. Concentración (ppm)

Las concentraciones de hierro encontradas en las diferentes partes de las plantas, resultaron estar dentro del rango óptimo propuesto por Jones (1972) citado Howeler (1983), entre 21 – 250 ppm.

El ANDEVA no mostró un efecto significativo sobre el contenido de hierro encontrado en el rastrojo, olote y grano, sin embargo DUNCAN establece únicamente diferentes categorías estadísticas en los tejidos del rastrojo (Tabla 19). La mayor concentración se obtuvo en el tratamiento 6, caballero variedad highworth con 100 ppm y la menor en el tratamiento 2 con 50 ppm caballero variedad rongai, ambos del rastrojo.

De acuerdo a las concentraciones de mayor a menor, hubo el siguiente orden rastrojo > olote > grano. Los contenidos óptimos de hierro en la planta se deben a las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo, lo cual permitió que la planta absorbiera la forma oxidada Fe^{+3} y esta se transforma internamente a la forma reducida Fe^{+2} , a la vez ejerció influencia el pH del suelo sobre las formas férricas y ferrosas y el buen manejo del suelo el cual está estrechamente ligado con la incorporación de las leguminosas en el ciclo anterior, mejorando la estructura del suelo.

La disponibilidad de hierro es influenciada principalmente por el pH del suelo y el equilibrio de reducción oxidación entre las formas férricas y ferrosas (

Kass, 1996).

Los bajos niveles de hierro en el suelo obedecen a la presencia de carbonatos libres, alta concentración de bicarbonatos, encharcamiento extremo, cultivo y manejo, presencia de alta cantidades de otros elementos transicionales, alto contenido de fósforo, aireación deficiente, encalamiento excesivo del suelo, bajo contenido de materia orgánica (Kass 1996).

5.14.2.Extracción (kg/ha)

El ANDEVA realizada para la extracción del hierro por parte del rastrojo, grano y olote no mostró efecto significativo. Así mismo, en el orden citado extrajeron el hierro.

La prueba de DUNCAN establece una sola categoría, para las extracciones de hierro por el grano y rastrojo, no obstante para el olote refleja tres categorías estadísticas (Tabla 19)

La mayor extracción en el rastrojo fue con 0.37 kg/ha, bajo la incorporación del frijol caballero variedad highworth y las menores extracciones se obtuvieron en el olote todas con 0.04 kg/ha.

La remoción por la planta está limitada por la forma del hierro. El Fe^{+3} es fácilmente disponible, en tanto que el Fe^{+2} es absorbido muy lentamente por la mayoría de las plantas (Bowen, 1981).

Tabla 19. Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de hierro por diferentes órganos de la planta. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

Tratamiento	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	hierro		P.S	hierro		P.S	hierro	
	kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha
T ₁	3208.68 a	77.50 ab	0.24 a	790.36 a	68.75 a	0.05 b	2324.45 a	43.75 a	0.10 a
T ₂	3765.62 a	50.00 ab	0.18 a	700.51 a	51.25 a	0.03 ab	2323.08 a	45.00 a	0.10 a
T ₃	2789.05 a	71.25 ab	0.19 a	510.41 a	53.75 a	0.02 a	2266.06 a	45.00 a	0.10 a
T ₄	2662.75 a	82.50 ab	0.21 a	578.12 a	50.00 a	0.02 ab	2264.34 a	38.75 a	0.08 a
T ₅	2074.21 a	47.50 a	0.09 a	598.83 a	46.25 a	0.02 a	2309.05 a	41.25 a	0.09 a
T ₆	3700.51 a	100 b	0.37 a	687.49 a	50.00 a	0.03 ab	1930.09 a	42.50 a	0.08 a
T ₇	3526.03 a	73.75 ab	0.26 a	763.97 a	58.75 a	0.04 ab	2493.97 a	43.75 a	0.10 a
%CV	18.95	20.60	28.90	16.80	13.49	26.52	19.57	13.78	27.24
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous lablab-var. Rongai*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var. highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

5.15. Contenido de cobre en la planta

El cobre se encuentra unido al complejo absorbente del suelo como Cu^{+2} y CuOH o en los cristales minerales y materia orgánica. Sin embargo la planta lo absorbe como Cu^{+2} . (Arzola *et al*, 1986).

5.15.1. Concentración (ppm)

El análisis estadístico realizado a través del ANDEVA demostró un efecto no significativo de la concentración de cobre en los tejidos de rastrojo, grano y olote, sin embargo, la prueba de rangos múltiples de DUNCAN establece diferentes categorías estadísticas únicamente en las concentraciones en el grano, no así para el rastrojo y olote que presenta una sola categoría y numéricamente presentan valores muy bajos con relación a los señalados por Jones (1972) citado por Howeler (1983) clasificándolos como deficientes ya que se encuentran por debajo de los valores óptimos que oscilan entre 6 – 20 ppm. Reflejando el siguiente orden rastrojo > olote > grano (Tabla 20).

Esta insuficiencia es muy probable, a la baja concentración de cobre encontrados en el suelo producto de la influencia que tiene el pH del suelo sobre los microelementos, a pH ácidos o bajos el cobre tiende a precipitarse y si es extremadamente alcalino este es muy pobre, lo cual influyo en la absorción de la planta. Esto concuerda con Kass (1996), al señalar que el cobre precipita en condiciones de pH bajo y es retenido más fuertemente por las arcillas.

El cobre es un elemento relativamente inmóvil en la planta aunque puede ser transportado de las hojas viejas a las nuevas, excepto en caso de deficiencia (Domínguez, 1997), lo que tiene relación con los bajos contenidos de este elemento en las diferentes partes de la planta que está evaluando obteniendo mayores concentraciones en el follaje (antes de la floración) que en rastrojo.

5.14.2.Extracción (kg/ha)

El mayor contenido de cobre extraído lo reflejó el rastrojo presentando un efecto significativo, no así en el caso grano y olote donde este elemento no presentó efecto significativo sobre estas variables. La prueba de rangos múltiples de DUNCAN presenta una sola categoría estadística para el rastrojo y grano y tres categorías para el olote (Tabla 20).

Las mayores extracciones de cobre en el rastrojo se observaron en los sistemas bajo incorporación de frijol común, canavalia, mucuna, caballero variedad highworth e igualmente se comportó el testigo sorgo pinolero, con 0.01 kg/ha.

La remoción a través de la cosecha puede ser afectada por diferentes factores, entre ellos: si en el ambiente suelo raíz hay alto contenido de fósforo, molibdeno y zinc, su absorción disminuye (Kass, 1996). Este mismo autor asevera que los suelos minerales con bajo contenido de cobre, presenta generalmente un nivel menor de 6 ppm. También hay menor disponibilidad con alto contenido de materia orgánica y texturas predominantes arenosas.

Tabla. 20. Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de cobre por diferentes órganos de la planta.
La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

Tratamiento	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	cobre		P.S	cobre		P.S	cobre	
		ppm	Kg/ha		ppm	Kg/ha		ppm	Kg/ha
T ₁	3208.68 a	5.12 a	0.01 a	790.36 a	5.62 a	0.01 b	2324.45 a	3.12 ab	0.007 a
T ₂	3765.62 a	6.62 a	0.02 a	700.51 a	5.87 a	0.01 ab	2323.08 a	3.00 a	0.006 a
T ₃	2789.05 a	4.00 a	0.08 a	510.41 a	4.50 a	0.08 ab	2266.06 a	3.00 a	0.006 a
T ₄	2662.75 a	4.00 a	0.08 a	578.12 a	5.00 a	0.09 ab	2264.34 a	3.12 ab	0.007 a
T ₅	2074.21 a	4.12 a	0.06 a	598.83 a	4.87 a	0.01 b	2309.05 a	3.37 ab	0.007 a
T ₆	3700.51 a	4.37 a	0.01 a	687.49 a	5.25 a	0.01 ab	1930.09 a	3.62 b	0.006 a
T ₇	3526.03 a	4.75 a	0.01 a	763.97 a	5.00 a	0.003 a	2493.97 a	3.62 b	0.008 a
%CV	18.95	28.06	18.08	16.80	24.07	30.95	19.57	11.19	18.92
ANDEVA	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab-var.Rongal*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab-var,highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

5.16. Contenido de manganeso en la planta

El manganeso se encuentra como mineral en rocas ferromagnéticas y formando parte de diversos óxidos de hierro y de manganeso. La forma más estable es el óxido de manganeso con mayor grado de oxidación (Mn^{+4}). En la solución del suelo y absorbido en el complejo coloidal se encuentra el ion reducido (Mn^{+2}), que es el absorbido por la planta (Domínguez, 1997).

5.16.1. Concentración (ppm)

Los contenidos de manganeso no mostraron influencias sobre las diferentes partes del cultivo de maíz que se han evaluado. La prueba de rangos múltiples de DUNCAN estableció una categoría estadística, considerándoles iguales entre sí (Tabla 21).

Las concentraciones de manganeso encontradas en las diferentes variables, son deficientes al compararla con los rangos óptimos propuestos por Jones (1967) citado por Howeler (1983), al clasificar los valores menores de 15 ppm como deficientes y entre 20 – 150 ppm son suficientes. Sin embargo el contenido de manganeso se reflejó en el siguiente orden: rastrojo, olote y grano, esta deficiencia de manganeso se considera que fue provocado por el pH del suelo de La compañía que es de 7.78 valor en que el manganeso puede ser deficiente, indicando a la vez niveles más elevados en las hojas inferiores provocado por su poca movilidad en la planta concordando esto con lo planteado por Jones, (1972), que expone que el contenido del manganeso es más alto en hojas inferiores que en hojas superiores, mientras que en los bordes de las hojas hay mayor concentración de manganeso (Tabla 21).

Kass (1996), asevera que el manganeso es un elemento inmóvil dentro de la planta. Domínguez (1997), plantea que el manganeso es directamente transportado a los tejidos en desarrollo en tanto que el movimiento de unos tejidos a otros es lento e improbable.

Tomando en cuenta el pH, las concentraciones serian deficientemente medias.

El manganeso es muy soluble a pH menores de 5.5 (Tapia & García, 1983).

Kass (1996), si en el ambiente suelo – raíz existe altas concentraciones de forma iónicas como: K, Ca, Mg, Fe, Cu y Zn, su velocidad de absorción disminuye.

Otro factor que influyen es su forma reducida, ion manganeso (Mn^{+2}), es el estado de mayor movilidad en el suelo, su deficiencia está confinada a suelos de condición neutra o cercana a la neutralidad, con pH de 6.5 – 7 y suelos alcalinos (Kass, 1996).

5.16.2.Extraccion (kg/ha)

La extracción se realizó en el orden siguiente: rastrojo > grano > olote. El análisis del ANDEVA no señala efecto significativo y la prueba de rangos múltiples de DUNCAN refleja una categoría estadística para las variables olote y grano, y tres categorías para la extracción de manganeso en el rastrojo (Tabla 21).

Tabla 21. Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de manganeso por diferentes órganos de la planta La Compañía, Carazo. Primera, 1996

Tratamiento	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	manganeso		P.S	manganeso		P.S	manganeso	
	kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha
T ₁	3208.68 a	11.25 a	0.03 b	790.36 a	6.75 a	0.005 a	2324.45 a	6.87 a	0.01 a
T ₂	3765.62 a	8.42 a	0.03 ab	700.51 a	7.12 a	0.004 a	2323.08 a	6.25 a	0.01 a
T ₃	2789.05 a	7.50 a	0.02 a	510.41 a	6.62 a	0.003 a	2266.06 a	6.87 a	0.01 a
T ₄	2662.75 a	9.25 a	0.02 ab	578.12 a	7.50 a	0.004 a	2264.34 a	6.00 a	0.01 a
T ₅	2074.21 a	9.25 a	0.01 ab	598.83 a	6.87 a	0.004 a	2309.05 a	6.37 a	0.01 a
T ₆	3700.51 a	11.37 a	0.04 ab	687.49 a	7.25 a	0.004 a	1930.09 a	6.62 a	0.01 a
T ₇	3526.03 a	10.25 a	0.03 ab	763.97 a	7.50 a	0.005 a	2493.97 a	6.50 a	0.01 a
% CV	18.95	17.63	33.15	16.80	19.17	21.18	19.57	16.75	29.96
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab, var. rongai*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero negro (*Dolichous lablab, var. highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

5.17 Contenido de zinc en la planta

El zinc es un micronutriente esencial para procesos enzimáticos, formando metalo enzima, pero no participa en reacciones de oxidación – reducción, dentro de las plantas. Sí participa en las síntesis de auxinas como el ácido absicico (AIA) según (Kass, 1996).

El zinc forma parte de una serie de minerales ferromagnésicos dada su similitud con los iones Fe^{+2} y Mg^{+2} , así como de algunas sales y óxidos. También pueden ser absorbidos como catión cambiante libre (Zn^{+2}) o asociado $\text{Zn}(\text{OH})$, ZnCl^+ , etc. En la solución del suelo se encuentran como ion (Zn^{+2}). El zinc reacciona con la materia orgánica formando complejos tanto soluble como insoluble (Domínguez, 1997).

5.17.1. Concentración (ppm)

El ANDEVA no mostró ningún efecto significativo del elemento zinc con respecto al peso del rastrojo, olote, grano.

Así mismo, DUNCAN refleja solamente una categoría estadística para las variables rastrojo y olote .

Las concentraciones se encontraron distribuidas en forma descendente: rastrojo, olote y grano, siendo esto suficiente según Jones (1972) citado por Howeler (1983). El tejido foliar del maíz (Tabla 22) mostró mayores contenidos de zinc debido a que este influye en la actividad fotosintética y en menor proporción en el rastrojo, olote y grano por lo que se analiza que a medida que la planta madura más disminuye las concentraciones.

La disponibilidad de Zinc se considera que se debió principalmente a que el suelo de la compañía no ha sido fertilizado en los últimos años con fósforo ni sometido a laboreo agrícola intenso; igualmente son suelos que no presentan textura arenosa.

El contenido de zinc es más alto en las hojas superiores que en las hojas inferiores y disminuye con la madurez Jones(1972) citado por Howeler (1983).

El contenido de zinc en las hojas de gran parte de los cultivos sensibles (agrios, frutales, maíz, hortalizas, etc.), se considera que debe ser superior a 20 – 25 ppm (Domínguez, 1997).

El problema para el cultivo no es la capacidad del suelo, sino que afecta la intensidad o la concentración en la solución del suelo que depende del pH (Domínguez, 1997).

La disponibilidad en el suelo disminuye si los valores del pH superan la barrera de 6 – 6.5 unidades (Kass, 1996). Sin embargo, lo antes dicho no se ajusta a los contenidos del zinc presente en la solución del suelo, siendo estos valores bajos.

Otros factores negativos que pudieran afectar la disponibilidad de zinc en el suelo, son las interacciones con otros elementos. Los suelos ricos en fósforo asimilable, reducen la disponibilidad de zinc. Un desequilibrio en la relación P/Zn puede provocar interferencias en las funciones metabólicas del zinc, así como una inhibición fisiológica de la migración del zinc de las raíces de las partes aéreas (Domínguez, 1997).

5.17.2.Extracción (kg/ha)

La prueba de rangos múltiples de DUNCAN señala una categoría estadística y a la vez el ANDEVA no refleja ningún efecto del micronutriente sobre las variables (Tabla 22).

El rastrojo extrajo mayor cantidad de zinc seguido del grano y olote. Los tratamientos 2 y 7 obtuvieron las mayores extracciones con 0.12 kg/ha de toda la tabla.

**Tabla 22. Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de zinc por diferentes órganos de la planta.
La Compañía, Carazo. Primera, 1996.**

Tratamiento	Rastrojo			Olote			Grano		
	P.S	zinc		P.S	zinc		P.S	zinc	
	kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha
T ₁	3208.68 a	31.71	0.10 a	790.36 a	25.12 a	0.01 a	2324.45 a	22.00 a	0.05 a
T ₂	3765.62 a	33.12	0.12 a	700.51 a	26.87 a	0.01 a	2323.08 a	26.00 a	0.06 a
T ₃	2789.05 a	27.62	0.07 a	510.41 a	32.00 a	0.01 a	2266.06 a	25.00 a	0.05 a
T ₄	2662.75 a	36.12	0.09 a	578.12 a	33.50 a	0.01 a	2264.34 a	25.25 a	0.05 a
T ₅	2074.21 a	28.87	0.05 a	598.83 a	25.50 a	0.01 a	2309.05 a	25.12 a	0.05 a
T ₆	3700.51 a	30.75	0.11 a	687.49 a	29.25 a	0.02 a	1930.09 a	26.50 a	0.05 a
T ₇	3526.03 a	34.12	0.12 a	763.97 a	28.37 a	0.02 a	2493.97 a	27.37 a	0.06 a
% CV	18.95	21.36	24.50	16.80	26.63	18.43	19.57	10.98	17.70
ANDEVA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab, var. Rongai*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero (*Dolichous lablab, var. Highworth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

4.18 Elementos en el suelo

El análisis estadístico realizado a los 8 elementos (Fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, cobre, manganeso y zinc), reflejan que no existe efecto significativo de estos elementos encontrados en el suelo, a excepción del elemento fósforo que presentó un efecto significativo (Tabla 23).

La prueba de rangos múltiples realizada por DUNCAN determinó que solo existe una categoría estadística, considerándoles iguales entre si, los elementos hierro, cobre, manganeso y zinc. No así el potasio, calcio, magnesio que presentan tres categorías estadísticas y dos categorías para el fósforo.

Según Quintana *et al.*,(1983), en los suelos de La Compañía el potasio, calcio, magnesio, cobre y zinc obtuvieron contenidos altos; medios el hierro.

Según la guía para la interpretación de análisis de suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG), citado por Kass (1996), clasifica al manganeso como medio, ya que oscila entre 5 – 50 ppm .

La planta mediante la absorción radicular extrae del suelo elementos indispensables para la vida y que generalmente están disponibles en cantidades requeridas por su metabolismo (Bartolini,1990).

Talavera(1996), afirma que los factores que afectan la disponibilidad de fosfato dependen de las condiciones del suelo, como son tipo de arcilla, cantidad de arcilla, época de aplicación, aireación, compactación, humedad, condiciones del fosfato del suelo, temperatura, pH del suelo y otros nutrientes.

Se considera que el efecto significativo del fósforo total del suelo, se debió a la reserva de este elemento en el suelo, cabe mencionar que el pH del suelo y la humedad fueron quienes influyeron en los bajos contenidos presentes en los tejidos del cultivo.

Al aumentar la humedad del suelo a niveles óptimos, se aumenta la disponibilidad de fósforo para la planta, pero el exceso de humedad excluye al oxígeno limitando el desarrollo radicular y reduciendo la absorción del fósforo.

Se verificó que bajo condiciones de extrema acidez o alcalinidad el fosfato solubilizado está bajo formas no asimilables por las plantas. Las formas más asimilables existen en la solución del suelo solo dentro de un limitado rango de valores de pH 6.5 - 7.0 señala Salmerón & García (1994).

Una fracción de fósforo total del suelo se presenta solubilizado. Esta fracción es ínfima y varía entre 0.01 – 3 ppm (valores promedios) Salmerón & García(1994)

Según Sánchez (1976) citado por Salmerón & García(1994) aseveran que la distribución de fósforo en el suelo en la cama superficial y según el grado de evaluación del suelo en ppm y %, se comporta de la siguiente manera, en suelos evolucionados (mollisols), predominan los fosfatos de hierro y aluminio, disminuyendo el fosfato de calcio, igualmente se interpreta el pH del suelo.

Tabla 23.. Concentración de macronutrientes y micronutrientes presentes en el suelo. La Compañía, Carazo. Primera, 1996.

Tratamiento	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm
T ₁	363.00 a	3.08 ab	19.89 ab	7.85 ab	18.57 a	2.80 a	11.10 a	5.37 a
T ₂	396.5° a	3.15 ab	19.37 ab	8.24 b	17.20 a	2.37 a	9.43 a	5.48 a
T ₃	468.25 b	2.95 a	20.98 b	7.99 ab	18.40 a	2.63 a	9.14 a	5.38 a
T ₄	378.00 a	3.31 b	18.42 a	7.59 ab	19.95 a	2.46 a	8.26 a	4.57 a
T ₅	361.50 a	2.98 ab	19.77 ab	7.79 ab	16.51 a	2.51 a	11.05 a	5.26 a
T ₆	399.75 a	3.19 ab	20.14 ab	8.10 ab	19.90 a	2.66 a	9.41 a	5.70 a
T ₇	377.75 a	2.90 a	19.32 ab	7.23 a	19.31	2.21 a	8.41 a	5.97 a
% CV	11.06	7.07	6.99	7.53	21.58	22.14	18.10	15.97
ANDEVA	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

T₁: Canavalia (*Canavalia ensiformes*)

T₂: Caballero (*Dolichous Lablab, var.rongai*)

T₃: Frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

T₄: Sorgo pinolero (*Sorghum bicolor*)

T₅: Mungo (*Vigna radiata*)

T₆: Caballero negro (*Dolichous lablab, var.highwoth*)

T₇: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

5.19 Análisis de correlación

Los resultados de las correlaciones entre las diferentes variables se puede corroborar en el Anexo 1. Cabe señalar que la mayoría de las correlaciones no causaron un efecto significativo debido a que el experimento es preliminar.

4.19.1. Correlación entre el rendimiento y peso seco del olote

El olote señala la existencia de una correlación positiva en función al rendimiento obtenido, la cual pudiera identificarse ya que el volumen de peso del olote actúa proporcionalmente con el número de granos de la mazorca la que al final de la cosecha se traduce en rendimiento.

4.19.2 Correlación entre el rendimiento y cogollero

El comportamiento presente en la relación entre el rendimiento de la parcela y la plaga de cogollero se presentó de manera no significativa, por lo se puede concluir diciendo que la plaga no afectó al cultivo, debido a que en este ciclo agrícola se presentaron altas precipitaciones que sirvieron como control biológico.

4.19.3 Correlación entre el rendimiento y el boro en la planta

El elemento boro se relacionó de forma positiva significativa con el rendimiento, lo cual refleja buenos porcentajes de boro en la planta, durante su ciclo vegetativo hasta el almacenamiento del grano.

4.19.4 Correlación entre el rendimiento y la altura

La altura de planta influye de forma positiva significativa, con el rendimiento, es decir que una planta con un buen desarrollo (tallo y área foliar) contribuye a proporcionar mejores condiciones para obtener buenos rendimientos.

4.19.5 Correlación entre el peso seco del rastrojo y el peso seco del olote

Esta relación refleja que existe diferencia significativa positiva es decir que a medida que se tenga una planta de buen porte, sus estructuras florales van incrementando,

dado que esta planta se desarrolla en un estado normal.

4.19.6 Correlación entre el peso seco del olote con el nitrógeno de la planta

El nitrógeno encontrado en el tejido de la planta contribuye de forma significativa positiva sobre el peso seco del olote, es decir que aunque en la Tabla 10, señala un efecto no significativo del nitrógeno sobre el olote, este elemento ayudó aunque muy levemente, a proporcionar mejor crecimiento y peso seco del olote.

4.19.7 Correlación entre el peso seco del olote y diámetro de la planta

El diámetro influye de manera positiva significativa sobre el volumen seco del olote, esta relación tiene mucha concordancia ya que el diámetro es una variable que al igual que la altura ayudan a proporcionarle a la planta firmeza y resistencia para que esta absorba los nutrientes y los trasloque a todos los órganos de la planta inclusive al olote.

4.19.8 Correlación entre el gusano cogollero y el potasio de la planta

La correlación presente entre el cogollero y el potasio de la planta se mostró de forma positiva significativa lo que posiblemente contribuyó a lograr este rendimiento en la parcela debido a que el potasio provoca en los cultivos un efecto de resistencia a esta plaga, además se puede decir que mantiene el equilibrio hídrico de la planta y reduce la tendencia a marchitarse lo que disminuye el ataque de cogollero.

4.19.9 Correlación entre el porcentaje de acame y el manganeso de la planta

La relación fue significativa negativa del manganeso sobre el porcentaje de acame (Anexo 1). Esto permite aseverar que al darse mayores porcentajes de acame es debido a la baja concentración de manganeso, ya que este elemento realiza funciones principales (participación en la fotosíntesis, síntesis de clorofila, formación y funcionamiento de cloroplastos), quedando estas funciones inhibida debido a la poca presencia de este elemento.

4.19.10 Correlación entre el acame de la planta y la densidad poblacional

La densidad poblacional afectó de forma negativa significativa sobre el acame o caída de la planta. Estas consecuencias de altas o bajas densidades poblacionales contribuyen a que se dé el volcamiento de la planta, aunque no fue determinante esta influencia (Tabla 5), se puede señalar que esta correlación hace énfasis en el porcentaje de plantas acamadas.

4.19.11 Correlación entre el potasio y el sodio en la planta

El sodio contribuye de manera altamente significativa positiva sobre el macronutriente potasio, lo cual indica un posible sinergismo de ambos elementos en el ensayo, afirmando de esta manera lo que señalan diversos autores en cuanto a las funciones que tiene ambos elementos.

4.19.12 Correlación entre el potasio de la planta y el zinc de la planta

La correlación entre ambos elementos es significativa positiva, cabe señalar que esta relación no se puede adjudicar al antagonismo del potasio con relación al zinc, si no que posiblemente se produjo por la cantidad disponible de potasio en el suelo para la planta y no exclusivamente por la presencia de zinc.

4.19.13 Correlación entre el potasio de la planta con el potasio del suelo

El potasio presente en el suelo influye directamente sobre el potasio contenido en la planta, de manera significativa positiva. La baja absorción de potasio por parte de la planta puede ser debido a que el potasio del suelo no se encuentra de la forma en que la planta lo extrae, aunque estos suelos cuentan naturalmente con este elemento.

4.19.14 Correlación entre el calcio y magnesio de la planta

Estos elementos presentan una correlación significativa positiva, posiblemente esta relación no tenga que ver con el antagonismo presente entre estos macronutrientes si no más bien por la cantidad disponible de ambos en el suelo para la planta.

4.19.15 Correlación entre el calcio y el azufre de la planta

La correlación existente entre los elementos calcio y azufre se presenta de forma significativa positiva, cabe mencionar que entre ambos nutrientes posiblemente no existe antagonismo ni sinergismo lo que se manifestó en la disponibilidad de ambos en el suelo y su contenido en la planta.

4.19.16 Correlación entre el magnesio de la planta y el zinc presente en el suelo

El contenido de zinc presente en el suelo disminuye de algún modo la asimilabilidad del magnesio, por lo que se define como influencia significativa negativa.

4.19.17 Correlación entre el sodio y cobre de la planta

El análisis de correlación entre el sodio y el cobre demuestran un efecto altamente significativo positivo, lo que manifiesta un posible sinergismo entre ambos elementos.

4.19.18 Correlación entre el sodio de la planta y el potasio del suelo

El comportamiento entre ambos elementos sodio de la planta y potasio del suelo fue altamente significativo positivo y esto puede deberse a la gran semejanza que existe entre estos nutrientes y la capacidad que tiene el sodio de sustituir el potasio.

4.19.19 Correlación entre el hierro con zinc y nitrógeno de la planta

La relación hierro, zinc y nitrógeno influyó de forma significativa positiva, siendo esto posible, debido a que los contenidos de hierro y zinc en la planta fueron óptimos, no así para el contenido de nitrógeno siendo este deficiente.

4.19.20 Correlación entre el cobre de la planta con el potasio del suelo

La relación entre el cobre y potasio es significativa positiva, es decir la presencia de un elemento no inhibe la del otro, y basándonos en que entre estos elementos no existe un antagonismo marcado.

4.19.21 Correlación entre el zinc y el nitrógeno presente en la planta

La correlación que presentan ambos nutrientes es altamente significativa positiva lo que se justifica con el hecho que no existe antagonismo entre estos elementos. Por tal razón la presencia de uno no afecta la concentración del otro dentro de la planta

4.19.22 Correlación entre el zinc de la planta y el potasio del suelo

La relación entre el zinc y el potasio fue altamente significativo positivo, lo que podría indicar un efecto proporcional entre ambos elementos.

4.19.23 Correlación entre el fósforo del suelo y el hierro del suelo

La relación fue altamente significativa positiva, dado a la dinámica que sufren ambos elementos en el suelo, provocada por las precipitaciones permitió la formación de fosfato de hierro en la solución del suelo, cabe señalar que estos no son adsorbidos por la planta.

4.19.24 Correlación entre el potasio del suelo y la altura de la planta

El análisis refleja una relación significativa positiva, lo cual está muy relacionado con las funciones de este elemento para la planta, ya que este incide en el crecimiento de la planta.

4.19.25 Correlación entre el hierro y cobre presente en el suelo

El análisis de correlación arroja un efecto altamente significativo positivo del cobre sobre el hierro. Es decir que los elementos actuaron de forma proporcional en el experimento. Cabe señalar que Arzola *et al* .(1986), señala que contenidos de cobre disminuyen el hierro del suelo, no así en este caso.

4.19.26 Correlación entre cobre de la planta y potasio del suelo

La relación que se presenta fue significativa positiva, según la correlación el aumento de un elemento ayuda posiblemente a la absorción del otro. Cabe señalar que no existe un estudio que señale un antagonismo o sinergismo entre ambos elementos.

V.CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en esta investigación, basado en la información obtenida demuestran las siguientes conclusiones:

- La mayor altura obtenida a los 66 dds fue donde se incorporo frijol mungo (*Vigna radiata*) y la que menor obtuvo fue en le frijol Caballero (*Dolichous lablab*, var. Rongai)
- El maíz NB – 12 obtuvo altos rendimientos donde se incorporó frijol mucuna (*Mucuna pruriens*) y los más bajos en el caballero (*Dolichous lablab*, var rongai).
- El rendimiento fue influenciado de manera significativa positiva por el peso seco del olote, la altura y las extracciones de boro por la planta.
- El acame o volcamiento fue influenciado por la densidad de población y por las extracciones de manganeso de la planta de forma significativa positiva.
- El cogollero tuvo una relación significativa positiva con la extracción del potasio en la planta.
- El peso seco del olote de maíz NB – 12 fue influenciado de manera positiva significativa por el peso seco del rastrojo.
- El peso seco del olote tuvo un efecto significativo positivo con las extracciones de nitrógeno de la planta y con el diámetro.
- La influencia de las leguminosas en su mayoría no causó efecto significativo, ya que es el primer año de evaluación.

VI. RECOMENDACIONES

- ☞ Realizar estudios similares en la misma área para evaluar el grado de avance que han proporcionado las diferentes leguminosas en el suelo.
- ☞ Realizar análisis de suelo antes y después de la incorporación de las leguminosas. Así como también a las leguminosas.
- ☞ Incorporar el rastrojo del cultivo ya que en este se determinó concentraciones de macronutrientes y micronutrientes que aportaría al suelo.
- ☞ Se recomienda que se valide el uso como abono verde en el departamento de Carazo, específicamente las leguminosas *Mucuna* (*Mucuna pruriens*) y Caballero var. Rongai (*Dolichus lablab*).

VII. BIBLIOGRAFIA

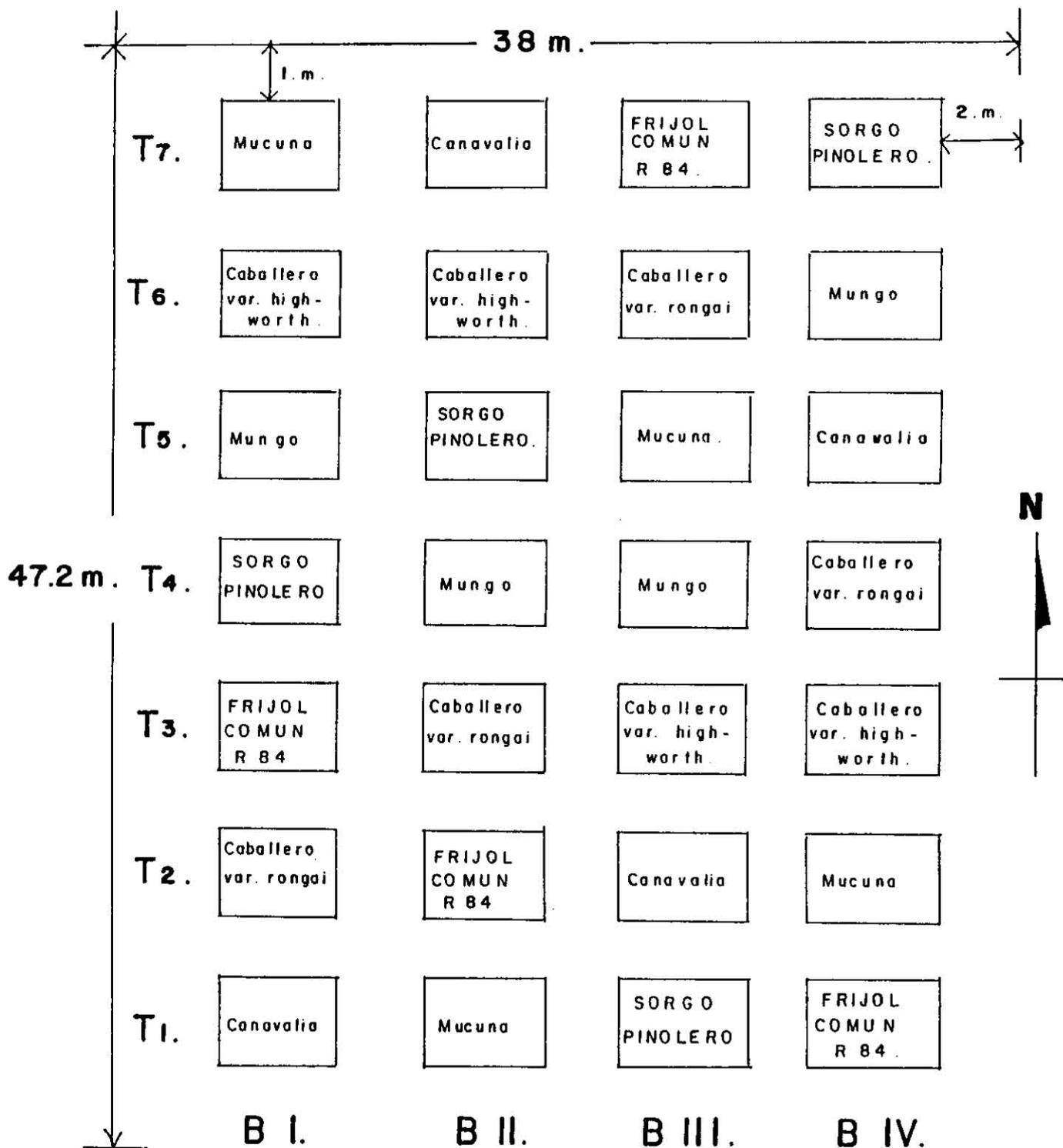
- AGROLABORATORIO CERES S.A. 1996. Resultados de análisis de suelo y diferentes órganos del cultivo de maíz. Guatemala.
- ARZOLA, P. N.; FUNDORA, H. O.; MACHADO, DE A. J. 1986. Suelo, Planta y Abonado. Editorial Pueblo y Educación de la República de Cuba. Habana Cuba, 461 Pág.
- BALLESTERO, S. P. 1986. Efecto de la Densidad de la Población y Fertilización Edáfica NPK sobre el rendimiento del Maíz (Tesis). Managua, Nicaragua.
- BARTOLINI, R. 1990. El Maíz. Editorial Mundi – Prensa. Madrid, España. 271 Pág.
- BINDER, U. 1995. Evaluación de 7 leguminosas como abono verde. Escuela de Agricultura y Ganadería de Estelí.
- BINDER, U & RUGAMA NUBIA. 1994. Taller de cultivo y uso de leguminosas. Escuela de Agricultura y ganadería de Estelí.
- BOWEN, E. J. 1981. El Hierro. Revista Agricultura de las Américas No. 2.
- BUCKMAN & BRADY. 1985. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Editorial Uthea. México, D. F., 590 Pág.
- CEIDO, F. 1971. Formas de potasio presentes en suelos Costarricense. IICA. Turrialba. Costa Rica. Vol. 21, N° 2. 176 – 177p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO. (CYMMYT). 1982. Informe de 1982. El Batón, México. 134 p.
- CUADRA, R. M. 1988. Efecto de Diferentes Niveles de Nitrógeno, Esparcimiento y Poblaciones sobre el Crecimiento y Desarrollo del Maíz, Var NB-6. (Tesis). Universidad Agraria, Managua, Nicaragua.
- DELVIN, M. R. 1979. Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación. Habana Cuba, 468 Pág.
- DOMINGUEZ, V. A. 1990. El Abonado de los Cultivos. Editorial Mundi – Prensa. Madrid, España. 181 Pág.
- DOMINGUEZ, V. A. 1997. Tratado de Fertilización. Editorial Mundi – Prensa. Madrid, España. 613 Pág.

- FAO.1995. Anuario de Producción. Vol. 49.
- GARCIA,F.J. & GARCIA,DEL.C.R.1982. Edafología y Fertilización Agrícola. Editorial AEDOS. Barcelona, España. 245 Pág.
- GARCIA, H .F. 1998. Variedades de maíz tolerantes al achaparramiento. INTA-NORAD. Managua, Nicaragua,
- GLANZE,P.1973. El Maíz de Grano. Editorial Leipzig. República Democrática Alemana. 195 Pág.
- HALLEY, J. R.1992. Enciclopedia y Agricultura y Ganadería. Editorial Limusa, S. A. México, D. F. 468 Pág.
- HOWELER, R. H.1983. Desórdenes nutricionales. Centro Nacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia. 424p.
- IGINATIEFF, V & PAGE, H. J.1964. El uso eficaz de los fertilizantes. FAO – estudios agropecuarios .La Habana,Cuba.24p.
- INETER 1996. Datos de las precipitaciones de la estación Campos Azules .Managua, Nicaragua.
- INPOFOS.1990. Potasa: su necesidad y uso en la agricultura moderna.Canadá.44p.
- INTA. 1995. Cultivo del Maíz. Managua, Nicaragua.
- INTA. 1996. Revista Agronomía Tropical. Venezuela.
- INTA / UNA / ZAMORANO / UNAG / CATIE. 1996. Manual de Manejo Integral de Plagas en el Cultivo de Maíz.
- JONES, U. S.1972. Fertility and soils fertility.2da edition.Reston publish hing company Inc.USA.421p.
- KASS,D.1996. Fertilidad de Suelo. Editorial EUNED. San José, C. R. 272 Pág.
- LEES, P.1980. El Cobre. Revista Agricultura de las Américas. Madrid, España. 181 Pág.50
- LEIVA, B. F. J. 1988. Determinación de Períodos Críticos y Niveles de Infestación del Cogollero en el Maíz (Tesis). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- LOPEZ,M.C. & BAYONA R. 1991. Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadera, Los Fundamentos de la Agricultura, Tomo I, Editorial Océano España. 204 pág.

- MIDINRA.1983.Técnicas para la Producción del Maíz. Managua, Nicaragua.
- MORTVEDT,J.;GIORDANO,P.; LINDSAY,W. 1983. Micronutriente en Agricultura. Editor A.G.T., S. A. México, D. F. 742 Pág.
- QUINTANA. 1983. Rango de clasificación aproximada de nutrientes en suelos de Nicaragua .UNA – FARENA.Managua,Nicaragua.
- SALMERON,M.F & GARCIA, C.L.1994. Fertilidad y fertilización de suelos. UNA – FARENA, Managua, Nicaragua.
- SANTOS, LOZANO, H; SILVA, S.1995.Comportamiento de 4 abono verdes sembrados en primera en el valle de Estelí .
- SOMARRIBA, R C.1997.Texto básico. Universidad Nacional Agraria Managua, Nicaragua.
- TALAVERA S. F. T. 1996. Interpretación del Análisis del Suelo y Planta para la Generaciones de Recomendaciones de Fertilización. Universidad Nacional Agraria.Managua, Nicaragua.
- TAPIA B. H. & GARCIA A. J. 1988. Técnicas para la Producción de Maíz. Managua, Nicaragua. 202 Pág.
- TAPIA, BH & CAMACHO A. 1998. Manejo integrado de la producción de frijoles basados en labranza cero. 1era edición. Managua, Nicaragua. Gtz. Pp 181.
- TRACY, F & PEREZ, R. 1987. Manual práctico de manejo de suelos en laderas. Secretaria de Recursos Naturales/ proyecto de mejoramiento de suelo y productividad de la tierra.
- VALLECIO, R; CHAPUT, P; CAMPOS, M; FANDINO, M; IZQUIERDO, S. 1998. Tierra fresca. Editorial Enlace. ORCT – Austria, NOVIB Y AOS.
- YOGODIN. A. B. 1982. Agroquímica. Editorial Mir. Tomo I. Moscú. 416 Pág.

ANEXO

DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL CENTRO
 EXPERIMENTAL " LA COMPAÑIA ", CARAZO.
 POSTRERA 95 (Leguminosas), PRIMERA 96
 (Maíz).



DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL CENTRO
 EXPERIMENTAL " LA COMPAÑIA ", CARAZO.
 POSTRERA 95 (Leguminosas), PRIMERA 96
 (Maíz).

