

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

INFLUENCIA DE DOS VARIETADES DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris* L) EN EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO PROTEICO DEL MAÍZ (*Zea mays* L) INCORPORADOS EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA EN LA PROVINCIA CARANAVI.

REYNALDO ARDORES AVIRCATÁ

La Paz – Bolivia

2006

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

INFLUENCIA DE DOS VARIEDADES DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN EL
 RENDIMIENTO Y CONTENIDO PROTEICO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)
 INCORPORADOS EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA EN LA PROVINCIA CARANAVI.

Tesis de grado presentado como requisito
 Parcial para optar el título de
 Ingeniero Agrónomo

REYNALDO ARDORES AVIRCATA

TUTORES:

Ing. Alejandro Flores Chambilla _____

Ing. M. Sc. Rene Calatayud Valdez _____

ASESOR:

Ing. José Lú s Mantilla Jemio _____

COMITÉ REVISOR:

Ing. Ramiro Mendoza Nogales _____

Ing. M. Sc. Jorge Cusicanqui Giles _____

APROBADA

Decano

Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera _____

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mis padres Felix (Q.E.P.D.) y Feliza, que se sacrificaron para brindarme todo el apoyo y a mis hermanos Gabriel y Rodr n que siempre me alentaron para concluir el presente documento.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi mayor agradecimiento:

A Dios por permitirme la vida y aportar con el presente estudio a la sociedad.

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía y docentes por haberme permitido formarme como profesional.

Al Instituto Superior Técnico Agroindustrial Caranavi por permitirme realizar el presente estudio en sus predios y brindar toda cooperación.

Al Ing. Alejandro Flores por haberme dirigido y apoyado permanentemente como tutor para realizar esta investigación.

Al Ing. René Calatayud e Ing. José Luis Mantilla tutor y asesor respectivamente, por haberme apoyado en el presente trabajo.

A mis revisores Ing. Ramiro Mendoza e Ing. Jorge Cusicanqui por contribuir con sus observaciones, aportes y sugerencias, para la buena culminación del presente documento de investigación.

A mis padres y hermanos y amigos por su permanente apoyo y aliento.

A Patricia Copa por su permanente apoyo incondicional en el desarrollo y conclusión del presente documento de investigación.

A mis amigos de FORCAFE, ISTAIC, CELCCAR y AOPEB por haber cooperado de alguna forma en la culminación de este documento.

INDICE

HOJA DE APROBACION	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
INDICE	v
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISION DE LITERATURA	4
A. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE MAÍZ	
1. ORIGEN	4
2. TAXONOMIA	4
3. VARIEDADES	5
3.1. Swan Saavedra	5
4. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS	6
4.1. Clima	6
4.2. Precipitación	6
4.3. Luz	7
4.4. Viento	7
5. REQUERIMIENTOS EDAFOLOGICOS	7
5.1. Suelos	7
5.2. Fertilización	8
6. INCIDENCIAS DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	8
7. FACTORES QUE DETERMINAN EL RENDIMIENTO	9
B. CULTIVO DE LEGUMINOSAS	10
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES	10
1.1. Importancia de la fijación de nitrógeno en las leguminosas	10

1.2.	Taxonomía del <i>Rhizobium</i>	11
2.	FIJACION DEL NITRÓGENO ATMOSFERICO	11
2.1.	Ciclo de nitrógeno	11
2.2.	Simbiosis	13
2.3.	Formación de nódulos	13
2.4.	Bioquímica de la fijación del N	14
3.	MANTENIMIENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO CON LEGUMINOSAS	15
3.1.	Perspectivas de la fijación simbiótica de nitrógeno	15
3.2.	Aplicación agrícola de la simbiosis Rhizobium-leguminosa	15
C.	CULTIVOS ASOCIADOS CON LEGUMINOSAS	16
1.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DELA ASOCIACIÓN	16
2.	ASOCIACIÓN MAÍZ FRÍJOL	18
3.	ASOCIACIÓN DE MAÍZ CON DIFERENTES LEGUMINOSAS	21
4.	EPOCAS DE SIEMBRA	22
5.	NITRÓGENO EN EL SUELO	23
5.1.	Incorporación de Nitrógeno por el fríjol	23
5.2.	Absorción de Nitrógeno	23
5.3.	Influencia del N en el contenido proteico del grano de maíz	24
6.	LEGUMINOSAS COMO ABONOS VERDES	25
6.1.	Efecto benéfico de cultivos de abono verde o leguminosas para el suelo	25
6.2.	El abono verde asociado con cultivos anuales	26
IV.	MATERIALES Y METODOS	27
A.	LOCALIZACION	27
1.	Ubicación geográfica	27
2.	Características climáticas	27
3.	Fisiografía	27
B.	MATERIALES	29
1.	MATERIAL VEGETAL	29
2.	MATERIAL DE CAMPO	29
3.	MATERIAL DE LABORATORIO	29
4.	MATERIAL DE GABINETE	30

C.	METODOLOGIA DE CAMPO	30
1.	PREPARACION DEL SUELO	30
2.	DEMARCACION DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES	30
3.	MUESTREO DE SUELO	33
4.	SIEMBRA DE MAÍZ	33
5.	SIEMBRA DE LEGUMINOSAS	33
6.	LABORES CULTURALES	35
6.1.	Raleo de plantas de maíz	35
6.2.	Deshierbe	35
6.3.	Riego	35
6.4.	Aporque	35
6.5.	Cosecha	35
D.	VARIABLES DE ESTUDIO	37
1.	VARIABLES INDEPENDIENTES O TRATAMIENTOS DE ESTUDIO	37
2.	VARIABLES DEPENDIENTES O DE RESPUESTA	37
2.1.	Rendimiento	37
2.2.	Características agronómicas	38
a)	Altura de planta (AP)	38
b)	Número de mazorcas (NM)	38
c)	Longitud de Mazorcas (LM)	38
d)	Diámetro de Mazorcas (DM)	40
2.3.	Contenido de proteína en el grano de maíz	40
2.4.	Variación del contenido de nitrógeno en el suelo (antes de la siembra y después de la cosecha de maíz)	41
3.	VARIABLES CONTROLADAS	42
E.	METODOLOGIA ESTADISTICA	42
1.	Evaluación del rendimiento del maíz cultivado en asociación con dos variedades de frijol sembrados en dos épocas.	42
2.	Determinar la influencia de dos variedades de frijol sembrados en dos épocas, sobre el contenido proteico del maíz.	43
3.	Evaluar la incorporación y absorción de nitrógeno en el suelo, en el cultivo asociado (maíz - frijol)	43
F.	METODOLOGIA DE ANÁLISIS ECONOMICO	44

G.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	44
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	45
A.	COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DURANTE EL ENSAYO	45
1.	PRECIPITACIÓN	45
2.	TEMPERATURA	46
B.	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO	47
C.	PLAGAS Y ENFERMEDADES	48
1.	PLAGAS	48
2.	ENFERMEDADES	49
D.	VARIABLES DE EVALUACIÓN	49
1.	RENDIMIENTO	49
2.	CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL MAÍZ: ALTURA DE PLANTA, LONGITUD, DIÁMETRO DE MAZORCA Y NÚMERO DE MAZORCA	52
2.1.	Altura de planta	53
2.2.	Longitud de mazorca	54
2.3.	Diámetro de mazorca	55
2.4.	Número de mazorcas por planta	57
3.	CONTENIDO DE PROTEÍNA EN EL GRANO DE MAÍZ	59
4.	VARIACION DE NITRÓGENO EN EL SUELO	62
E.	ANÁLISIS ECONÓMICO	64
1.	CULTIVO DE MAÍZ (TESTIGO)	64
2.	CULTIVOS DE MAÍZ ASOCIADO CON LEGUMINOSA	65
VI.	CONCLUSIONES	67
VII.	RECOMENDACIONES	69
VIII.	BIBLIOGRAFIA	70
IX.	ANEXOS	78

LISTA DE CUADROS

		Pag.
Cuadro 1.	Requerimiento de temperatura para el cultivo del maíz.	6
Cuadro 2.	Requerimiento de nutrientes	8
Cuadro 3.	Resumen de algunos resultados obtenidos por diferentes investigadores en estudios de asociación maíz – frijol en temporal	21
Cuadro 4.	Características físico-químicas del suelo donde se realizó el experimento	47
Cuadro 5.	Análisis de varianza para rendimiento en ton ha ⁻¹ del maíz en asociación con leguminosa sembradas a los 30 y 50 días	50
Cuadro 6.	Comparaciones ortogonales para rendimiento en ton ha ⁻¹ del maíz en asociación con leguminosa sembradas a los 30 y 50 días	50
Cuadro 7.	Rendimiento de maíz por tratamiento evaluado	51
Cuadro 8.	Análisis de varianza para altura de planta, longitud y diámetro de mazorca en cm. de maíz asociado con leguminosa sembradas a los 30 y 50 días	53
Cuadro 9.	Comparaciones ortogonales para altura de planta, longitud y diámetro de mazorca del maíz en asociación con leguminosa sembradas a los 30 y 50 días	53
Cuadro 10.	Altura de planta del maíz por tratamiento evaluado	54
Cuadro 11.	Longitud de mazorca por tratamiento evaluado	55
Cuadro 12.	Diámetro de mazorca por tratamiento evaluado	56
Cuadro 13.	Análisis de varianza para número de mazorca por planta de maíz asociado con leguminosa	57
Cuadro 14.	Comparaciones ortogonales para número de mazorcas por planta de maíz en asociación con leguminosa sembradas a los 30 y 50 días	58
Cuadro 15.	Número de mazorcas/100 plantas de maíz por tratamiento evaluado	58
Cuadro 16.	Análisis de varianza para contenido de proteína en el grano de maíz asociado con leguminosa	60
Cuadro 17.	Comparación ortogonal para contenido de proteína en el grano de maíz incorporado con leguminosa	60

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variación de nitrógeno en el suelo	62
Cuadro 19. Comparación ortogonal para variación de nitrógeno en el suelo	62
Cuadro 20. Ingreso bruto, ingreso neto y relación de beneficio costo de cultivo de maíz asociado con leguminosa a 30 y 50 días	65

LISTA DE FIGURAS

		Pag.
Figura	1. Ciclo del Nitrógeno	12
Figura	2. Ejemplo de espaciamiento de plantas del maíz y de frijol asociados	19
Figura	3. Mapa de Caranavi y de ubicación del área de estudio	28
Figura	4. Terreno preparado y demarcado	31
Figura	5. Semilla de Cuarentón y Vainita para sembrar a los 30 y 50 días después de la siembra de maíz	31
Figura	6. Croquis de campo y características dimensionales de la parcela experimental	32
Figura	7. Cultivo de maíz, a los 30 días de su siembra	34
Figura	8. Cultivo de maíz con siembra frijol Cuarentón a los 30 y 50 días	34
Figura	9. Cultivo de maíz asociado con leguminosa, ingresando al punto de madurez fisiológica	36
Figura	10. Cultivo de maíz asociado con frijol Cuarentón con siembra a los 50 días.	36
Figura	11. Medición de altura de planta en el cultivo de maíz	39
Figura	12. Medición de la longitud de mazorca	39
Figura	13. Comportamiento de la precipitación pluvial mensual durante el ciclo del cultivo de maíz en Caranavi, 2001 y 2002	45
Figura	14. Comportamiento de la temperatura mensual durante el ciclo del cultivo de maíz en Caranavi, 2001-2002	46
Figura	15. Rendimiento promedio en ton ha ⁻¹ del cultivo de maíz en asociación con frijol Cuarentón y frijol Vainita sembrados a los 30 y 50 días	51
Figura	16. Altura de planta de maíz asociado con Cuarentón y Vainita sembrados a los 30 y 50 días	54
Figura	17. Longitud de mazorca de maíz asociado con Cuarentón y Vainita sembrados a los 30 y 50 días	55
Figura	18. Diámetro de mazorca de maíz asociado con Cuarentón y Vainita sembrados a los 30 y 50 días	56

Figura 19.	Número de mazorca por 100 plantas de maíz asociados con Cuarentón y Vainita a los 30 y 50 días	59
Figura 20.	Contenido de proteína en el grano de maíz asociado con Cuarentón y Vainita sembrados a los 30 y 50 días	61
Figura 21.	Variación del nitrógeno en el suelo en los tratamientos de maíz asociado con Cuarentón y Vainita sembrados a los 30 y 50 días	63
Figura 22.	Relación Beneficio/Costo en el cultivo de maíz asociado con Cuarentón y Vainita sembrados a los 30 y 50 días	66

LISTA DE ANEXOS

		Pag.
Figura	1. Cronograma de actividades	79
Figura	2. Cronología de trabajo	80
Figura	3. Registros de: Temperatura Medias Ambientales °C; Precipitación Mensual/Anual (Mm) y Humedad Relativa	81
Figura	4. Tabla de fertilidad de suelos, Escala de porcentajes para el cálculo del valor potencial	82
Figura	5. Análisis de Varianza: Altura de planta, Longitud de mazorca y Diámetro de mazorca	83
Figura	6. Costos de producción de maíz (monocultivo)	84
Figura	7. Costo de producción de cultivo de maíz asociado con Cuarentón a los 30 días	85
Figura	8. Costos de producción del cultivo maíz asociado con Cuarentón a los 50 días	86
Figura	9. Costos de producción del cultivo de maíz asociado con Vainita a los 30 días	87
Figura	10. Costos de producción del cultivo de maíz asociado con Vainita a los 50 días	88
Figura	11. Nitrógeno en el suelo – Contenido de N en el grano	89
Figura	12. Resultados de Análisis Bromatológico del grano de maíz	90
Figura	13. Análisis químico de suelo	91
Figura	14. Análisis de Nitrógeno	92

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el rendimiento del maíz (*Zea mays L.*), cultivado en asociación con dos variedades de frijol, y su influencia en el contenido proteico del grano, nitrógeno en el suelo y el análisis económico, el estudio se realizó en predios del Instituto Superior Técnico Agro-Industrial Caranavi, ubicada a 630 m.s.n.m. a 156 km de la ciudad de La Paz, Bolivia; durante la campaña de verano 2001- 2002. Se utilizó el maíz de la variedad Swan, incorporando dos variedades de frijol *Phaseolus vulgaris*, Cuarentón y Vainita en dos épocas (a los 30 y 50 días después de la siembra del maíz). El análisis estadístico utilizado fue el cuadrado latino y completamente aleatorio, con comparaciones ortogonales.

Los resultados que se obtuvieron en el presente estudio son: La influencia en el rendimiento del grano de maíz tanto del Cuarentón como la Vainita, así como las épocas de siembra, han logrado rendimientos que oscilan de 4,89 a 5,32 ton ha⁻¹ y son estadísticamente similares entre tratamientos, columnas e hileras. Las características agronómicas también mostraron resultados similares, excepto en número de mazorca por planta y diámetro de mazorca, logrando mayor número de mazorca en el maíz con Cuarentón sembrados a los 30 días con 120 mazorcas por 100 plantas, y mayor diámetro de mazorca se obtuvo en el maíz asociado con Cuarentón a los 50 días con 5,08 cm. Para el contenido proteico en el grano de maíz, el tratamiento maíz con Cuarentón sembrado a los 30 días ha mostrado mayor concentración de proteína con 10,65 %, y menor concentración de proteína se logró en monocultivo 7,14%. El contenido de nitrógeno en el suelo no ha mostrado diferencias significativas entre tratamientos, pero se pudo apreciar una mayor absorción de nitrógeno del suelo por el maíz asociado con Cuarentón, favoreciendo así la concentración de proteína en los granos de maíz que fue de 10,65%. El mayor beneficio económico se ha logrado con el monocultivo de maíz con un B/C de 1,22 seguido del tratamiento maíz-Cuarentón asociado a los 30 días, con un B/C de 1,21.

SUMMARY

With the objective to evaluate the yield of the maize (*Zea mays L.*), cultivated in association with two varieties of fríjol, and their influence in the protein content of the grain, nitrogen in the ground and the economic analysis, the study I am made in estates of Technical the Institute Superior Agro-industrial Caranavi, located to 630 m.s.n.m to 156 km of the city of La Paz, Bolivia; during the campaign of summer 2001 - 2002. The maize of the Swan variety was used, incorporating two varieties frijol *Phaseolus vulgaris*, Cuarentón and Vainita at two times (to the 30 and 50 days after seedtime of the maize). The used statistical analysis was the Latin and completely random square, with orthogonal comparisons. The results that were obtained in the present study are: The influence in the yield of the maize grain as much of the Cuarentón as the Vainita, as well as the times of sowing, has obtained 5.32 yields that oscillate from 4.89 to ton has-1 and is statistically similar between treatments, columns and rows. The agronómicas characteristics also showed similar results, except in I number of mazorca by plant and diameter of mazorca, obtaining greater I number of mazorca in the maize with Cuarentón seeded to the 30 days with 120 mazorcas percent plants, and greater diameter of mazorca was obtained in the maize associated with Cuarentón to the 50 days with 5.08 cm. For the content protein in the maize grain, the treatment maize with Cuarentón seeded to the 30 days has shown greater concentration of protein with 10.65%, and minor protein concentration profit in monoculture 7.14%. The nitrogen content in the ground has not shown significant differences between treatments, but a greater nitrogen absorption of the ground by the maize associated with Cuarentón, favoring therefore the protein concentration could be appreciated in maize grains that were of 10.65%. The greater economic benefit has been obtained with the monoculture of maize with a B/C of 1.22 followed of the treatment associated maize-Cuarentón the 30 days, with a B/C of 1,21.

I. INTRODUCCION

El cultivo de maíz (*Zea mays L.*) constituye uno de los rubros de mayor importancia en la producción agrícola en el contexto nacional; debido a su utilización como alimento en las diferentes dietas consumidas por el hombre y como materia prima para la industria de alimentos balanceados de aves y ganado en general. Esta situación exige intensificar, aun más la productividad del cultivo de maíz, ya sea aumentando la superficie del cultivo o mejorando la tradicional forma de cultivo.

Como toda gramínea, el maíz es un cultivo esquilante de los nutrientes del suelo, principalmente de nitrógeno. Es por esta razón, que luego del cultivo de maíz, se recomienda dejar en barbecho el terreno por un periodo de tiempo que garantice su recuperación fértil, o mejor aun implantar cultivos mejoradores del suelo como son las leguminosas, que gracias a la simbiosis con determinados tipos de *rhizobiums*, estos últimos pueden fijar el nitrógeno atmosférico e incorporarlo al suelo. Además las leguminosas pueden servir como cobertura vegetal, controlando malezas y protegiendo al suelo de la erosión hídrica y eólica.

En la provincia Caranavi, al igual de lo que acontece a nivel nacional el requerimiento de maíz es cada vez mayor, principalmente por el incremento de granjas avícolas en la zona, que requieren variedades cuyas características físicas, y nutricionales son importantes para la preparación de alimento balanceado. Una de las variedades que reúne esas características es la variedad de maíz Swan.

Es importante también indicar, que la provincia Caranavi se caracteriza por la agricultura de subsistencia con la producción de arroz y maíz, entre otros, que son cultivados mediante técnicas tradicionales donde predomina el chaqueado (roza, tumba y quema) alternado con

periodos de descanso; técnicas que no permiten el uso de los terrenos de manera mas intensiva. Donde el rendimiento del maíz oscila entre 1,8 a 2 ton ha⁻¹ en promedio.

Es por estas razones que en el presente trabajo se evalúan la influencia de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) -especie leguminosa de mayor divulgación en la zona- sobre el rendimiento y contenido proteico del maíz (variedad Swan), como también sobre el mantenimiento de la fertilidad del suelo en términos de nitrógeno.

II. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) sembrados en dos épocas, en el rendimiento del maíz (*Zea mays L.*) y el grado de sustracción y aporte de nitrógeno al suelo.

B. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.- Evaluar el rendimiento del maíz cultivado en asociación con dos variedades de frijol sembrados en dos épocas de siembra.
- 2.- Determinar la influencia de dos variedades de frijol sobre el contenido proteico del maíz
- 3.- Evaluar la incorporación y absorción de Nitrógeno en el suelo, del cultivo asociado (Maíz - Frijol).
- 4.- Realizar la evaluación económica del maíz cultivado en asociación con frijol sembrados en dos épocas.

III. REVISION DE LITERATURA

A. CARACTERISTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE MAÍZ

1. ORIGEN

El maíz es originario de América Tropical, donde era cultivado por los indígenas desde tiempos remotos (Faz, 1985), desconocido en el viejo mundo, hasta el descubrimiento de América en 1492, cuando exploraron la Isla de Cuba, al encontrar un grano que los indígenas denominaban ma-híz que tenía buen sabor en fresco o seco, o bien hecho harina. Al respecto, León (1985), afirma que en ningún caso, se ha comprobado que el maíz fuera distribuido o existiera fuera de América antes de 1500 a.c.

Según Poehlman (1979), existen dos posibles orígenes del maíz: a) los valles altos de Perú, Ecuador y Bolivia y b) la región del sur de México y la América Central. En ambas áreas se han encontrado muchos tipos de maíz. Existen varias teorías que explican el origen del maíz, pero todavía se ignora, aunque está claro que el maíz es nativa de las Américas.

2. TAXONOMIA

González (1995), clasifica al maíz de la siguiente manera:

Reino	:	Vegetal
División	:	Tracheophyta
Subdivisión	:	Pteropsidae
Clase	:	Angiospermae
Subclase	:	Monocotiledóneas

Grupo	:	Glumiflorales
Orden	:	Graminales
Familia	:	Gramineae
Tribu	:	Maydeae
Género	:	Zea
Especie	:	Zea mays

3. VARIEDADES

CIAT (1993), las variedades se caracterizan por una amplia base genética, lo que le confiere mayor capacidad de adaptación a las variaciones del ambiente. Las variedades mejoradas por el CIAT llegan al 80 a 90% de la productividad de los híbridos, tendiendo a aproximarse más a estos a medida que las condiciones ambientales sean más favorables.

3.1 Swan Saavedra

Posee un buen potencial rendimiento en condiciones adecuadas, sus plantas son de porte y maduración intermedia, mas tolerantes a la sequía y menos susceptibles al acame que el Cubano amarillo. Los granos del Swan Saavedra son mas pequeños que los del Cubano amarillo, de color amarillo-anaranjado, cristalino con rendimientos de 2 ton ha⁻¹. Su uso principal es la fabricación de alimento balanceado y muy poco en autoconsumo (CIAT, 1993).

Urquiza y Velasco, 1990 recomiendan el uso de esta variedad de maíz para el norte de La Paz por su buena adaptación, y describen sus características agronómicas de la siguiente manera:

Altura	210 – 220 cm.
Floración	48 - 59 días
Cosecha	113 – 116 días

En un estudio realizado en San Buenaventura se ha obtenido un rendimiento de 3.87 ton ha⁻¹ en maíz Swan. Existen otras variedades como el Chiriguano 36, Ibo 128 que han tenido buenos rendimientos, pero que no están muy difundidos (Jurado, 2000).

4. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS

4.1 Clima

Parsons (1991), la temperatura apropiada para una buena producción de maíz oscila entre 20 y 30°C. La óptima depende del estado de desarrollo de la planta (ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Requerimiento de temperatura para el cultivo del maíz.

ETAPA FENOLÓGICA	MÍNIMO	OPTIMO	MÁXIMO
	°C	°C	°C
Germinación	10	20 -25	40
Crecimiento	15	20 -30	40
Floración	20	21 -30	30

Fuente: Parsons, 1991.

El maíz se adapta a una diversidad de ambientes en todo el mundo, rinde más en temperaturas moderadas con un suministro de abundante agua, en las regiones tropicales las temperaturas ideales durante el ciclo del cultivo son de 25 a 30 °C para el desarrollo del cultivo, temperaturas menores a 10°C retardan la germinación y el crecimiento de la planta (Aldrich y Leng, 1974).

4.2 Precipitación

Los requerimientos de precipitación desde la siembra hasta la madurez son de 450 mm a 600 mm, con mayor exigencia en la época de floración y formación de los granos (Aldrich y Leng, 1974). Por otra parte Magalhães (1991), afirma que el maíz se cultiva apropiadamente en regiones con precipitaciones de 1000 a 5000 mm, la cantidad de agua consumida por una planta de maíz durante su ciclo está alrededor de 600 mm. Su estrés hídrico asociado a la producción de grano tiene mucha importancia en tres estadios de desarrollo del cultivo estos son: iniciación floral, periodo de fecundación y llenado activo del grano.

Según Magalhaes y Da Silva (1978), los periodos sensibles a la falta de agua en el cultivo del maíz generalmente corresponden a las fases comprendidas desde la formación de la espiga hasta el surgimiento de la panoja y desde este hasta la formación de los granos. Una deficiencia hídrica durante la emisión de los estilos se refleja en una disminución de la producción hasta un 25%, la limitación de agua disminuye la producción de granos en 50 y 21% respectivamente, en las fases de floración y maduración.

4.3 Luz

Según Parsons (1991), el maíz germina sin problemas en la oscuridad, pero en el crecimiento requiere pleno sol y en su floración requiere días cortos, aunque los mejores rendimientos se han obtenido con 11 a 14 horas de luz por día.

4.4 Viento

Los vientos secos pueden provocar la desecación de los cabellos de elote, las impurezas del aire pueden causar pérdidas, limitan el crecimiento de las plantas (Parsons, 1991).

5. REQUERIMIENTOS EDAFOLOGICOS

5.1 Suelo

Reyes (1990), afirma que el maíz se desarrolla en una diversidad de suelos, pero son muy favorables los suelos aireados, profundos y bien drenados, con bastante materia orgánica y con nutrientes como N, P y K disponibles, y acidez liviana de pH entre 5.5 a 8.

El maíz requiere suelos de tipo franco con buen drenaje y topografía plana no es recomendable cultivar en zonas bajas porque no soporta condiciones de encharcamiento. Requiere además un contenido de materia orgánica del 2 % y una cantidad de fósforo mayor a 6 ppm, el pH óptimo es de 6 y 7 (CIAT, 1993).

Según Noriega (1992), en suelos con buena fertilidad natural se puede sembrar a mayor densidad que en los suelos de menor fertilidad; asimismo, en los suelos de textura ligera o arenosa la siembra es a menor distanciamiento entre surcos y a mayor profundidad que en suelos pesados o arcillosos. La densidad puede variar de acuerdo a la variedad, suelo, clima y condiciones de manejo, la densidad menor oscila entre 50.000 – 65.000 plantas por hectárea, se aplica en variedades tardías y de porte alto, y las variedades precoces y de porte bajo se cultivan a una densidad mayor, entre 70.000 – 90.000 plantas por hectárea.

5.2 Fertilización

Las plantas para crecer y producir cosecha necesitan de ciertos nutrientes esenciales, y los de mayor requerimiento son el nitrógeno, el fósforo y el potasio, y pueden ser cubiertos por medio del abonamiento orgánico y mineral. El maíz extrae 160-75-130 kg por hectárea de NPK cuando se tiene en promedio una cosecha de 6 toneladas de maíz grano. (Manrique *et.al.*, 1993). Para un plan de fertilización se debe considerar el análisis del suelo, el cual nos da información del contenido de nutrientes del suelo, el efecto residual del abonamiento anterior y los problemas que tenga el suelo. Además se debe considerar los precios de los fertilizantes y el maíz en el mercado y la cantidad de cosecha que esperamos tener.

Cuadro 2. Requerimiento de nutrientes.

NUTRIENTES (Kg/ha)	DOSIS BAJAS (kg/ha)	DOSIS ALTAS (kg/ha)
Nitrógeno	120 – 160	200 – 240
Fósforo	0 – 40	80 – 120
Potasio	0 – 40	80 – 120

Fuente: Manrique, Antonio *et. al.*, 1993

6. INCIDENCIA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Según Jurado, 2000 citando a Jugenheimer (1990) indica que la severidad de las enfermedades varía de una época a otra o de una localidad o campo a otro dependiendo de

la presencia del patógeno de las condiciones climáticas, del suelo, de la resistencia o susceptibilidad del cultivo.

Las enfermedades fungosas, son controladas principalmente mediante un adecuado sistema de rotación, asociación, uso de semillas sanas, variedades resistentes y un buen drenaje del suelo. Las enfermedades no parasitarias se atribuyen a condiciones ambientales desfavorables, como la humedad o sequía excesiva y altas bajas temperaturas, falta o exceso de elementos nutritivos y toxicidad provocado con algunos compuestos químicos, según Parson, 1991 citado por Jurado (2000).

Las enfermedades y plagas durante el ciclo vegetativo y almacenamiento pueden ocasionar pérdidas de 20% a 80% en el rendimiento de maíz y frijol (Lagunes, 1994).

7. FACTORES QUE DETERMINAN EL RENDIMIENTO

Acebey (2005), citando a Chavez, 1993 indica que el mayor rendimiento de las plantas depende de su potencialidad genética y de su capacidad para aprovechar mejor los factores del ambiente (agua, energía solar, sustancias nutritivas, etc.) es decir su adaptación al medio.

Los factores que influyen en rendimiento pueden ser:

- **Extrínsecos (ambiente).**- *Climáticos:* Luz (horas e intensidad), temperatura (horas e intensidad), humedad relativa, viento. *Edáficos:* Fertilidad, textura, estructura, pH, agua, salinidad. *Bióticos:* Bacterias, hongos, insectos, malezas.
- **Intrínsecos.**- Asimilación de nutrientes (genotipo): Carbono (superficie, asimilación neta); sales minerales, agua, equipo hormonal (desarrollo); resistencia a factores adversos.

El mismo autor cita a Robles (1986) y Gonzáles (1995) y asegura que los componentes del rendimiento son también: el número óptimo de plantas por hectárea, peso promedio del grano y el número de mazorca por planta, número de granos por mazorca. Asimismo existen variedades con alta producción y otros que tienen bajo rendimiento, esto está relacionado con

el ciclo biológico, capacidad de aprovechamiento de nutrientes, resistencia a enfermedades y otros factores relacionados al factor genético.

En estudios realizados por Delgadillo, 2000 y Jurado, 2000 demuestran que la altura de planta y el número de mazorcas tiene una relación directamente proporcional con el rendimiento. Sin embargo la longitud y diámetro de mazorca muestran una relación inversamente proporcional al rendimiento. Lo que significa que a mayor altura de las plantas y mayor número de mazorcas por planta, el rendimiento del maíz se incrementa, así también a mayor longitud y mayor diámetro de las mazorcas el rendimiento del maíz disminuye o viceversa.

B. CULTIVO DE LEGUMINOSAS

1. CARACTERISTICAS GENERALES

1.1. Importancia de la fijación de nitrógeno por las leguminosas

Se han publicado numerosos datos acerca de las cantidades de nitrógeno que son capaces de obtener, por fijación de la atmósfera, los distintos cultivos de leguminosas (Burns y Ardí, 1975; Nutran, 1959) citados por Cubero y Moreno, 1983. Estos datos son muy variables incluso para una misma especie de leguminosa, aunque se observa que ciertos cultivos fijan en mayor cantidad que otros. Las leguminosas forrajeras, en general, parece que fijan más nitrógeno que las leguminosas de grano.

Las leguminosas de grano fijan de 47-97 Kg/ha/año, y las leguminosas forrajeras de 150 a 300 kg/ha/año.

El CIAT, 1987 y Brill, 1997 (citado por Martínez, 2001) señalan que debido a los altos costos de producción de fertilizantes nitrogenados, se ha visto la necesidad de encontrar alternativas para obtener rendimientos sostenidos y asegura que el nitrógeno está presente en los tejidos verdes en concentraciones relativamente altas (1-4%) y en algunas semillas en mayores concentraciones.

Los mismos autores indican que en algunos suelos minerales el nitrógeno esta presente en concentraciones altas principalmente en las materias orgánicas y anualmente se mineraliza una pequeña fracción (1-3% del nitrógeno total) debido a esta liberación lenta de nitrógeno orgánico, esta se convierte en un elemento que limita la producción de los cultivos.

1.2. Taxonomía del *Rhizobium*

Cubero y Moreno (1983), indican que el genero *Rhizobium* se incluye junto con los de *Agrobacterium* y *Chromobacterium*, en la familia *Rhizobiaceae*, del orden *Eubacteriales*. La clasificación del genero *Rhizobium* en especies se ha hecho en base a la distinta capacidad para nodular las diversas especies de leguminosas.

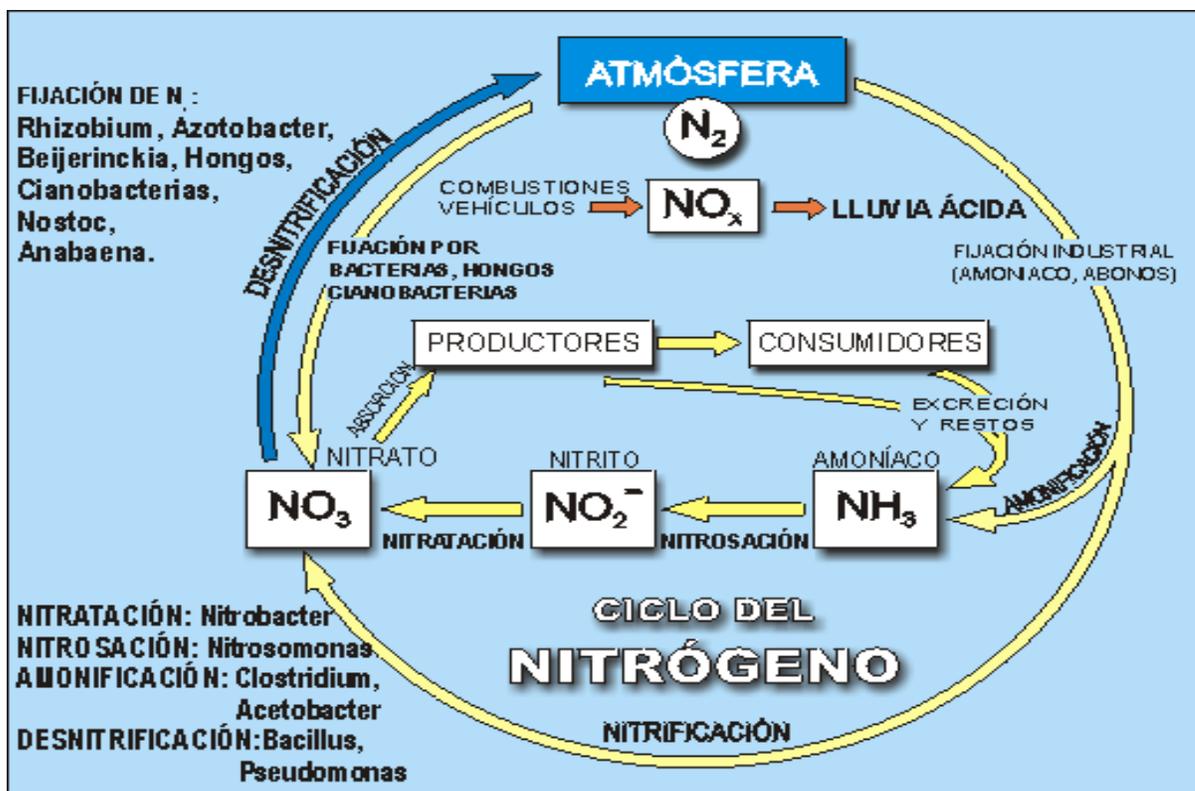
Generalmente se considera seis especies de *Rhizobium*: *R. leguminosarum*, *R. trifolii*, *R. Phaseoli*, *R. meliloti*, *R. japonicum* y *R. lupini*; *R. phaseoli* es capaz de nodular a diversas especies del genero *Phaseolus*; *R. leguminosarum* a diversas especies del genero *Vicia*, *Lens*, *Lathyrus* y *Pisum*; y *R. trifolii* nodula a los treboles en general; *R. meliloti* nodula a especies de los géneros *Medicago*, *Melilotus* y *Trigonella*; *R. japonicum* nodula a la soja, *Glycine max* (L.) Merrill; *R. lupini* es capaz de producir nódulos en los géneros *Lupinus* y *Ornithopus* (Cubero y Moreno, 1983).

2. FIJACION DEL NITROGENO ATMOSFÉRICO

2.1. Ciclo del nitrógeno

Según Solórzano (1992), los elementos biológicos más abundantes tales como carbono, nitrógeno, oxígeno y azufre están sujetos a ciclos y el más importante es el del nitrógeno. El ciclo del nitrógeno es la recirculación del nitrógeno desde el elemento libre pasando a atmosférico es fijado por algunos microorganismos, descargas eléctricas o fijación industrial y es llevado hasta nitrógeno inorgánico reducido (amonio, NH_4^+), el cual puede ser oxidado por la flora del suelo hasta nitrato. Las plantas pueden utilizar cualquiera de estas dos formas asimilables del nitrógeno.

El nitrato absorbido por las plantas es reducido hasta amonio e incorporado por algunos aminoácidos y en otros compuestos nitrogenados, estos son ingeridos por los animales, quienes lo degradan para incorporarlos a sus propios componentes nitrogenados. El nitrógeno pasa así de un animal a otro devolviéndolo finalmente al suelo cuando el animal muere o excreta sus productos de deshecho; la flora microbiana aprovecha estos compuestos para su propio crecimiento y de esta manera, el nitrógeno puede ser convertido de nuevo a amonio o nitratos que podrán ser asimilados por las plantas y así sucesivamente. Finalmente existen algunos microorganismos que convierten al nitrato nuevamente en nitrógeno molecular (desnitrificación) y de esta manera lo regresan nuevamente a la atmósfera para cerrar el ciclo.



Fuente: www.lenntech.com/espanol/ciclo-nitrogeno.htm

Figura 1. Ciclo del nitrógeno

La fijación del nitrógeno es el proceso por el cual se compensa la pérdida por desnitrificación y como ya se mencionó anteriormente esta fijación puede ser llevada a cabo biológicamente, de hecho mas del 70% del nitrógeno fijado corresponde a procesos biológicos.

2.2. Simbiosis

El fenómeno de la fijación simbiótica del nitrógeno, es característico de las leguminosas, es realizado por las bacterias nitrificantes, siempre y cuando en el suelo exista menor cantidad de nitrógeno que en el aire. Los rizobios o bacterias infectan los pelos absorbentes de las raíces de las leguminosas. Las bacterias toman la energía de la planta a la cual han infectado, y esta a su vez recibe el nitrógeno que la bacteria ha logrado fijar (Parsons, 1987). Este es un proceso recíproco y recibe el nombre de simbiosis, porque los dos organismos se aprovechan entre sí.

Para Alexander (1980) citado por Mena (2001) indica que los pelos radiculares, sufren una deformación o un enroscamiento, por la influencia de algunos productos sintetizados y excretados por las bacterias, probablemente estos productos incluyan ácidos nucleicos, polisacáridos o proteínas.

2.3. Formación de nódulos

Según Cubero y Moreno, 1983 se produce una deformación de los pelos radiculares consistente en una curvatura más o menos pronunciada del pelo, o en una ramificación inducida por las cepas del *Rhizobium*., luego se produce una invaginación de la pared celular en algún punto del pelo absorbente, produciéndose un canal de infección por el que penetra el *Rhizobium*.

El canal de infección progresa en dirección del cortex radical, ramificándose y atravesando las células del vegetal, con cuyo núcleo parece establecer alguna relación. Simultáneamente se produce una multiplicación de las células del cortex, en especial aquellas que son poliploides, dando lugar a la aparición del nódulo. En un determinado momento detienen su crecimiento y descargan su contenido bacteriano al interior de las células radiculares. Las bacterias continúan multiplicándose formando vesículas al interior del citoplasma, a su vez pueden dividirse llenando las células.

Mena, 2001 cita a Orosco (1996) para indicar que la formación de nódulos bajo condiciones ideales se desarrolla aproximadamente en tres días, el nódulo no es visible a simple vista, llegando a ser notorio entre los 10 y 14 días en condiciones de laboratorio y en condiciones de campo a los 21 y 28 días.

La forma y tamaño de los nódulos es una característica determinada por la planta y que depende de la actividad y distribución del meristemo del nódulo. Existen nódulos esféricos (soja, frijol), elipsoides (trébol) digitados (haba, garbanzo), que envuelven a la raíz (altramuz), etc. según Cubero y Moreno (1983).

Sinha, 1978 cita a Black, 1968 para afirmar que el aumento de la nodulación trae consigo una mayor producción de materia seca y en ciertas ocasiones puede ir unido a unos rendimientos altos del grano. Aunque no siempre es posible establecer una relación directa entre nodulación y el rendimiento, por sus características complejas.

2.4. Bioquímica de la fijación del N

La capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico en una leguminosa nodulada radica en los bacteroides, sirviendo el nódulo de sede o microambiente que favorece y estimula la fijación. La planta suministra los sustratos carbonados que aportan energía y electrones, y sirven también para combinarse con los productos de la fijación Bergensen y Turner, 1967 citado por Cubero y Moreno, 1983.

Mena, 2001 cita a Hamdi (1985) para afirmar que la fijación del nitrógeno atmosférico se requiere de los siguientes factores:

- La enzima nitrogenasa
- Una fuente de Adenosintrifosfato (ATP)
- Una fuente de poder reductor
- Un sistema protector de enzima nitrogenasa del oxígeno.

- Un mecanismo de translocación de 1 nitrógeno para evitar la inhibición de la nitrogenasa.



3. MANTENIMIENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO CON LEGUMINOSAS

3.1. Perspectivas de la fijación simbiótica de nitrógeno

El suministro de nitrógeno al suelo se efectúa por diferentes procesos: precipitaciones pluviales, sedimentos, aplicación de fertilizantes (químicos y orgánicos) y la fijación biológica. La incorporación de Fertilizantes químicos nitrogenados al suelo se estima en 65 millones de toneladas métricas de nitrógenos por año y la cantidad biológica fijada en forma biológica es entre 139 a 170 millones de toneladas métricas por año, según Pijnenborg (1998), citado por Mena (2001).

En la actualidad la fijación de nitrógeno se realiza en la industria a través de la síntesis de amoníaco a partir de hidrogeno y nitrógeno atmosférico (mediante el proceso de Haber). En la naturaleza, la fijación se realiza en unos pocos géneros de bacterias y cianofíceas (Solórzano, 1992).

3.2. Aplicación agrícola de la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa

Para Cubero y Moreno (1983), la fijación de nitrógeno en las leguminosas tiene un gran interés agronómico porque es un medio económico de mantener o aumentar el contenido en nitrógeno del suelo, y de producir proteínas de calidad en un momento en que se presentan en el mundo problemas de tanta importancia como el aumento explosivo, de la población y la escasez de alimentos o de materias primas no renovables, especialmente la energía. Además la utilización de esta técnica supone las siguientes ventajas: ahorro de fertilizantes nitrogenados, altas producciones en las cosechas, enriquecimiento del suelo, aprovechamiento de suelos marginales y control de malas hierbas.

Esta asociación tiene un carácter benéfico para la planta que utiliza el nitrógeno fijado por la bacteria en forma directa e independientemente del nitrógeno combinado del suelo. El rizobio recibe a cambio la energía y nutrientes que necesita, con lo cual no tiene que competir con los microorganismos del suelo para obtener alimentos (Parsons, 1987). El resultado es un beneficio neto para ambos, de tal forma que la leguminosa y la bacteria pueden prosperar incluso en suelos pobres en nitrógenos y materia orgánica, donde por separado llevarían una vida efímera.

La fijación de nitrógeno solo ocurre en presencia de una o varias cepas efectivas de *Rhizobium* que pueden infectar la raíz y formar los nódulos (Caldwell, 1969 citado por Cubero y Moreno, 1983). Si estas cepas no existen en el suelo será necesario introducirlas, y la forma más sencilla es inocular las semillas con un cultivo apropiado de *Rhizobium*, que se conoce con el nombre de inoculante.

C. CULTIVOS ASOCIADOS CON LEGUMINOSAS

El principio de los cultivos asociados consiste en sembrar en una misma parcela plantas con diferencias en arraigamiento, requerimiento de luz y elementos nutritivos y que en la asociación de cultivos se puede aprovechar mejor la tierra sin destruirla, haciendo hincapié en la combinación de cultivos que fijan nitrógeno al suelo con cultivos que lo extraigan (Valverde, 1992) mencionado por Patty, 2003. Un ejemplo recomendado es la asociación de leguminosas con maíz.

1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ASOCIACIÓN

Meneses et. al. (1996), indica que el sistema asociado maíz-frijol, representa para un agricultor una mayor producción de alimentos por unidad de área, porque se logran obtener rendimientos de maíz semejantes a los obtenidos en monocultivo y la producción de granos frijol provee una cantidad adicional de alimentos. Además este sistema confiere una cierta estabilidad, ya que si uno de los cultivos tiene rendimientos bajos, el otro componente de la asociación puede compensar.

El maíz tiene más habilidad competitiva que el frijol y otras leguminosas, intensificándose a mayores densidades y en las últimas fases de su ciclo, porque la sombra que proporciona afectan significativamente los rendimientos de las leguminosas. El maíz, casi siempre se beneficia al estar asociado con leguminosas, este beneficio en maíz a veces supera el perjuicio ocasionado en la leguminosa y la producción global resulta mayor, Reyes (1990).

Con el fin de establecer la rentabilidad y eficiencia técnica de la asociación maíz-frijol González *et.al.*, 1995 (mencionado por Patty, 2003) realizó un ensayo de cultivo asociado maíz con frijol, donde comprobó que el promedio del maíz asociado a la leguminosa disminuyó entre un 7 y 16% en diferentes localidades de Cochabamba, mientras que en cultivos de frijol su rendimiento redujo de 54 a 58%.

Leihner, 1983 indica que la asociación de especies de ciclo similar ofrece ventajas solo en el uso del espacio, mientras la asociación de cultivos de ciclos diferentes puede permitir una ganancia en el rendimiento total del sistema.

Para Augstburger (1985), tanto en suelos pobres y ricos, una buena combinación de especies y adecuada agrupación, causa mejor aprovechamiento de los factores principales para el crecimiento vegetal, como ser nutrientes, agua y luz. Al combinar cualquier especie con leguminosas, no solo se saca el beneficio del nitrógeno fijado, sino también elevan los elementos nutritivos de estratos profundos hacia la capa arable. Además de solubilizar el fósforo para provecho de plantas vecinas.

Esprella, 1995 en un ensayo de maíz asociado con canavalia ha comprobado que el maíz de la variedad Swan tuvo un mejor rendimiento de 2,797 ton ha⁻¹ en comparación a otras variedades de maíz. Sin embargo en el monocultivo tuvo un rendimiento de 4,440 ton ha⁻¹.

Francis, (citado por Reyes, 1990) reporta que los rendimientos del maíz sufren una fuerte competencia y su producción se reduce en 30% o 50% si el frijol es sembrado antes que el maíz, dependiendo del tipo de planta de frijol y de su tiempo de madurez. En siembras al mismo tiempo, la producción del maíz a la misma densidad no fue reducida por la presencia de otro cultivo, mientras que los rendimientos del frijol se redujeron en 45% y 51% para frijol de mata y guía respectivamente.

2. ASOCIACION MAÍZ FRÍJOL

Ramalho *et. al.*, (1984) citado por Kluthcouski (1997), como resultado de una investigación evidenciaron una pequeña reducción en la producción de maíz, debido a la competencia ejercida por el frijol en asociación simultánea del maíz con el frijol, en épocas tradicionales. En algunos casos existen pequeños aumentos de rendimiento que han sido verificados. El frijol asociado con maíz, por otro lado, los cultivos tradicionales con riego y secano no han producido buenos rendimientos. Hay un excesivo ataque de plagas y enfermedades en este periodo, y una deficiencia hídrica, además de un sombreado ejercido por el maíz sobre el frijol, ya que aproximadamente un 50% de los rayos luminosos es interceptado por las nubes, impiden el desenvolvimiento y la producción del frijol asociado.

Para asociar maíz-frijol, con preferencia debe elegirse frijol de ciclo corto de 70 a 80 días a la cosecha. Uno de los posibles problemas con los cultivares de ciclo medio (80 a 100 días), en invierno, y que al final del ciclo puede coincidir con la cosecha del maíz, dificultando la tarea y aumentando la posibilidad de pérdida en la cosecha del frijol. Las variedades de frijol con hábito de crecimiento erecto, deben ser las preferidas para asociar (Kluthcouski, 1997).

Según el mismo autor, en el cultivo de maíz, el espaciamiento y la distribución de plantas deben obedecer las recomendaciones convencionales, o sea de 0,9 a 1 m entre filas, cuatro a cinco plantas por metro cuadrado. Un aumento en la densidad o reducción en el espaciamiento resulta una pérdida de peso y disminución del número promedio de espigas comercializables por planta.

Para Kluthcouski el frijol sembrado simultáneamente con el maíz, puede ser establecido de varias formas, en línea o entre líneas del maíz. Las variedades precoces deben ser sembradas en espaciamiento de 0,4 a 0,5 m entre hileras y no dentro las hileras del maíz (ver Figura 2).

La siembra en la misma hilera del maíz, puede también ser utilizada, en este esquema puede ocurrir mayor competencia de maíz, y una menor población de frijol,

resultando una posible reducción de la productividad de esta leguminosa. La densidad de siembra del frijol debe ser de 10 a 12 plantas por metro para variedades erectas y de ciclo corto. Para variedades de ciclo medio y de hábito de crecimiento indeterminado, la densidad puede ser reducida para ocho a diez plantas por metro.

Reyes (1990), señala que la practica de sembrar en el mismo ciclo agrícola, dos o mas cultivares, es un agroecosistema en el que las plantas asociadas comparten el mismo espacio, tiempo y clima; que se desarrollan a partir de una estrategia de *productividad* y no de alta producción, en donde no todo lo que se produce tiene un valor de cambio, sino que se generan valores de uso indispensable en la economía familiar, donde producir alimento es sostén de la vida.

Se ha considerado siembras asociadas al sistema de producción, donde se siembran mezcladas, sobre el mismo surco, semillas de diferentes especies (Reyes,1990).

Existen varias modalidades para el caso del maíz z-frijol, las más comunes son:

- 1) En el mismo surco alternar una planta de maíz z y una frijol.
- 2) En la misma mata de maíz z sembrar una de frijol.
- 3) Sembrar maíz z con frijol de mata, de media guía o de guía, mezclando las dos especies con distribución al azar en el surco.

Para el agricultor, el sistema asociado frijol-maíz representa una mayor producción de alimentos por unidad de área, toda vez que se obtienen rendimientos de maíz semejantes a los obtenidos en monocultivo y la producción de granos de frijol provee una cantidad adicional de alimentos. (Ruiz, 1996).

Lépiz (1978) citado por Reyes (1990) con amplia experiencia en frijol y su cultivo en asociación, indica que la asociación de cultivos maíz z-frijol supera en rendimientos económicos, tanto a las siembras solas de frijol como de maíz. Un resumen de los múltiples trabajos hechos con la asociación se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3 Resumen de algunos de los resultados obtenidos por diferentes investigadores en estudios de asociación maíz-fríjol en temporal.

AUTOR	AÑO	LUGAR	TESTIGO \$/HA	MEJOR ASOC. (\$/HA)	DIFERENCIA	% SOBRE TESTIGO
Lépiz, I.P.	1969	INIA, Chapingo	1.125 (F)	2.635	1.240	110
Moreno, R.O.	1972	C.P. Puebla	2.393 (F)	5.955	3.562	148
Ruíz, B.A.	1972	Plan Puebla	3.053 (M)	5.969	2.916	95
Lépiz, I.R.	1972*	INIA, Pue-Tlax.	2.164 (M)	2.832	668	31
Platero, H.O.	1975**	C.P. Chapingo	7.340 (F)	8.200	860	12
Sánchez, D.S.	1977	ENA. Chapingo	5.792 (M)	10.118	4.326	75

Fuente: Tesis del Dr. En Ciencias Rogelio Lépiz.

3. ASOCIACION DE MAIZ CON DIFERENTES LEGUMINOSAS

Carreño *et. al.* (1994), indica que se puede establecer el maíz a 1 m entre líneas y 0.8 entre planta dejando caer 2 a 3 semillas por golpe. Al realizar la primera limpieza o 35 días posterior a la siembra de maíz establecer doble hilera de mucuna negra entre hileras de maíz a densidad de 0.40 m por 0.20 m, utilizando 2 a 3 semillas por golpe.

El maíz asociado con especies leguminosas forrajeras como ser alfalfa (*Medicago sativa*), trébol (*Trifolium pratensis*) y vicia (*Vicia villosa*), al ser establecidos estos bajo el abrigo del maíz, en algunos casos resultaron ser perjudicados en la producción de la materia seca; sin embargo el rendimiento del grano de maíz no fue afectado. (Reyes, 1990).

Según Samur (1978), recomienda la asociación del *lab lab* (*Lablab purpureus*) al cultivo de maíz simultáneamente, por ser más rentable que la siembra escalonada a los dos y seis semanas. El rendimiento de grano de maíz no fue afectado en comparación al monocultivo; por otra parte la proteína disponible para el pastoreo del ganado presentó un rendimiento superior, aunque se presenta dificultades en la cosecha del maíz.

Mansilla y French (2003), en un ensayo con triple asociación, piña-soya-maíz, donde la distancia del maíz fue a 3 m en surcos dobles, obtuvo un óptimo uso equivalente de la tierra en rendimiento de granos. Sin embargo la competencia por humedad bajo notablemente los rendimientos de ambas especies anuales. Por lo que las asociaciones dobles ya sea piña maíz o piña soya dieron mayores rendimientos que las asociaciones triples.

4. EPOCAS DE SIEMBRA

La época de lluvia es uno de los factores que determina las épocas de siembra del cultivo de frijol, y fundamentalmente por la demanda de agua en el cultivo principal. Las épocas de siembra del frijol varía en las regiones tropicales, pues prácticamente cada localidad tiene una distribución de lluvias diferente y depende del ciclo vegetativo y la variedad que se emplea, según Aquize (1997) y Ortube *et.al.* (1996) citado por Vicente, 2003.

Asimismo, respecto al maíz EMBRAPA (1981) y Parsons (1982) mencionado por Martínez (2001), indican que el momento adecuado de la siembra está determinado por las condiciones climáticas de las diferentes zonas productoras y el ciclo vegetativo de la variedad que se utiliza.

A su vez Reyes (1990), afirma que en cultivos asociados maíz-frijol existe una disminución del maíz si la leguminosa es sembrada antes, esto dependiendo del tipo de planta y de su tiempo de madurez.

Para Douglas, 1978 (citado por Patty, 2003) la diferencia de tiempo para la siembra de una especie a otra, en un sistema asociado se clasifica en los siguientes sistemas:

- **Maíz y frijol en asociación directa**, con fecha de siembra relativamente similares, donde la competencia interespecífica influye en mayor y menor grado sobre el rendimiento relativo.

- **Maíz y frijol en sistemas de relevo** en los cuales las fechas de siembra no son similares, pero comúnmente se ve afectada por la madurez relativa de la otra especie en el sistema, presenta algún traslape de los cultivos en el tiempo.
- **Maíz y frijol en sistemas monocultivos** en los cuales las dos especies son independientes entre si con respecto al espacio y el tiempo.

Esprella 1995, en un ensayo de cultivo asociado maíz Swan con canavalia (*Cannavalia ensiformis*), comprobó que el monocultivo de maíz es el sistema que da mayor rendimiento en maíz con $3,71 \text{ ton ha}^{-1}$, mientras que la siembra simultanea tuvo rendimientos de $2,49 \text{ ton ha}^{-1}$ y la siembra separada $2,53 \text{ ton ha}^{-1}$.

5. NITRÓGENO EN EL SUELO

5.1. Incorporación de Nitrógeno por el frijol

El cultivo de frijol se caracteriza por su capacidad de incorporar nitrógeno fijado por las bacterias del genero *Rhizobium*, lo que ayuda a la recuperación de la fertilidad del suelo, Ortube y Anzoategui, 1995 mencionado por Vicente, 2003.

Vicente, 2003 cita a Ruiz et.al. (1999) para indicar que las leguminosas son capaces de utilizar el nitrógeno del aire mediante la simbiosis, en el caso del frijol hasta un 60% de sus requerimientos de nitrógeno puede ser suministrado por este proceso.

5.2. Absorción de Nitrógeno

Cuando los microorganismos no tienen suficiente nitrógeno disponible para descomponer un material vegetal, estos toman el nitrógeno del suelo y luego el suelo queda empobrecido de este elemento según Fuentes (1989), y a medida que avanza la descomposición decrece la relación C/N.

Para Kolling (1984) citado por Leigue (1986), el nitrógeno fijado por los organismos nodulares puede seguir tres caminos:

- Puede ser usado por la planta Huésped, beneficiándose gradualmente por la simbiosis.
- El nitrógeno puede pasar al propio suelo por excreción o mas propiamente por simple separación de los nódulos o partes de las raíces. El cultivo de la asociación puede beneficiarse.
- Cuando la leguminosa es enterrada, parte del nitrógeno es aprovechable para el siguiente cultivo.

5.3. Influencia del N en el contenido proteico del grano de maíz

Diversos autores señalaron que el aumento de la fertilización nitrogenada produce un incremento en el rendimiento de materia seca, aumentando además el contenido proteico del grano de maíz (Carlone y Russel, 1987; Bundy y Carter, 1988; Muchow y Sinclair, 1994; Sinclair y Muchow, 1995) mencionado por Soto, 2004.

El nitrógeno es esencial en la obtención de proteína en el maíz, y se requiere una dosis adecuada de fertilización nitrogenada para obtener el máximo de proteína (Cox et al., 1993). Al respecto, Binder et al. (2000) y Scharf et al. (2002) señalaron que es conveniente aplicar los fertilizantes nitrogenados en parcialidades para obtener una mayor producción de maíz, ya que el consumo de nitrógeno es mínimo al inicio del crecimiento de la planta, aumentando luego hasta alcanzar un máximo entre la floración y la formación inicial de grano (Hanway, 1963). citados por Soto (2004).

Mariani (1985), en estudios realizados demuestran que al incrementar la disposición de nitrógeno en el suelo, el contenido proteico en el grano de maíz se incrementa. También comprobó que a mayor densidad del maíz se tendrá mayor producción de grano, pero el contenido de proteína y el triptófano se incrementa en tasas menores.

La siembra individual del maíz en su población óptima produce el mayor rendimiento de grano y energía, mientras que su asociación con soya resulta en la máxima producción de grasas, proteínas y metionina, según Beets (citado por Reyes, 1990).

6. LEGUMINOSAS COMO ABONOS VERDES

6.1. Efecto benéfico de cultivos de Abono verde o leguminosas para el suelo.

El término abono verde en su definición moderna y amplia, se refiere a la utilización de plantas en asociación, rotación, con cultivos, incorporados al suelo o dejados sobre la superficie. Los fines son protección superficial, mantenimiento y mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Carreño y Ditchburn, 1998). Además reducen las oscilaciones térmicas del suelo, la incidencia de plagas, enfermedades y nematodos.

El uso de cobertura tiene grandes beneficios para el suelo y que las leguminosas han sido las más utilizadas como tales. La forma más común ha sido siembras en rotación para la incorporación como abono verde.

Sin embargo la asociación requiere manejo cuidadoso para que el abono verde no compita con el cultivo comercial, ni dificulte la cosecha (Carreño y Ditchburn, 1998). Además para Muzilli (1992), las especies de crecimiento lento y de hábito erecto pueden ser sembradas simultáneamente con el cultivo. En cambio, se siembran abonos verdes agresivos o trepadoras después de haber establecido el cultivo. Como en el caso de la mucuna es recomendable sembrar a partir de la floración del maíz.

Meneses, *et. al.* (1996), afirma que como coberturas permanentes en cultivos perennes, las especies indicadas son: *Arachis pintoi* (mani forrajero), *Desmodium ovalifolium*, *Calopogonium mucunoides* y *Pueraria phaseoloides* (kutzú), que además pueden ser utilizadas como pastos para ovinos.

Uchida *et. al.* (1999), afirma que la Mucuna ceniza es una excelente cobertura que permite controlar las malezas, tiene crecimiento rastrero y trepador puede ser utilizado como cobertura durante todo el año.

6.2. El abono verde asociado con cultivos anuales.

Muzilli (1992), indica que el cuidado principal es evitar la competición por luz, agua y/o nutrientes entre el cultivo y el abono verde, en caso de maíz se recomienda la siembra de abono verde, unos 25 - 30 días después del establecimiento del cultivo.

Las ventajas del sistema consisten en la utilización intensiva del suelo, aunque sea en pequeñas áreas, y el control de la incidencia de malezas, además de la protección del suelo sin perjuicio de los rendimientos comerciales.

IV. MATERIALES Y METODOS

A. LOCALIZACION

1. Ubicación geográfica

El presente estudio se desarrollo en los predios del Instituto Superior Técnico Agro-Industrial Caranavi (ISTAIC), ubicado en la colonia Broncini de la Provincia Caranavi a 156 Km. de la ciudad de La Paz. Según IGM (1997), geográficamente se encuentra localizado a $67^{\circ} 34'$ longitud oeste y $15^{\circ} 44'$ de latitud sur. Para ubicación cartográfica ver Figura 3.

2. Características climáticas

Se encuentra a una altura de 630 m.s.n.m., con una temperatura media de 26° a 35° C, una precipitación pluvial promedio de 1200 a 1800 mm y una humedad relativa media de 81 %. De acuerdo a la clasificación propuesta por Holdridge, la zona corresponde a bosque húmedo subtropical. (Unzueta, 1992).

3. Fisiografía

Ibis Consultores (2001) describen como una zona montañosa que presenta un relieve fuertemente accidentado cuyas elevaciones ejercen gran influencia sobre el comportamiento climatológico y que confirman la existencia de varias regiones microclimáticas cuyo comportamiento específico presenta condiciones favorables y desfavorables, para el desarrollo agrícola en la región. Las montañas conforman cadenas de pliegues de la cordillera Oriental, que van disminuyendo de altitud y pendiente a medida que se acercan hacia el territorio subtropical.

B. MATERIALES

En el presente estudio se utilizaron los siguientes materiales.

1. MATERIAL VEGETAL

- **Maíz (*Zea mays L.*), variedad Swan:** de porte y maduración intermedia, grano pequeño de color amarillo anaranjado con un rendimiento promedio de 3.6 ton ha⁻¹, muy utilizado en la fabricación de alimentos balanceados.
- **Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*):** Se han utilizado dos variedades:
 - § **Frijol Vainita:** planta anual, herbáceo, con sistema radicular bien desarrollado y de crecimiento rápido, con abundante cantidad de nódulos, debido a la simbiosis bacterial localizada en la corteza de las ramificaciones laterales. El tallo está formado por una sucesión de nudos y entrenudos. Las hojas son trifoliadas y alternas. El fruto es una legumbre o vaina con varias semillas y se consume en estado tierno o vaina, Vigliola (1992) mencionado por Delgadillo, 2000.
 - § **Frijol Cuarentón:** leguminosa de porte bajo con un ciclo corto 50-60 días, apreciado por su elevado contenido de proteínas y por que forman parte de numerosos platos típicos de alto consumo.

2. MATERIAL DE CAMPO

- **Materiales y equipos:** flexómetro, regla, plásticos, libreta de campo, sobres manila, estacas, letreros y cámara fotográfica.
- **Herramientas:** Tractor, aperos agrícolas (picota, azadón, rastrillos y machete) y lienza.

3. MATERIAL DE LABORATORIO

- **Muestras:** de suelo y de grano de maíz.
- **Equipos:** Balanza de precisión, medidor de humedad
- **Laboratorios de servicio:** Para la determinación del contenido del nitrógeno tanto del suelo como del grano de maíz.

4. MATERIAL DE GABINETE

Equipo de computación, hojas bond, disquetes.

C. METODOLOGIA DE CAMPO

1. PREPARACIÓN DEL SUELO

El terreno elegido para establecer el experimento fue un área donde se cultivo yuca en la gestión anterior. Para habilitarlo se procedió con las siguientes actividades:

- a) **Desmalezado:** Consistió en quitar las malezas con el uso de machetes.
- b) **Tumba:** Se procedió a talar los pocos árboles de diámetro mayor con el uso del hacha, y luego fueron eliminados de raíz para facilitar la labranza con el tractor, para ello se utilizó picota, pala y tractor.
- c) **Limpieza:** Se despejó el suelo de los restos vegetales, tanto de malezas como palos y raíces de los árboles.
- d) **Labranza:** La remoción del suelo se realizó con el tractor, utilizando el arado de disco y posteriormente la rastra de discos, quedando el terreno removido y mullido (ver Figura 4).

2. DEMARCACIÓN DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES.

Utilizando winchas y estacas se procedió con el trazado de la parcela experimental de acuerdo al diseño y croquis de campo; se demarcó 25 unidades experimentales.

Posteriormente la distribución de tratamientos (siembra de leguminosas) se realizó después de la siembra de maíz en todas las parcelas o unidades experimentales de manera aleatoria utilizando la distribución pre planificada en base a letras las cuales, al sorteo, correspondieron a los diferentes tratamientos (ver Figuras 4 a 6).



Figura 4. Terreno preparado y demarcado



Figura 5. Semilla de Cuarentón y Vainita para sembrar a los 30 y 50 días después de la siembra del maíz

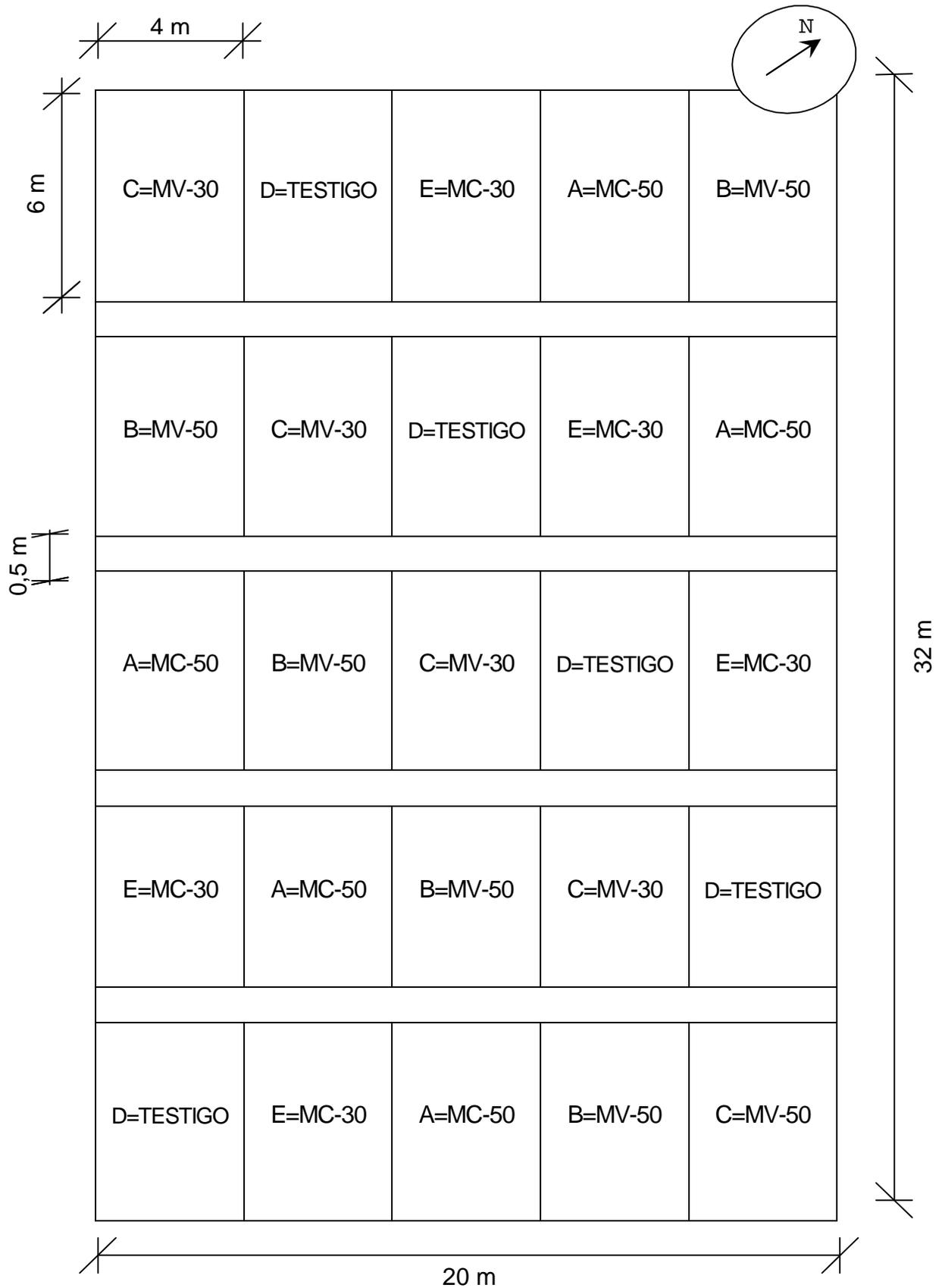


Figura 6. Croquis de campo y características dimensionales de la parcela experimental.

3. MUESTREO DE SUELO

El primer muestreo de suelo se realizó antes de la siembra a una profundidad aproximada de 25 cm. la muestra se obtuvo de diferentes sectores del terreno destinado al estudio, y por medio de varios cuarteos se obtuvo una muestra representativa.

Se procedió a un segundo muestreo luego de la cosecha; de cada unidad experimental se saco una muestra obteniendo luego, por cuarteo, una sola muestra por cada tratamiento para luego enviarlo a laboratorio del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), donde se realizó su análisis químico, para determinar el contenido de nitrógeno.

4. SIEMBRA DE MAÍZ

La siembra se realizó el 2 de octubre de 2001, luego de la labranza y nivelado del terreno. El sistema de siembra aplicado fue manual, que consiste en el uso de un palo de 4 cm de diámetro con punta en uno de los extremos para realizar los hoyos donde se depositaron 3 a 4 semillas por golpe a una profundidad de 10 cm aproximadamente, cubriéndolo inmediatamente con un poco de tierra para evitar la pérdida de humedad y garantizar la emergencia.

La densidad utilizada fue de 50.000 plantas/ Ha con una distancia de 1 m entre líneas y 0,40 m entre plantas; a los treinta días luego de la germinación se procedió al raleo dejando desarrollar 2 plantas por sitio (Figura 7).

5. SIEMBRA DE LEGUMINOSAS

La siembra de leguminosas (frijol Cuarentón y frijol Vainita), se efectuó a los 30 y 50 días posterior a la siembra del maíz, utilizando el mismo sistema manual de 3 semillas por golpe a una distancia de 1 m por 0.3 m, siembra que se realizó entre las líneas sembradas de maíz (Figura 7 y 8).



Figura 7. Cultivo de maíz, a los 30 días de su siembra.



Figura 8. Cultivo de maíz con siembra de frijol Cuarentón a los 30 y 50 días.

6. LABORES CULTURALES

6.1. *Raleo de plantas de maíz*

Como se indico anteriormente, el raleo se realizo a los 30 días después de la siembra de maíz, eliminando las plantas menos vigorosas y dejando desarrollar dos plantas por golpe, lo que representa una densidad de 50.000 plantas/Ha.

6.2. *Deshierbe*

Durante los primeros 40 días de desarrollo, el cultivo de maíz es muy susceptible a la incidencia de las malezas, ocasionando una reducción de hasta el 25 % en el rendimiento CIAT (1993). Es por esta razón que a los 15 días de la siembra, se realizo el primer deshierbe, con machete y azadón, el segundo deshierbe fue a los 45 días antes de sembrar las leguminosas.

6.3. *Riego*

Se regó en dos ocasiones, el primero a los 30 días de la siembra y el segundo después de 3 días del primer riego, con el fin de garantizar el refalle de algunas plantas que no germinaron. El riego se hizo en forma manual.

6.4. *Aporque*

Esta labor se realizó a los 45 días, antes que el maíz entre en floración, de manera que la planta pueda aprovechar mejor los nutrientes del suelo y darle un mayor sostén en el terreno.

6.5. *Cosecha*

Se cosecho primeramente las leguminosas sembradas a los 30 días, y posteriormente en forma conjunta el maíz y las leguminosas sembradas a los 50 días (Figura 9 y 10) La cosecha se realizo en forma manual con la siguiente consideración; las dos líneas centrales para el registro de las diferentes variables de respuesta.



Figura 9. Cultivo de maíz asociado con leguminosa, ingresando al punto de madurez fisiológica



Figura 10. Cultivo de maíz asociado con frijol Cuarentón con siembra a los 50 días.

D. VARIABLES DE ESTUDIO

1. VARIABLES INDEPENDIENTES O TRATAMIENTOS DE ESTUDIO

Los tratamientos que se evaluaron en el presente trabajo de investigación son:

- Tratamiento 1 = Maíz + Cuarentón sembrado a los 30 días (MC-30)
- Tratamiento 2 = Maíz + Cuarentón sembrado a los 50 días (MC-50)
- Tratamiento 3 = Maíz + Vainita sembrado a los 30 días (MV-30)
- Tratamiento 4 = Maíz + Vainita sembrado a los 50 días (MV-50)
- Tratamiento 5 = Solamente maíz - tratamiento testigo (M-00)

2. VARIABLES DEPENDIENTES O DE RESPUESTA

Las variables de respuesta que se evaluaron en el presente estudio fueron las siguientes:

2.1. Rendimiento

La parcela de experimento o unidad experimental, contenía a cuatro surcos de plantas de maíz, dos de las cuales, los surcos de en medio, fueron cosechados para la evaluación de rendimiento y ajustados a un contenido de humedad de 14%. La humedad se determinó con el humeímetro (equipo medidor de humedad).

El rendimiento se determinó mediante la siguiente relación matemática:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{Producción de grano de maíz (kg)}}{\text{Superficie evaluada (m}^2\text{)}} \times 10.000 \text{ m}^2/\text{ha}$$

Para el frijol Cuarentón y frijol Vainita, se procedió a la evaluación del rendimiento de la misma manera; el frijol Cuarentón fue cosechado en grano, pero en el caso de la vainita se tomó la medida en materia verde, por su característica de consumo en materia fresca o vainitas.

2.2. Características agronómicas

Para evaluar estas características se realizaron las siguientes observaciones agronómicas:

a) Altura de planta (AP)

A la madurez fisiológica se procedió a medir la altura de planta de maíz en centímetros, desde el cuello de planta hasta la base de la inserción de la espiga, para tal efecto se tomaron 10 plantas al azar de los dos surcos centrales en cada unidad experimental (ver Figura 11).

$$AP (cm) = \frac{\text{Sumatoria de alturas de 10 plantas}}{10 \text{ plantas}}$$

b) Número de mazorcas (NM)

De los dos surcos centrales; en cada unidad experimental, se tomo 10 plantas al azar de las cuales se cosecharon todas sus mazorcas, y se registraron el número de mazorcas por parcela experimental, que luego se promedió.

$$NM = \frac{\text{Sumatoria de número de mazorcas de 10 plantas}}{10 \text{ plantas}}$$

c) Longitud de mazorca (LM)

Este dato se obtuvo mediante la medición de 10 mazorcas desprovistas de las brácteas y tomadas al azar de cada unidad experimental, la medición se realizó desde la base de la mazorca hasta la punta de la misma en cm. con una regla graduada (ver Figura 12).

$$LM = \frac{\text{Sumatoria de Longitud de 10 Mazorcas}}{10 \text{ Mazorcas}}$$



Figura 11. Medición de altura de planta en el cultivo de maíz.



Figura 12. Medición de la longitud de mazorca.

d) Diámetro de mazorca (DM)

De cada unidad experimental se realizó la medición del ancho de la mazorca en cm en la parte media de la misma con un calibrador (vernier), se tomo 10 mazorcas al azar, con grano y desprovistas de las brácteas.

$$DM = \frac{\text{Sumatoria de Diámetro de 10 Mazorcas}}{10 \text{ Mazorcas}}$$

2.3. Contenido de proteína en el grano de maíz

Se tomo muestras de granos de maíz, 300 g de cada tratamiento al 14% de humedad, los cuales fueron enviados a los laboratorios del Instituto de Servicios de Laboratorios de Diagnostico e Investigación en Salud (SELADIS), para el análisis bromatológico y la determinación del contenido de nitrógeno. Al respecto, existen varios métodos para determinar el nitrógeno orgánico, pero según Hatfull,1983 y Morries,1983 mencionado por Kirk *et al.* (1996) el método Kjeldahl aún sigue siendo la técnica más confiable, esta última técnica es la que se utilizo en el presente estudio.

Brevemente el método Kjeldahl se basa en la combustión en húmedo de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos y de otro tipo para reducir el nitrógeno orgánico de la muestra hasta amoniaco, el cual queda en solución en forma de sulfato de amonio. El digerido, una vez alcalinizado, se destila directamente o por arrastre con vapor para desprender el amoniaco, el cual es atrapado y luego se titula.

Se emplean diversos catalizadores, el mercurio en forma de oxido mercúrico es el más eficaz, al igual que el selenio, pero ambos tienen problemas por sus propiedades tóxicas. Más aun el mercurio forma complejos con el amoniaco en el digestor, que requiere la adición de tiosulfato de sodio para romperlos y desprender el amoniaco. También se ha logrado reducir el tiempo

de digestión mediante la adición de sulfato de sodio o de potasio, los cuales elevan la temperatura de la digestión (Kirk *et al.*, 1996).

Según el mismo autor, tradicionalmente el amoníaco liberado del digerido alcalinizado se destila y recolecta en una cantidad, estándar de ácido diluido que, como última etapa, se titula con álcali estándar para dar el contenido de nitrógeno orgánico de la muestra.

2.4. Variación del contenido de nitrógeno en el suelo (antes de la siembra y después de la cosecha de maíz).

Las muestras del suelo tomadas antes de la siembra y post cosecha, fueron enviadas al laboratorio para su análisis químico, y la correspondiente determinación del contenido de nitrógeno.

Según el reporte del Laboratorio del Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEN), para este análisis se utilizó el método Semi micro Kjeldahl, que se realizó mediante el siguiente procedimiento:

- Preparación de la muestra: Se seca la muestra a temperatura ambiente, luego se realiza el molido y finalmente el tamizado en un tamiz de 1 mm de diámetro.

- Análisis: Se procedió a tomar una cantidad de muestra adecuada entre 0.5-4 g. Se añaden cantidades de reactivos como el permanganato de potasio 2.5% y ácido sulfúrico concentrado con la finalidad de acondicionar la reducción de los compuestos nitrogenados como las aminas, etc (estas forman enlaces fuertes, compuestos resistentes a la digestión). Luego se realiza la digestión de la muestra a una elevada temperatura (300-400°C) en medio oxidante (ácido sulfúrico), estos enlaces una vez rotos, pasan a formar el sulfato de amonio. Posteriormente viene la destilación, cuya finalidad es de separar el amonio en medio básico (hidróxido de sodio 50%) a temperatura de 40-70°C, colectando el amonio en un medio ácido de volumen y

concentración conocido. Luego se procede a la titulación, que consiste en una valoración con medio básico exactamente igual a la concentración del medio ácido (ácido clorhídrico):

- § Se toma un volumen igual a la muestra de ácido clorhídrico.
- § Se añade un colorante que actúa como indicador y se valora con hidróxido de sodio hasta que cambie de color.
- § Finalmente se realizan los cálculos del porcentaje de nitrógeno.

3. VARIABLES CONTROLADAS

Se controló las siguientes variables:

- Densidad de siembra del maíz dentro tratamiento
- Densidad de siembra del frijol Cuarentón y frijol Vainita dentro tratamiento
- Labores culturales

E. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA

1. Evaluación del rendimiento del maíz cultivado en asociación con dos variedades de frijol sembrados en dos épocas.

Se analizó empleando el diseño en cuadro latino 5x5 (Rodríguez, 1991), cuyo modelo estadístico es:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_i + \beta_j + \tau_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación cualquiera

μ = Media poblacional común y constante a todas las observaciones.

γ_i = Efecto del $i^{\text{ésimo}}$ tratamiento ($i=1 \dots 5$)

β_j = Efecto de la $j^{\text{ésima}}$ hilera ($j=1 \dots 5$)

τ_k = Efecto de la $k^{\text{ésima}}$ columna ($k=1 \dots 5$)

ε_{ijk} = Error experimental.

La comparación de promedios se realizó a través de comparaciones ortogonales, bajo la siguiente planificación:

Testigo	vs.	Asociado con leguminosas
Fríjol Cuarentón	vs.	Fríjol Vainita
Fríjol Cuarentón – 30	vs.	Fríjol Cuarentón – 50
Fríjol Vainita – 30	vs.	Fríjol Vainita – 50

2. Determinar la influencia de dos variedades de frijol sembrados en dos épocas, sobre el contenido proteico del maíz

Se evaluó empleando el diseño completamente aleatorio (Little, 1989), cuyo modelo lineal aditivo es:

$$Y_{ij} = \mu + \gamma_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = Observación cualquiera
- μ = Media poblacional común y constante a todas las observaciones.
- γ_i = Efecto del $i^{\text{ésimo}}$ tratamiento
- ε_{ij} = Error experimental

La comparación de promedios se realizara a través de la prueba de Duncan al 5% de significancia.

3. Evaluar la incorporación y absorción de nitrógeno en el suelo, en el cultivo asociado (maíz - frijol)

Se evaluó siguiendo el mismo procedimiento.

F. METODOLOGIA DE ANÁLISIS ECONOMICO

El análisis económico (objetivo 4) se realizó mediante metodología económica de la relación Beneficio/costo (B/C).

Beneficio = Producción de maíz y frijol en \$us/Ha.
 Costo = Considera todos los gastos incurridos en la producción de maíz y frijol \$us/Ha

B/C > 1 Rentable
 B/C = 1 No existe perdida ni ganancia
 B/C < 1 Existe perdida.

G. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados utilizando los módulos de análisis de varianza y comparación de promedios del paquete computarizado (JMP, 1997).

Las variables que fueron sometidos a este análisis fueron rendimiento de grano (ton ha^{-1}), altura de planta (cm), número de mazorca por planta, longitud de mazorca (cm), diámetro de mazorca (cm), contenido de nitrógeno en el grano (%) y variación de nitrógeno en el suelo en pre-siembra y post-cosecha.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. COMPORTAMIENTO CLIMATICO DURANTE EL ENSAYO

Los datos meteorológicos obtenidos durante el ciclo del cultivo se reportan en la Figura 5, 6 y Anexo 3.

1. PRECIPITACIÓN

La precipitación total acumulada registrada en la zona durante el ensayo (septiembre – enero) fue de 731.6 mm, siendo en el mes de noviembre que se registro la máxima precipitación con 184.90 mm y la mínima en el mes de septiembre con 121.4 mm tal como se puede apreciar en la figura 13 y Anexo 3. Al respecto el maíz requiere alrededor de 600 mm en todo su ciclo vegetativo (Magalhates, 1991), esto quiere decir que durante la conducción del ensayo, el agua no fue una limitante.

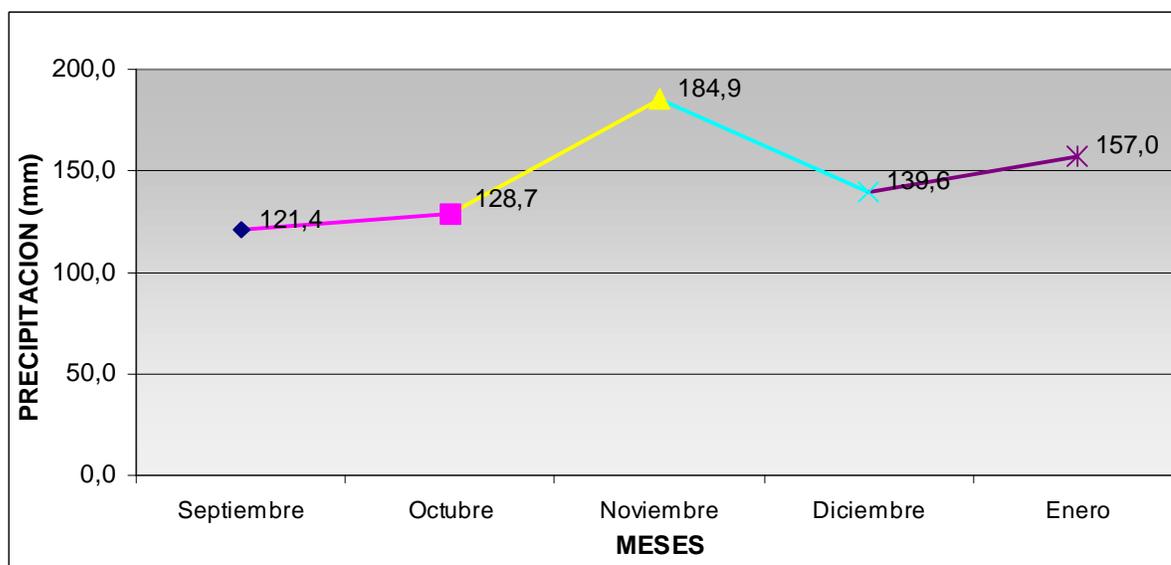


Figura 13. Comportamiento de la precipitación pluvial mensual durante el ciclo del cultivo de maíz en Caranavi, 2001 y 2002.

Por otra parte Aldrich y Leng (1974), indican que desde la siembra hasta la madurez, el maíz requiere una precipitación de 450 mm a 600 mm, y según Magalhates (1991) es mejor cultivarlos en regiones con precipitaciones de 1000 a 5000 mm.

2. TEMPERATURA

Durante el ciclo del cultivo la temperatura media registrada fue de 26.3 °C, con variaciones de temperaturas mínimas de 16.0 a 20.2 °C y temperaturas máximas de 32.1 a 37.0°C tal como se muestra en la Figura 14 y Anexo 3. De acuerdo a estos datos de temperaturas se puede indicar que el cultivo de maíz no sufrió limitaciones en su desarrollo, porque se encuentra dentro los requerimientos necesarios (mínimo 15 °C, máximo 40°C) para un buen desarrollo del maíz, Parsons, (1991).

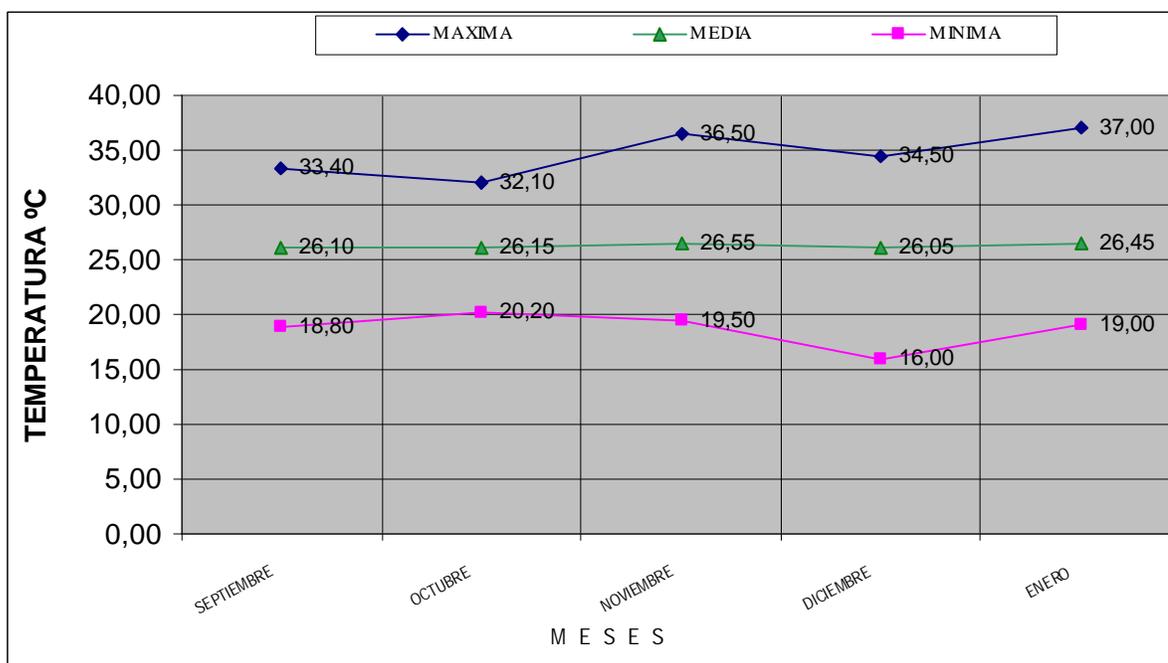


Figura 14. Comportamiento de la temperatura mensual durante el ciclo del cultivo de maíz en Caranavi, 2001-2002.

La temperatura óptima para el maíz, oscila entre 21 y 25 °C y con temperaturas en la noche no inferiores a 14 °C, tanto las temperaturas muy altas (superiores a 40 °C) como las demasiadas bajas perjudicas a las plantas.

B. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO

Las características físico-químicas que se obtuvieron del análisis de suelo, realizado en el Laboratorio de Suelos y Nutrición Animal del Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG) Patacamaya, se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Características físico-químicas del suelo donde se realizó el experimento.

Características	Valores	Observaciones
Profundidad (cm)	25 – 30	
Arena (A)	66 %	
Limo (L)	30 %	
Arcilla (Y)	4 %	
Clase Textural	FA	Franco arenoso
Grava %	1.92	
Tamaño medio grava mm	2-6	
pH 1:2.5 suelo/agua	5.97	Ligeramente ácido
CE 1:2.5(mmhos/cm en agua)	0.065	No hay problemas de sales
Cationes Cambiables (meq/100 g Suelo)		
Al +H	0.00	Bajo
Na+	0.02	Bajo
K+	0.13	Muy pobre
Ca+	3.46	Muy pobre
Mg+	0.96	Muy pobre
TBI	4.57	Pobre
CIC	4.64	Muy bajo
Carbonatos libres		
Matéria Orgânica %	1.43	Pobre
Nitrógeno total %	0.07	Muy pobre
Saturación de bases %	98.70	Muy alta
Fósforo asimilables ppm	10	Regular

Fuente: Laboratorio de Suelos y Nutrición Animal de SEDAG Patacamaya,2001

Los resultados del análisis muestran que el pH del suelo analizado es de 5.97 que corresponde a un rango ligeramente ácido y conductividad eléctrica con un valor de 0.065 mmhos/cm, pudiéndose indicar que en el suelo no existe problemas de salinidad (CIAT,1993). La textura es franco arenoso con 1.92% de grava, 66% de arena, 30% de limo y 4 % de arcilla, textura donde el maíz desarrolla sin ninguna dificultad, (Noriega,1992).

En el Cuadro también se puede apreciar que los cationes cambiabiles del aluminio es 0,00 meq/100 g de suelo, lo que lo hace muy favorable para el cultivo; el calcio, magnesio, sodio potasio y el CIC se encontraron en cantidades mínimas, por lo que se puede mencionar que es un suelo pobre en fertilidad.

C. PLAGAS Y ENFERMEDADES

1. PLAGAS

La incidencia de plagas en el cultivo de maíz fue muy baja, en escala mínima se presento el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*); no fue necesario aplicar insecticidas para su control porque se elimino mediante el control mecánico para evitar su proliferación.

Esta baja incidencia se puede atribuir a las características genéticas de la variedad de maíz utilizada (Swan) resistente a plagas y enfermedades, coadyuvado por las labores culturales que se realizaron, la quema y a las condiciones ambientales en que se desarrollaron.

El uso de variedades de maíz con una mayor resistencia y tolerancia a los insectos reduce los gastos en materiales y equipo utilizados para medidas de control; mejora los rendimientos y la calidad, disminuyendo los costos de producción de cosecha y almacenamiento (Jugenheimer, 1990).

Al respecto, Lagunas, (1975) indica que entre los factores que disminuyen el rendimiento del maíz y del frijol, se encuentran los insectos plagas, los cuales durante el ciclo vegetativo y en almacenamiento pueden ocasionar pérdidas de 20 % a 80 %.

2. ENFERMEDADES

La incidencia de enfermedades foliares fue muy reducida, pero se observaron síntomas de Tizón foliar por maydis causado por el hongo *Helminthosporium maydis*; el daño causado no fue significativo.

Según Jugenheimer, (1990) la severidad de las enfermedades varia de una época a otra, de un campo a otro o de una localidad a otra, dependiendo de la presencia del patógeno, de las condiciones climáticas, del suelo y de la resistencia o susceptibilidad del cultivo, con una preparación adecuada del suelo para la semilla el control de las malezas e insectos, el mantenimiento de un pH favorable y un buen drenaje del suelo, se pueden controlar algunas enfermedades, aunque la efectividad de estas medidas es limitada.

D. VARIABLES DE EVALUACIÓN

Los resultados obtenidos en las variables de evaluación (rendimiento, altura de planta, numero de mazorcas, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, contenido de proteína en el grano de maíz y variación del nitrógeno en el suelo) en cultivo asociado con frijol, fueron evaluados mediante el diseño de cuadrado latino 5x5 y las comparaciones entre tratamientos se hizo utilizando la técnica de contrastes ortogonales.

1. RENDIMIENTO

De acuerdo al Análisis de Varianza para rendimiento (Cuadro 5), se puede apreciar que no existe diferencias significativas entre tratamientos e hileras ($P > 0.741$ y $P > 0.122$), sin embargo entre columnas existe una diferencia altamente significativa ($P < 0.005$), la que podría atribuirse a una heterogeneidad fértil del terreno y a la luminosidad de los rayos solares no tan homogénea en el campo experimental.

Cuadro 5. Análisis de varianza para rendimiento en ton ha⁻¹ del maíz en asociación con leguminosa sembradas a los 30 y 50 días.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	P>F
Tratamientos	4	0.610	0.153	0.493	1.741 N.S.
Hilera	4	2.808	0.702	2.267	0.122 N.S.
Columna	4	7.906	1.977	6.382	0.005 **
Error	12	3.716	0.310		
Total	24	15.040			

Las comparaciones ortogonales dentro tratamientos (Cuadro 6), muestran que no existe diferencias significativas entre testigo (monocultivo de maíz) y asociación con leguminosas ($P>0.764$), la asociación de Vainita vs. Cuarentón ($P>0.592$), y en la comparación dentro Cuarentón: maíz asociado con Cuarentón a los 30 días y 50 días; también dentro Vainita: maíz asociado con Vainita a los 30 días y 50 días no se observa ninguna diferencia significativa para rendimiento ($P>0.239$ y $P>0.846$, respectivamente).

Cuadro 6. Comparaciones ortogonales para rendimiento en ton ha⁻¹ del maíz en asociación con leguminosa sembradas a los 30 y 50 días.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	P>F
Testigo Vs. Leguminosa	1	0.029	0.029	0.307	0.764 N.S.
Vainita Vs. Cuarentón	1	0.094	0.094	0.550	0.592 N.S.
MC – 30 Vs. MC - 50	1	0.475	0.475	0.239	0.239 N.S.
MV – 30 Vs. MV - 50	1	0.012	0.012	0.199	0.846 N.S.

* = Significativo

** = Altamente significativo

N.S. = No Significativo

MC-30 = Maíz con siembra de frijol Cuarentón a los 30 días.

MC-50 = Maíz con siembra de frijol Cuarentón a los 50 días.

MV-30 = Maíz con siembra de frijol Vainita a los 30 días.

MV-50 = Maíz con siembra de frijol Vainita a los 50 días.

Los rendimientos obtenidos para el maíz en el presente trabajo, oscilan entre 4.89 ton ha⁻¹ del tratamiento MC-50 hasta 5.32 ton ha⁻¹ para MC-30 (ver Cuadro 7 y Figura 15), estos resultados son superiores a los rendimientos obtenidos en otras investigaciones Jurado, 2000 y Esprella, 1995.

Cuadro 7. Rendimiento de maíz por tratamiento evaluado

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO promedio Tn /Ha	PROMEDIO POR TIPO DE LEGUMINOSA EN ASOCIACION Tn/Ha	ERROR ESTÁNDAR
MC – 30	5.32 a	MC= 5.10	0,249
MC – 50	4.89 a		0,249
MV – 30	5.00 a	MV= 4.97	0,249
MV – 50	4.93 a		0,249
Testigo	4.95 a	TES= 4.95	0,249

Promedios seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales (contrastes ortogonales = 5%)

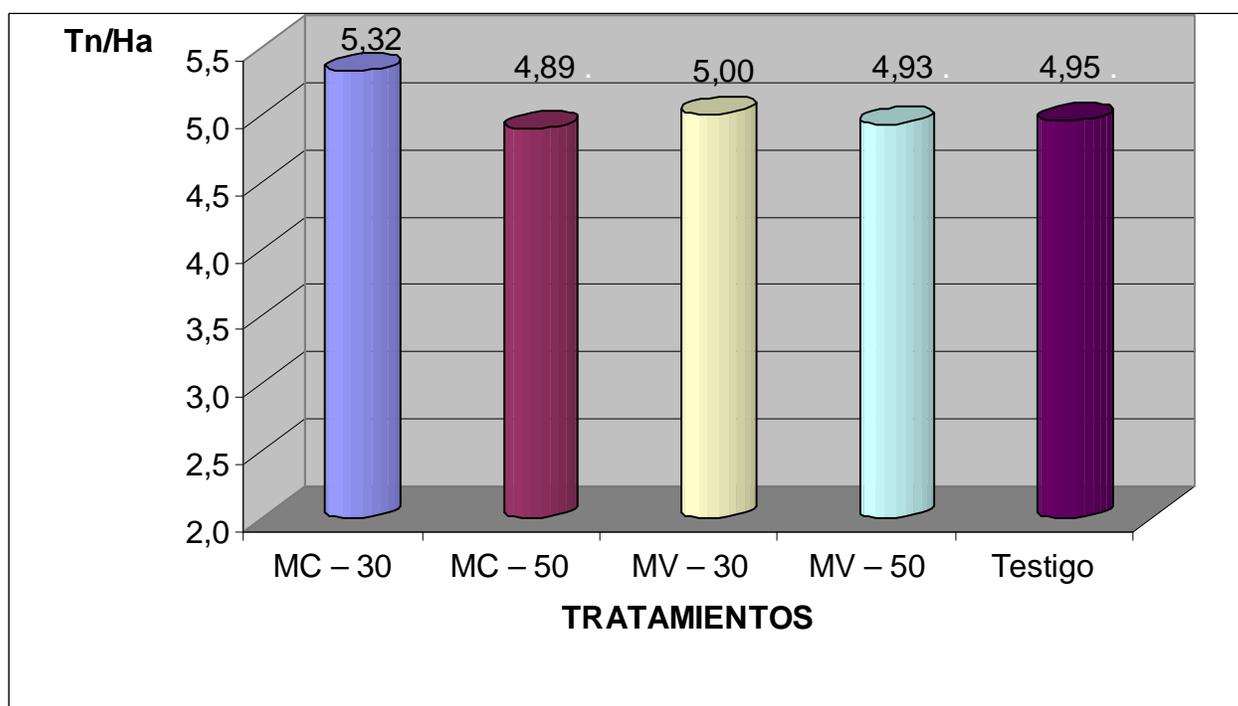


Figura 15. Rendimiento promedio en ton ha⁻¹ del cultivo de maíz en asociación con frijol Cuarentón y frijol Vainita sembrados a los 30 y 50 días.

Si bien los diferentes tratamientos evaluados en el presente estudio repercuten en rendimientos estadísticamente similares para el maíz, se advierte una mayor eficiencia de uso del terreno en aquellas parcelas donde se cultivo maíz con asociación con leguminosas (Cuarentón y Vainita) frente a parcelas con solamente cultivos de maíz, puesto que en los cultivos asociados, además de obtener maíz, como producto principal, se obtuvo también, ya sea Vainita o Cuarentón, como segundo producto, en rendimientos de: $0.065 \text{ ton ha}^{-1}$ para el Cuarentón y $0.040 \text{ ton ha}^{-1}$ para la Vainita.

Es beneficioso para todo agricultor, utilizar técnicas de cultivo que permitan mayor aprovechamiento del recurso suelo, para obtener no solo un cultivo sino dos, que manejados adecuadamente incide en un mayor beneficio económico. Además, esta demostrado (Solórzano, 1992; Muzilli, 1992; Carreño y Ditchburn, 1998) que el empleo de especies leguminosas como mejoradores de suelos favorecen las propiedades físicas y químicas con la incorporación de nitrógeno, principalmente.

Asimismo algunos autores (Ramalho *et al*, 1984; Reyes, 1990) afirman que los rendimientos del maíz en cultivos asociados pueden tener una pequeña reducción debido a la competencia de la leguminosa cuando esta es incorporada simultáneamente, o en algunos casos han sido verificados pequeños aumentos en el rendimiento. Y de acuerdo a los resultados del presente estudio es mas recomendable utilizar variedades de frijol de ciclo corto, y asociarlo haciendo coincidir con la cosecha de maíz al final del ciclo. Aunque esto produce un sombreado del maíz al frijol, reduciendo el rendimiento del frijol, pero el rendimiento del maíz no disminuye.

2. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL MAÍZ: ALTURA DE PLANTA, LONGITUD, DIÁMETRO DE MAZORCA Y NUMERO DE MAZORCAS

El Análisis de Varianza para altura de planta, longitud y diámetro de mazorca, se presenta en el Cuadro 8 y Anexo 5, donde se denota que estadísticamente no existe una diferencia significativa entre tratamiento, hilera y columna. Sin embargo en diámetro de mazorca, entre columnas se aprecia una diferencia significativa.

Cuadro 8. Análisis de varianza para altura de planta, longitud y diámetro de mazorca en cm. de maíz asociado con leguminosa sembradas a los 30 y 50 días.

FUENTES DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	CUADRADO MEDIO ALTURA DE PLANTA	CUADRADO MEDIO LONGITUD DE MAZORCA	CUADRADO MEDIO DIAMETRO DE MAZORCA
Tratamiento	4	427.67 N.S.	0.341 N.S.	0.028 N.S.
Hilera	4	524.74 N.S.	0.288 N.S.	0.175 N.S.
Columna	4	185.31 N.S.	0.179 N.S.	0.050 *
Error	12	184.77	0.628	0.009
Total	24			

* = Significativo ** = Altamente significativo N.S. = No Significativo

Las comparaciones ortogonales para altura de planta, longitud y diámetro de mazorca (Cuadro 9) respaldan los resultados obtenidos en el ANVA no muestran diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes comparaciones realizadas.

Cuadro 9. Comparaciones ortogonales para altura de planta, longitud y diámetro de mazorca del maíz en asociación con leguminosa sembradas a los 30 y 50 días.

FUENTES DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	CUADRADO MEDIO ALTURA DE PLANTA	CUADRADO MEDIO LONGITUD DE MAZORCA	CUADRADO MEDIO DIAMETRO DE MAZORCA
Testigo Vs. Leguminosa	1	276.89 N.S.	0.105 N.S.	0.006 N.S.
Vainita Vs. Cuarentón	1	128.02 N.S.	0.053 N.S.	0.003 N.S.
MC – 30 Vs. MC – 50	1	744.77 N.S.	0.641 N.S.	0.108 **
MV – 30 Vs. MV - 50	1	561.00 N.S.	0.350 N.S.	1.7 E-6 N.S.

2.1 Altura de planta

Al no encontrar diferencias significativas sobre la variable altura de planta se puede indicar que en general la variedad maíz Swan alcanza alturas de planta que va desde 247.94 cm, de maíz con siembra de Vainita a los 50 días hasta 269.12 cm. para maíz con siembra de Cuarentón a los 30 días. (Cuadro 10 y Figura 16).

Cuadro 10. Altura de planta del maíz por tratamiento evaluado

TRATAMIENTO	ALTURA-PLANTA (cm)	PROMEDIO POR INCORPORACION DE LEGUMINOSA (cm)	ERROR STANDAR
MC – 30	269.12 a	MC = 260.49	6.0790
MC – 50	251.86 a		6.0790
MV – 30	262.92 a	MV = 255.43	6.0790
MV – 50	247.94 a		6.0790
Testigo	266.28 a	TES = 266.28	6.0790

Promedios seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales (contrastes ortogonales = 5%)

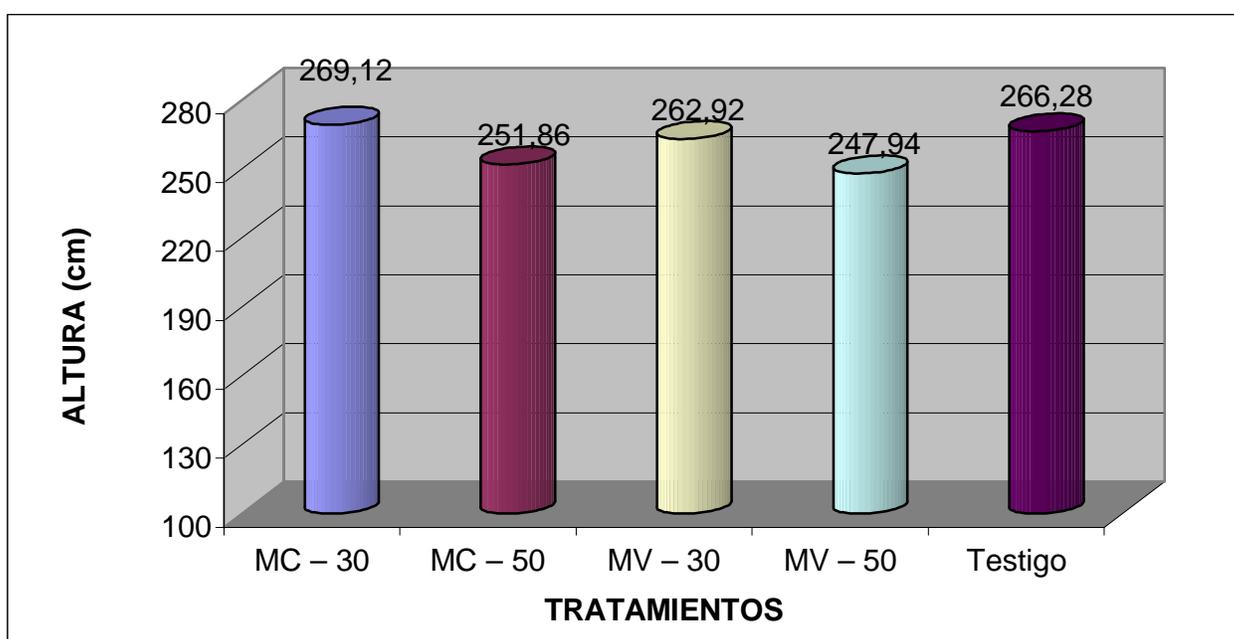


Figura 16. Altura de planta de maíz asociado con Cuarentón y Vainita sembrados a los 30 y 50 días.

2.2 Longitud de mazorca

No se encontraron diferencias significativas para la longitud de mazorcas, pero se puede apreciar en el Cuadro 11 y la Figura 17 que la longitud de mazorca en el maíz varía desde 16.63 cm. para maíz asociado con Cuarentón a los 30 días hasta 17.27 cm. para maíz asociado con Vainita a los 50 días.

Cuadro 11. Longitud de mazorca por tratamiento evaluado

TRATAMIENTO	LONGITUD-MAZORCA (cm)	PROMEDIO POR TIPO DE LEGUMINOSA (cm)	ERROR ESTÁNDAR
MC – 30	16,63 a	MC = 16,95	0,3544
MC – 50	17,26 a		0,5155
MV – 30	16,86 a	MV = 17,07	0,4267
MV – 50	17,27 a		0,3544
Testigo	16,84 a	TES = 16,84	0,3544

Promedios seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales (contrastes ortogonales = 5%)

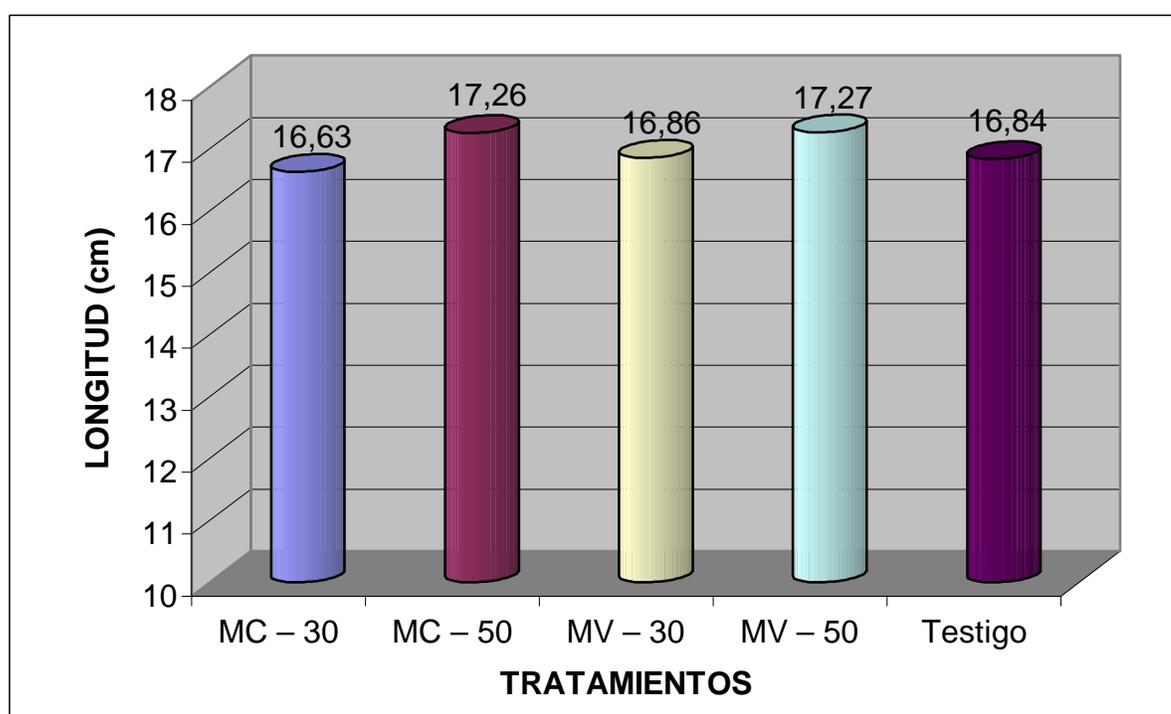


Figura 17. Longitud de mazorca de maíz asociado con Cuarentón y Vainita sembrados a los 30 y 50 días.

2.3 Diámetro de mazorca

En el Cuadro 12 y Figura 18 se puede apreciar que el diámetro de mazorca de maíz varía desde 4.82 cm., para maíz asociado con cuarentón a los 30 días hasta 5.08 cm., para maíz asociado con cuarentón a los 50 días.

Cuadro 12. Diámetro de mazorca por tratamiento evaluado.

TRATAMIENTO	DIÁMETRO-MAZORCA PROMEDIO (cm)	PROMEDIO POR TIPO DE LEGUMINOSA (cm)	ERROR ESTÁNDAR
MC – 30	4,82 b	MC = 4,95	0,0419 *
MC – 50	5,08 a		0,0612
MV – 30	4,99 a	MV = 4,95	0,516
MV – 50	4,92 b		0,0419 *
Testigo	4,95 a	TES = 4,95	0,0516

Promedios seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales (contrastes ortogonales = 5%)

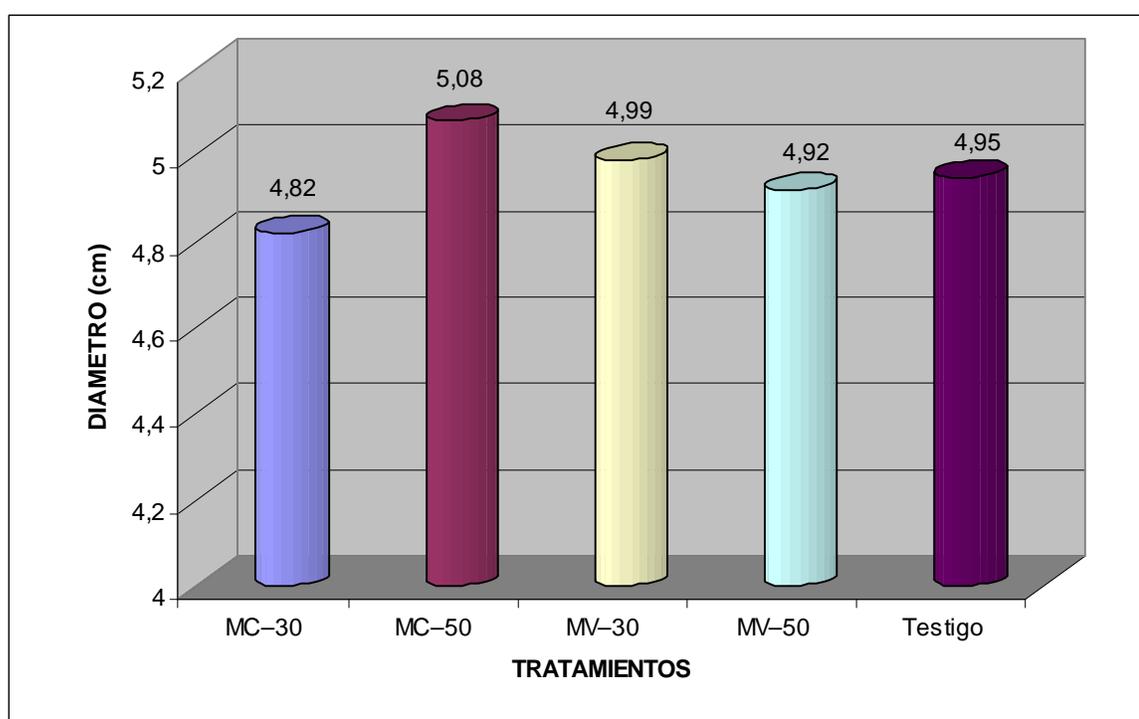


Figura 18. Diámetro de mazorca de maíz asociado con Cuarentón y Vainita sembrados a los 30 y 50 días.

Se encontraron diferencias significativas en MC-30, $P < 0,0419$ y en MV-50, $P < 0,0419$ con 4,82 y 4,92 cm. de diámetro de mazorca de maíz. En MC-50, MV-30 y Testigo no existe diferencia significativa $P > 0,0612$; $P > 0,0516$; $P > 0,0516$ en lo que respecta a diámetro de mazorca. Observando los promedios por tipo de leguminosa, todos tienen un diámetro de mazorca de 4.95 cm.

Las características agronómicas del maíz, al igual que en el rendimiento, estadísticamente son similares, sin embargo se puede apreciar una tendencia de los valores obtenidos es directamente proporcional al rendimiento y una tendencia inversamente proporcional en cuanto a la longitud y diámetro de mazorca coincidiendo con otros estudios (Delgadillo, 2000; Jurado, 2000).

Específicamente en el diámetro de mazorca, donde se manifiesta diferencias significativas se ha evidenciado la proporcionalidad inversa con el rendimiento. A mayor diámetro de mazorca existe una tendencia de menor rendimiento (MC-50), y a menor diámetro mazorca tiende a un mayor rendimiento (MC-30).

2.4 Número de mazorcas por plantas

En el análisis de varianza para número de mazorcas por plantas (Cuadro 13) existe una diferencia significativa entre tratamientos ($P > 0,0389$), pero en hileras y columnas estas diferencias no son significativas $P > 0,6945$ y $P > 0,8221$ respectivamente.

Cuadro 13. Análisis de varianza para número de mazorcas por planta de maíz asociado con leguminosa.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F. CALCULADA	P > F
Tratamiento	4	0.076	0.019	3.563	0,0389 *
Hilera	4	0.012	0.003	0.563	0,6945 N.S.
Columna	4	0.008	0.002	0.375	0,8221 N.S.
Error	12	0.064	0.0053		
Total	24	0.160			

* = Significativo ** = Altamente significativo N.S. = No Significativo

En el Cuadro 14, la comparación Vainita Vs. Cuarentón resultó ser altamente significativo en cambio las comparaciones Testigos Vs. Asociación con Leguminosas, dentro de Cuarentón (MC – 30 Vs. MC – 50) y dentro de Vainita (MV – 30 Vs. MV – 50) no son significativas ($P > 0.5066$, $P > 0.4035$ y $P > 0.2183$, respectivamente).

Cuadro 14. Comparaciones ortogonales para Número de mazorcas por planta de maíz en asociación con leguminosa sembradas a los 30 y 50 días.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F. CALCULADA	P > F
Testigo Vs. Leguminosa	1	0,0025	0.0025	- 0.685	0,5066 N.S.
Vainita Vs. Cuarenton	1	0,0605	0.0605	- 3.368	0,0056 **
MC – 30 Vs. MC – 50	1	0,0040	0.0040	- 0.866	0,4035 N.S.
MV – 30 Vs. MV - 50	1	0,0090	0.0090	- 1.299	0,2183 N.S.

Cuadro 15. Número de mazorcas/100 plantas de maíz por tratamiento evaluado

TRATAMIENTO	Nº DE MAZORCA POR PLANTA.	Nº MAZORCA 100 PLANTAS	PROMEDIO POR TIPO DE LEGUMINOSA	ERROR ESTÁNDAR
MC – 30	1.22 b	122 b	MC 120	0,0326
MC – 50	1.18 b	118 b		0,0326
MV – 30	1.12 b	112 b	MV 109	0,0326
MV – 50	1.06 b	106 b		0,0326
Testigo	1.12 b	112 b	TES 112	0,0326

Promedios seguidos por letras diferentes son estadísticamente diferentes (contrastes ortogonales = 5%)

MC-30 = Maíz con siembra de frijol Cuarentón a los 30 días.

MC-50 = Maíz con siembra de frijol Cuarentón a los 50 días.

MV-30 = Maíz con siembra de frijol Vainita a los 30 días.

MV-50 = Maíz con siembra de frijol Vainita a los 50 días.

El número de mazorcas por cada 100 plantas, que se muestra en el Cuadro 15 y Figura 19, permite advertir las diferencias significativas, donde el mayor valor se presentó el maíz asociado con Cuarentón a los 30 días con 122 mazorcas/100 plantas, seguido de maíz asociado con Cuarentón a los 50 días, maíz Vainita a los 30 días, maíz monocultivo y con un valor inferior el maíz asociado con Vainita a los 50 días con 118, 112, 112 y 106 mazorcas/100 plantas respectivamente.

La comparación de promedios en el Cuadro 15, muestra que cultivando el maíz asociado con Cuarentón se obtiene en promedio 120 mazorcas por 100 plantas, superior al monocultivo de maíz (testigo) que presentó un promedio de 112 mazorcas/100 plantas y el maíz asociado con Vainita produce 109 mazorcas/100 plantas.

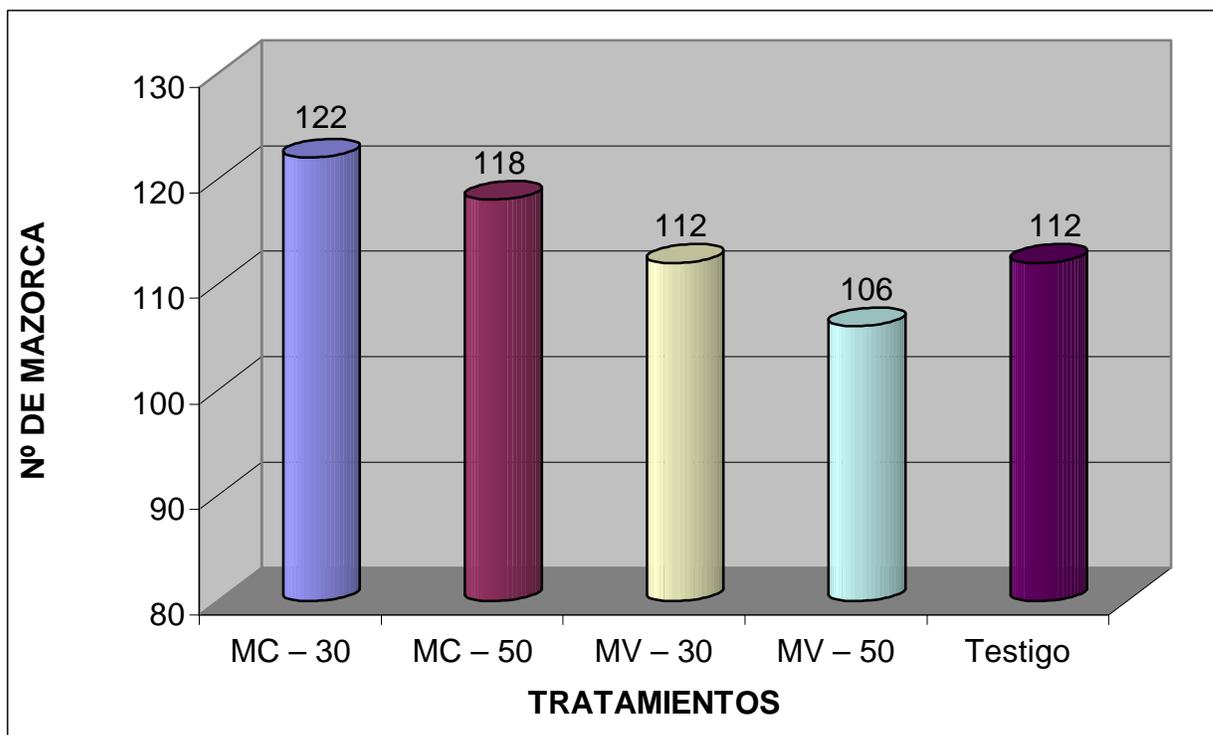


Figura 19. Numero de mazorca por 100 plantas de maíz asociados con Cuarentón y Vainita a los 30 y 50 días.

Las diferencias con relación al número de mazorcas / 100 plantas, se atribuyen a la asociación con leguminosa, resultando una asociación provechosa para el maíz que ocurre con ciertas leguminosas, ayudado por las condiciones ambientales (Chávez, 1993). Diferentes trabajos demuestran que un mayor número de mazorcas repercute en mayor rendimiento del maíz (Jurado, 2000).

3. CONTENIDO DE PROTEÍNA EN EL GRANO DE MAÍZ

El contenido de proteína en el grano de maíz (Anexo 12), fue promediado (Anexo 11)

y luego evaluado mediante el diseño completamente al azar: y la comparación de promedios se realizó a través de la prueba de contrastes ortogonales.

En el análisis de varianza del Cuadro 16, para el contenido de proteína en el grano de maíz, muestra que existe diferencias altamente significativas para tratamientos $P < 0,01$.

Cuadro 16. Análisis de varianza para contenido de proteína en el grano de maíz asociado con leguminosa.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F. CALCULADA	P > F	
Tratamiento	2	22.35	11.18	53.49 **	0.01	9.55
Error Experimental	7	1.46	0.209		0.05	4.74
Total	9	23.81				

Las comparaciones ortogonales muestran también diferencias altamente significativas, para el contenido de proteína en el grano de maíz, en las comparaciones de: Testigo vs. Leguminosa ($P < 0.01$) como en Cuarentón vs. Vainita ($P < 0.01$) (ver Cuadro 17).

Cuadro 17. Comparación ortogonal para contenido de proteína en el grano de maíz asociado con leguminosa.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F. CALCULADA	P > F	
Testigo Vs. Leguminosa	1	7.30	7.30	34.93 **	0.01	12.25
Cuarentón Vs. Vainita	1	15.05	15.05	72.01 **	0.05	5.59

En la Figura 20, se puede observar que el maíz asociado con Cuarentón presenta el mayor valor en el contenido proteico 10.65 %, seguido del cultivo asociado maíz-Vainita con 7.91 % de contenido de proteína, y por último el monocultivo de maíz (testigo) con 7.14 % de proteína en el grano.

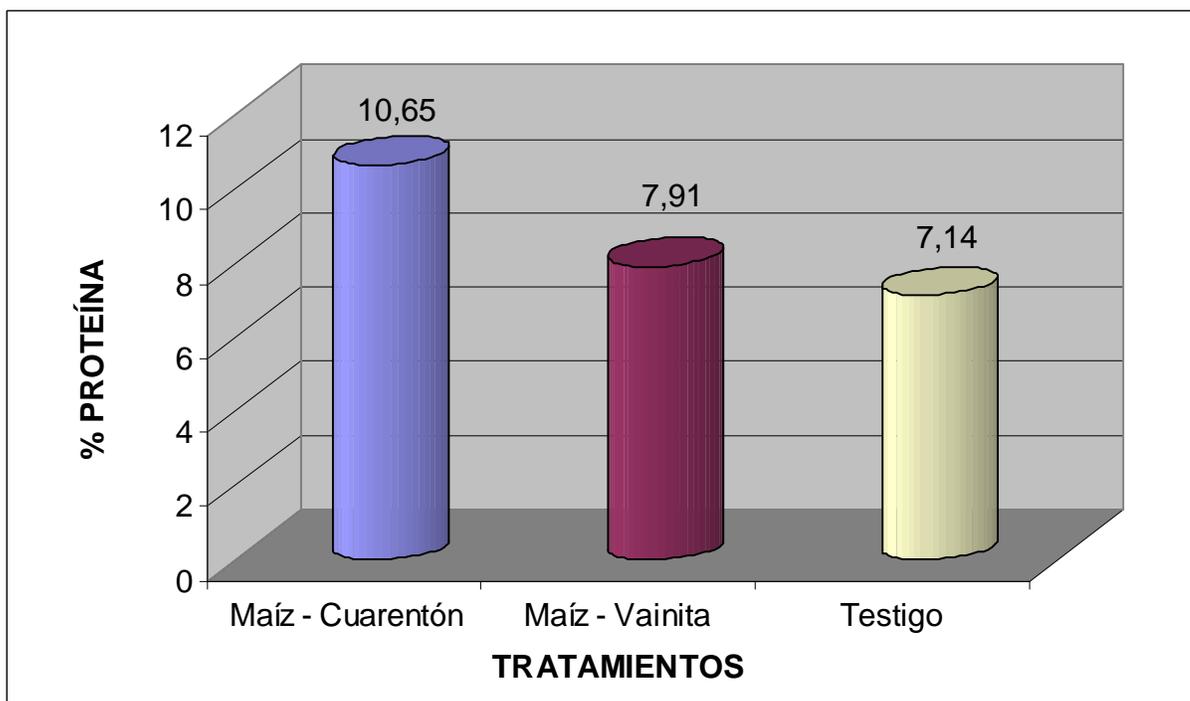


Figura 20. Contenido de proteína en el grano de maíz asociado con Cuarentón y Vainita sembrados a los 30 y 50 días.

Con la variable de respuesta (contenido proteico del grano de maíz) se refuerza aún más la utilidad de las leguminosas en cultivos asociados, porque aparte de mejorar los suelos pobres, mejoran la calidad nutricional del grano de maíz, aspecto que no solamente favorece al maíz, sino también a los rubros productivos pecuarios que utilizaran como principal insumo este alimento, repercutiendo incluso en el menor uso de fuentes proteicas dentro las dietas para animales.

Esta claro también, con los resultados obtenidos, que la mejor leguminosa entre Cuarentón y Vainita, es el Cuarentón, pues promueve o favorece una mayor concentración de nitrógeno en el grano de maíz (10.65%), seguramente porque esta especie presenta una mejor asociación con los *rhizobium* presentes en el suelo, lo que contribuye a una mayor fijación del nitrógeno atmosférico y consecuentemente una mayor disponibilidad de este elemento para el maíz. Shina, 1978 se refiere a una relación de la nodulación de las bacterias con el rendimiento y Soto, 2004 indica que a mayor presencia de nitrógeno en el suelo, existen un incremento en el contenido proteico en el grano del maíz.

Los estudios realizados por (Mariani,1985) confirman que al incrementar la disposición de nitrógeno en el suelo, el contenido proteico en el grano de maíz se incrementa.

4. VARIACIÓN DEL NITRÓGENO EN EL SUELO

Para evaluar la variación de nitrógeno en el suelo (Anexo 11 y 13) se empleó el diseño completamente al azar, y la comparación de promedios se realizó a través de la prueba de contrastes ortogonales.

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variación de nitrógeno en el suelo.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS	SUMA DE	CUADRADOS	F.	P > F
	LIBERTAD	CUADRADOS	MEDIOS	CALCULADA	
Tratamiento	2	839.09	419.55	4.46 NS	0.01 9.55
Error Experimental	7	657.79	93.97		0.05 4.74
Total	9	1496.88			

* = Significativo ** = Altamente significativo N.S. = No Significativo

De acuerdo al análisis de varianza presentado en el Cuadro 18, para la variación de nitrógeno en el suelo, se ha constatado que no existe diferencias significativas entre tratamientos de los cultivos asociados maíz-cuarentón y maíz-vainita así como el testigo $P > 4.74$.

Las comparaciones ortogonales del Cuadro 19, muestran una diferencia significativa, entre Testigo Vs. Leguminosa, pero no así entre Cuarentón Vs. Vainita, que fue no significativo $P > 5.59$.

Cuadro 19. Comparación ortogonal para variación de nitrógeno en el suelo.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS	SUMA DE	CUADRADOS	F.	P > F
	LIBERTAD	CUADRADOS	MEDIOS	CALCULADA	
Testigo Vs. Leguminosa	1	803.08	803.08	8.93 *	0.01 12.25
Cuarentón Vs. Vainita	1	36.01	36.01	0.38 NS	0.05 5.59

* = Significativo ** = Altamente significativo N.S. = No Significativo

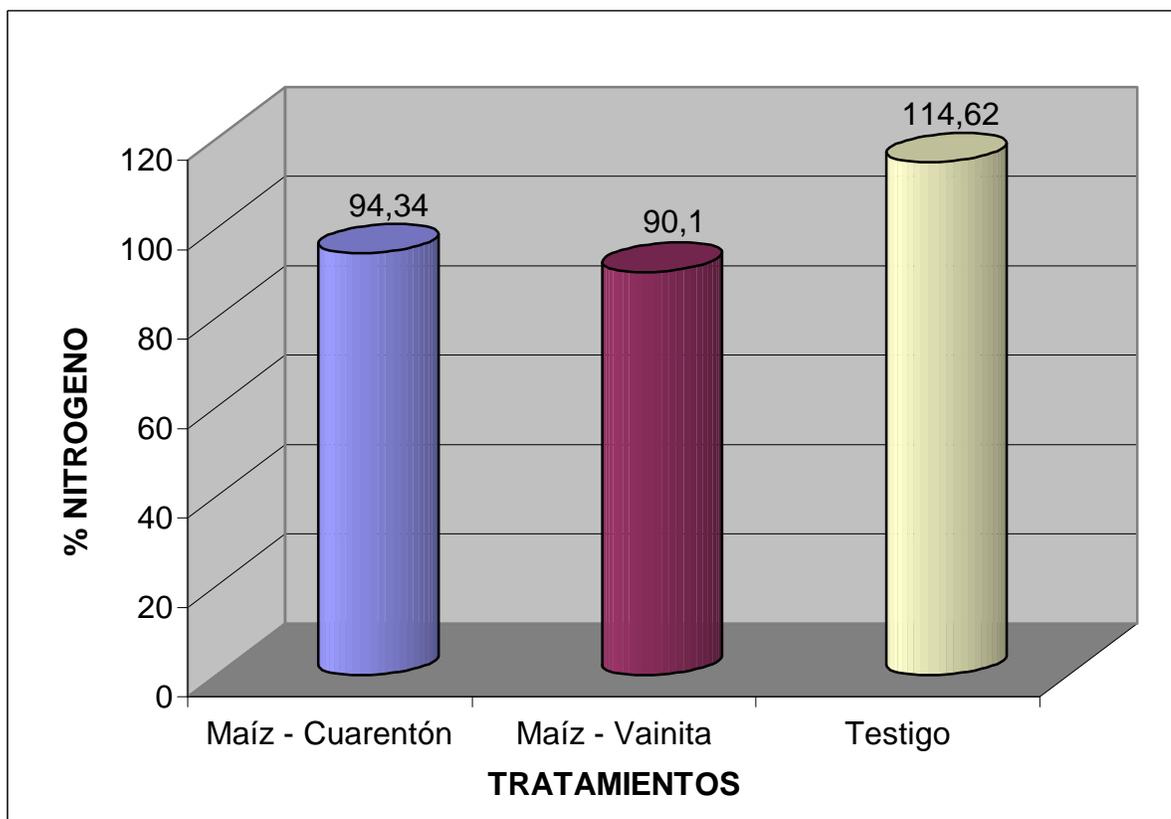


Figura 21. Variación del nitrógeno en el suelo en los tratamientos de maíz asociado con Cuarentón y Vainita incorporados a los 30 y 50 días.

Los datos que se muestran en Figura 21 para la variación de nitrógeno en el suelo, el monocultivo de maíz (testigo) presenta 114.62 %, seguido de la asociación maíz Cuarentón y maíz Vainita con 94.34 y 90.10 % respectivamente.

La diferencia encontrada entre el testigo (monocultivo de maíz) y la asociación (maíz leguminosa), podría deberse a un mayor uso del nitrógeno disponible en cultivos asociados, es decir que tanto el maíz como las leguminosas (Cuarentón o Vainita) requieren determinadas cantidades de nitrógeno; seguramente superiores a lo que necesitaría un solo cultivo, y según Parsons (1987), al inicio del desarrollo del cultivo el *Rhizobium* y la leguminosa toman los nutrientes del suelo.

También la luz repercute directamente en la nodulación y fijación del nitrógeno (Shina, 1978), el maíz ocasiona sombra al frijol, por lo que la actividad del *Rhizobium* es mínima, siendo directamente absorbidos por el maíz el poco nitrógeno fijado.

Por otra parte, se pudo observar que el mayor uso de nitrógeno en cultivos asociados, repercutió en mayores concentraciones de este elemento en el grano de maíz; entonces se puede argüir que el cultivo de maíz asociado con leguminosas (Cuarentón y Vainita) hacen un uso mas intensivo del nitrógeno presente en el suelo para concentrarlo en los granos de maíz, por lo tanto también se puede indicar que los *rhizobiums* facilitan el uso mas eficiente del nitrógeno disponible en el suelo y seguramente del nitrógeno del medio donde se desarrolla el maíz.

E. ANÁLISIS ECONOMICO

El análisis económico y la rentabilidad de las asociaciones con leguminosa, se realizo siguiendo el método de costos de producción entre tratamientos según Perrin *et al* (1988).

En el Cuadro 20 se consideraron una perdida de 10% (rendimiento ajustado), para obtener los costos de producción que se calculo de acuerdo a los insumos utilizados para cada tratamiento (Anexo 6 al 10) lo que derivaron en costos diferentes entre cada tratamiento para tener un análisis económico apropiado.

En un barbecho de 4 años, el costo promedio general de producción en el sistema de chaqueado, es de 456.04 \$us/ha, obteniendo un beneficio neto de 500.68 \$us/ha y la relación beneficio costo llega ha 1.10 resultando ser económicamente rentable.

1. CULTIVO DE MAÍZ (TESTIGO)

En el análisis económico que se presenta en el Cuadro 20, el monocultivo del maíz (testigo) presento un beneficio neto de 511.73 \$us/ha, con una relación de beneficio costo de 1.22, indicándonos un valor económicamente rentable y favorable para el agricultor, por tener un B/C mayor a 1.

Sin embargo esta rentabilidad no es sostenible en el tiempo, por que el maíz absorbe los nutrientes y para incorporar nitrógeno será necesario realizar el descanso del

suelo en los siguientes años, o incorporación de abonos. También se pueden realizar otras prácticas agrícolas, como la rotación con leguminosas.

Cuadro 20. Ingreso bruto, ingreso neto y relación de beneficio costo del cultivo de maíz asociado con leguminosa a 30 y 50 días.

DESCRIPCION	REND Tn/ha	REND. AJUSTADO 10%	INGRESO BRUTO \$us/ha	COSTO DE PRODUCTO \$us/ha	BENEFICIO NETO \$us/ha	B/C
MAÍZ+CUARENTON 30	5,32	4,79	1030,00	466,92	563,08	1,21
MAÍZ+CUARENTON 50	4,89	4,40	937,69	461,73	475,96	1,03
MAÍZ+VAINITA 30	5,00	4,50	953,65	463,46	490,19	1,06
MAÍZ+VAINITA 50	4,93	4,44	930,50	468,08	462,42	0,99
MAÍZ (monocultivo)	4,95	4,46	931,73	420,00	511,73	1,22
PROMEDIO	5,02	4,52	956,71	456,04	500,68	1,10

2. CULTIVO DE MAÍZ ASOCIADO CON LEGUMINOSA

En cuanto al análisis económico para el cultivo de maíz asociado, se puede concluir preliminarmente que el cultivo de maíz asociado con Cuarentón, a los 30 y 50 días después de la siembra del maíz (MC-30) y (MC-50) y el maíz asociado con Vainita a los 30 días (MV-30), cuyos beneficios netos obtuvieron valores de 563.08, 475.96 y 490.19 \$us/ha respectivamente (ver Cuadro 20), los cuales son favorables y rentables para el agricultor, ya que tienen una relación beneficio costo mayor a 1; y ocurre lo contrario con el maíz asociado con Vainita a los 50 días con 462.42 \$us/ha de beneficio neto y su relación beneficio costo es menor a 1, por lo que no son rentables para el agricultor.

En el estudio, de acuerdo al Cuadro 20, el mayor beneficio neto se logra con el tratamiento 1, (maíz asociado con Cuarentón después de los 30 días de la siembra

del maíz) con 563.08 \$us/ha, seguido del tratamiento 5 (monocultivo de maíz) con 511.73 \$us/ha, con relación al tratamiento 4 (maíz asociado con Vainita a los 50 días después de la siembra del maíz), que no es aceptable por su relación beneficio costo menor a 1, y los tratamientos 2 y 3 (asociaciones maíz-cuarentón 50 días y maíz-vainita 30 días respectivamente), que muestran una relación beneficio costo aproximadamente igual a 1, no presenta ni pérdidas ni ganancia.

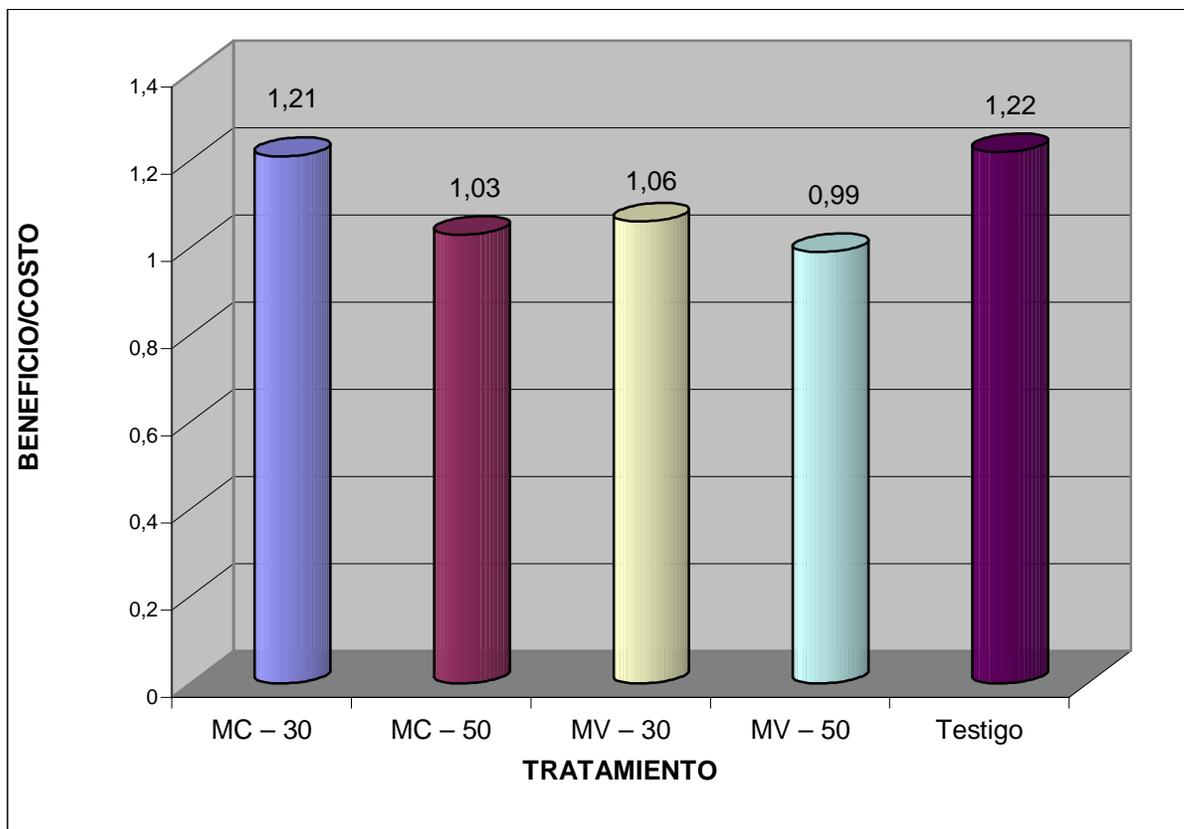


Figura 22. Relación Beneficio/Costo en el cultivo de maíz asociado con Cuarentón y Vainita sembrados a los 30 y 50 días.

Los coeficientes de la relación beneficio/costo para cada tratamiento del Cuadro 20 y Figura 22, muestra que el mayor beneficio se logra con el tratamiento 5 del monocultivo de maíz, B/C 1.22 y el tratamiento 1 cultivo asociado maíz y Cuarentón sembrados a los 30 días con B/C de 1.21, le sigue los valores 1.06, 1.03 y 0.99 de los tratamientos 3, 2 y 4 respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a las evaluaciones realizadas de diferentes variables en el experimento; en función a los resultados, se ha establecido las siguientes conclusiones, relacionando a los objetivos propuestos al comienzo de esta investigación.

Se obtuvo rendimientos de grano de maíz estadísticamente similares logrando los siguientes resultados: para maíz asociado con Cuarentón a los 30 días después de la siembra del maíz (5.32 ton ha^{-1}), maíz asociado con Vainita a los 30 días (5.00 ton ha^{-1}), monocultivo de maíz (4.95 ton ha^{-1}), maíz asociado con Vainita a los 50 días (4.93 ton ha^{-1}) y maíz asociado con Cuarentón a los 50 días después de la siembra del maíz (4.89 ton ha^{-1}).

La asociación con Cuarentón y Vainita no influyó significativamente en algunas características agronómicas del maíz, lográndose la altura de planta en un rango de 247.94 cm. a 269.12 cm. y longitud de mazorca de 16.63 cm. a 17.27 cm.

Se logró mayor número de mazorca con el tratamiento maíz asociado con Cuarentón (120 mazorcas por 100 plantas) en comparación con los tratamientos maíz asociado con Vainita y testigo (109 y 112 mazorcas por 100 plantas respectivamente). También se obtuvo mayor diámetro de mazorca en el tratamiento maíz-cuarentón (5.45 cm.) en comparación con los tratamientos testigo y maíz-vainita (4.87 y 4.92 cm. respectivamente).

La siembra de leguminosas en el cultivo de maíz repercutió en el contenido proteico de los granos de maíz. Así el maíz asociado con Cuarentón presenta 10.65% de proteína en el grano de maíz, seguido por el cultivo asociado maíz-vainita con 7.91% y por último el maíz monocultivo con 7.14% de proteína en el grano de maíz.

Los cultivos asociados maíz con leguminosa (Cuarentón o Vainita) presentan un uso mas intensivo del nitrógeno presente en el suelo (maíz-cuarentón 94,34% y maíz-vainita 90,10% frente a 114,62% de solo maíz). Este uso intensivo favorece la concentración de nitrógeno en los granos de maíz, y la mejor eficiencia de uso se advierte en la asociación maíz-cuarentón, cuyos granos de maíz lograron concentraciones de proteína alrededor de 10,65%.

En el análisis económico, el mayor beneficio se logra con el tratamiento 5 del monocultivo de maíz con un B/C de 1.22 y el tratamiento 1 cultivo asociado maíz con cuarentón sembrados a los 30 días después de la siembra de maíz, con B/C de 1.21, seguido por los valores 1.06, 1.03 y 0.99 de los tratamientos 3, 2 y 4 respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se realizan las siguientes recomendaciones:

- Cultivar el maíz en asociación con leguminosas (Cuarentón o Vainita) para obtener granos de maíz con mayor valor nutricional proteico y garantizar la estabilidad productiva del suelo.
- Asociar el frijol de la variedad Cuarentón con el cultivo de maíz, porque proporciona diversas ventajas que se traducen en mayor ingreso económico por la cosecha de maíz y frijol, mayor contenido de proteína en el grano de maíz, mayor número de mazorcas por planta, mejor conservación de suelo, entre otros.
- Sembrar el frijol Cuarentón a los 30 días después de la siembra del maíz por ser la época más apropiada para ambos cultivos evitando competencias que afecten el rendimiento del maíz (5,32 ton ha⁻¹ al sembrar a los 30 días y 4,89 ton ha⁻¹ al sembrar a los 50 días), y donde también el Cuarentón se desarrolla mejor que al sembrar en otras épocas.
- Validar los resultados de este trabajo repitiendo en otras localidades, utilizando otras variedades locales de maíz con rendimientos altos y mayor valor comercial.
- Realizar estudios utilizando otras variedades de leguminosas asociadas al maíz para tener un panorama mucho más amplio de este tipo de cultivos asociados.
- Estudiar con más profundidad las fluctuaciones del nitrógeno y otros nutrientes en cultivos asociados leguminosa-gramíneas.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ACEBEY VEGA, P. A. F. 2005. Evaluación de híbridos y variedades comerciales de maíz (*Zea mays L.*) en dos localidades del municipio de San Buenaventura (Provincia Abel Iturralde del Departamento de La Paz). Tesis de grado. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz Bolivia. pp. 13 – 17.
- ALDRICH, R. y LENG, E. R. 1974. Producción moderna de maíz. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina, pp. 300 - 308.
- ALEXANDER, M. 1980. Introducción a la Microbiología del Suelo AGT EDITOR S.A. Primera Edición. México. pp. 142 – 332.
- AUGSTBURGER, F. 1985. Cultivos asociados en climas templados y fríos de Bolivia. Turrialba – Costa Rica. pp. 35, 100 – 114.
- AQUIZE, O. 1997. Introducción de cuatro variedades de frijol bajo tres épocas de siembra en la Provincia Ballivián, Beni Bolivia. Tesis de grado UMSA. Facultad de Agronomía. 80 p.
- BERGENSEN, F.J., TURNER, G.L. 1967. Nitrogen fixation by the bacteroid fraction. Of breis of soybean root nodules. Biochem. Biophys. Acta, 141: 507-515.
- BURNS, R.C., ARDÍ, R.W.F. 1975. Nitrogen fixation in Bacteria and higher plants. Springer Verlag, Berlin.

- BRILL, J. 1997. Fijación biológica de nitrógeno. Editorial Prensa Científica S.A. Nº 8. Barcelona España. pp. 44-55.
- CALDWELL, B.E. 1969. Initial competition of root nodule bacteria on soybeans in a field environment. *Agron. J.*, 61: 813-815.
- CARREÑO BENJAMÍN y DITCHBURN LIZ. 1998. Abonos verdes para el oriente Boliviano, CIAT. Santa Cruz, Bolivia pp 5 - 16.
- CARREÑO, BENJAMIN *et al.* 1994. Plan estratégico para el desarrollo rural de las Provincias Sara e Ichilo. CIAT. Santa Cruz, Bolivia, pp. 4 – 53.
- CHAVEZ, A. 1993. Mejoramiento de plantas I. Segunda Edición. México; D.F. Ed. Trillas. 36-47 p.
- CIAT. 1987. Informe Cali Colombia. Junio de 1987. pp 40-55.
- CENTRO DE INVESTIGACION DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT), 1993. Recomendación técnica para el cultivo del maíz. Santa Cruz, Bolivia, pp 1 – 49.
- CUBERO, J. I. y MORENO M. T. 1983. Leguminosas de Grano. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp. 70, 73, 76, 77, 88.
- DELGADILLO, E. F. 2000. Rendimiento de biomasa de leguminosas bajo abrigo de maíz en el valle alto de Cochabamba, Bolivia. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestal y Veterinaria UMSS. Cochabamba Bolivia, pp 6, 9.
- DOUGLAS, R.L. 1978. Competencias entre los sistemas de cultivos asociados de maíz frijol, Documento presentado en la VIII Reunión de Maiceros de la zona Andina y 1ra. Reunión Latinoamericana de Maíz. Lima Perú. pp 1-2.
- ESPRELLA FERNÁNDEZ, H. O.1995. Sistema de asociación de tres variedades de

maíz con *Cannavalia ensiformis* en la localidad de Santa Rita, Provincia Larecaja. Tesis de grado. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz Bolivia, pp 107 - 109.

FAZ, A. B. 1985. Control de Plagas y Enfermedades de los cultivos. La Habana, Cuba, pp 503.

FUENTES, J. L. 1989. El suelo y sus fertilizantes. Tercera Edición. Madrid – España. pp. 105 – 120.

GONZALES, A. U. 1995. El maíz y su cultivo. Editorial Trilla. México. pp 33 - 45.

HAMDI, Y. 1985. La Fijación del Nitrógeno en la Explotación del Suelo. Roma. Boletín de Suelos de la FAO Nº 49.

IBIS CONSULTORES. 2001. Plan de Desarrollo Municipal. Municipio de Caranavi. La Paz Bolivia.

IGM. 1998. Mapa Geográfico de la Provincia Caranavi. Instituto Geográfico Militar.

JUGENHEIMER, W. 1990. Variedades mejoradas y métodos de cultivo y producción de semilla. Editorial LIMUSA. México. pp. 23 – 72, 362 – 449.

JURADO, J. A. 2000. Evaluación agronómica de dos densidades de siembra con 8 variedades de maíz en San Buenaventura. Tesis de de grado. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz. Bolivia, pp 1, 2, 6 y 32 - 35.

KIRK, R.S. et. al. 1996. Composición y análisis de alimentos de Pearson. Segunda edición en español. México. pp.9-32.

KLUTHCOUSKI, J. et. al. 1997. Cultivo de milho verde consorciado con feijoeiro, sob irrigação, no inverno: uso eficiente dos recursos. Goiania: Embrapa-CNPAP-APA, Brasil, pp. 8-26.

- LAGUNES TEJEDA, A.1994. Extractos y polvos vegetativos, y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Colegio de postgraduados, México, pp. 1.
- LEON, J. 1985. Botánica de los cultivos tropicales. Editorial IICA. Costa Rica. pp 113.
- LEIGUE, L. 1986. Introducción y evaluación de cepas de *Rhizobium Phaseoli* en dos localidades de la Provincia Quillacollo. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas". Cochabamba Bolivia. pp. 87-90.
- LEIHNER, D. 1983. Yuca cultivos asociados, Manejos y evaluación. CIAT. Cali – Colombia. pp. 8 – 11.
- LITTLE, M.T. 1989. Métodos Estadísticos para la investigación en la agricultura. México; Ed. Trillas 87-102 p.
- MAGALHAES, A.C. Y DA SILVA, W.J. 1978. Departamento Genético Fisiológico da Productividade do Milho Melhoramento Produto do Milho no Brasil. Piracicaba/Esalo Brasil Fundacao Carril. pp 349 - 371.
- MAGALHATES, P.C. 1991. Fisiología de producción. (Seminario sobre mejoramiento y fisiología del maíz), CNPMS-EMBRAPA, Brasil. pp 17 - 25.
- MANRIQUE, A. et. al. 1993. Manual del Maíz para la Costa. Proyecto TTA (Transformación de la Tecnología Agropecuaria). Primera Edición. Lima, Perú. pp. 35 y 43 - 52.
- MANSILLA, E. R. Y FRENCH, E. C. 2003. Estudio de rendimiento de maíz-soya a varias distancias asociado con piña. IBTA/PRODES/UFLA. Cochabamba. Bolivia. pp. 4 - 7.

- MARIANI, G. 1985. Efectos que tienen el Nitrógeno y la Densidad de Plantas sobre el rendimiento de grano, y el contenido proteínico y la calidad de un maíz híbrido Opaco-2. En: Maíz de alta calidad proteínica. Compendio de las ponencias presentadas en el Simposio Internacional Cimmyt-Purdue. Editorial Limusa. México, pp. 29 y 30.
- MARTINEZ TARQUI, M. R.. 2001. Efecto de la época densidad de siembra en el cultivo asociado maíz – soya en la localidad. Tesis de grado, Facultad de Agronomía UMSA. La Paz Bolivia. pp. 10 – 13.
- MENA HUAYTA, G.R. 2001. Determinación de la fijación biológica del nitrógeno en cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en tres épocas de siembra en la localidad de Ixiamas. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz. Bolivia. pp 4 -12.
- MENESES, R. *et. al.* 1996. Las leguminosas en la Agricultura Boliviana: Revisión de Información. Proyecto Rhizobiología. Cochabamba. Bolivia. pp. 112 – 120.
- MUZILLI. 1992. Plantas promisorias para la protección del suelo en sistemas de producción. CIAT. Santa Cruz. Bolivia. pp. 13-15.
- NORIEGA N., V. 1992. Siembra y abonamiento del maíz amarillo y duro. Proyecto Transformación de la Tecnología Agropecuaria, primera edición. Universidad La Molina. Lima Perú. pp. 17-29.
- OROSCO, A. 1996. Evaluación de la fijación biológica del nitrógeno atmosférico en *Medicago sativa* L. y *Medicago polymorpha* con *Rhizobium meliloti* en tres estados fonológicos y cultivares de diferentes edades en el altiplano norte de La Paz. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz. Bolivia.
- ORTUBE, J. Y ANZOATEGUI, T. 1995. Variedades Mejoradas de Frijol, arbustivo para los llanos Orientales y Valles Interandinos. Santa Cruz de la Sierra – Bolivia. U.A.G.R.M. – I.I.A. “El Vallecito” 16 p.

- PARSONS, D. B. 1987. Frijol y Chicharo. Editorial Trillas. Sexta reimpression. México. pp. 23-26.
- . 1991. Manual para la educación agropecuaria en el maíz. Editorial Trillas. Primera reimpression. México. pp. 11- 56.
- PATTY BALBOA, J. L. 2003. Evaluación agronómica de cuatro variedades locales e introducidas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en asociación con maíz (*Zea mays L.*) en la comunidad de Santa Catalina, Provincia Franz Tamayo. Tesis de grado. Facultad de Agronomía UMSA, La Paz Bolivia. pp. 5 – 19.
- PERRIN, R. *et. al.* 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. CIMMYT. Programa de Economía. pp. 5-50.
- PIJNENBORG, J. 1998. Metodología de la investigación en la fijación biológica de nitrógeno. Proyecto Rhizobiología Bolivia. Santa Cruz, Bolivia. pp 73.
- POEHLMAN, J. M. 1979. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. Sexta reimpression. México. pp 263.
- RAMALHO, M.A.P. *et. al.* 1984. Respostas do consorcio milho (*Zea mays L.*) – feijao (*Phaseolus vulgaris L.*) a diferentes níveis de distribuicao do fosforo. In: REUNIAO NACIONAL DE PESQUISA COM FEIJAO (*Phaseolus vulgaris L.*) EM CONSORCIO, 1., 1984, Cariacica. Resumos... Cariacica: EMBRAPA-CNPAF/EMCAPA, 68 P. (EMCAPA, Documentos, 6).
- REYES, C. P. 1990. El maíz y su cultivo. Editorial Trillas. México. pp 141 -313.
- ROBLES. 1986. Producción de Granos y Forrajes. 5ta ed. México D.F. Ed. Limusa.
- RODRÍGUEZ, A.J. 1991. Métodos de Investigación Pecuaria. Editorial Trillas. México D.F. 208 p.

- RUIZ et. al. 1999. Fijación biológica de nueve variedades de frijol inoculadas con tres cepas de *Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli* (Proyecto Rhizobiología-CIAT). En: 5ta. Reunión Boliviana de Rhizobiología y Leguminosas. CIAP (Centro de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias) Octubre 1999. p. 16-20.
- RUIZ, D. 1996. Leguminosas en sistemas agropecuarios en el oriente. En: Las leguminosas en la Agricultura Boliviana: Revisión de Información. Proyecto Rhizobiología. MENESES, R. et. al. Cochabamba. Bolivia. pp. 114
- SAMUR RIVERO, C. 1978. Estudio de la gramínea *Zea mays L.* en asociación con la leguminosa *Lablab purpureus L.* Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas UGRM. Santa Cruz. Bolivia. pp. 47-49.
- SHINA, S. K. 1978. Las leguminosas alimenticias: su distribución, su capacidad de adaptación y biología de los rendimientos. FAO. Roma. pp. 61-79.
- SOLORZANO VEGA, E. 1992. Fijación de Nitrógeno. Universidad Autónoma de Chapingo, México, pp. 15, 21, 24, 26.
- SOTO O., P. et.al. 2004. Mejoramiento del porcentaje de proteína en maíz para ensilaje con el aumento y parcialización de la fertilización nitrogenada. Agric. Téc., vol.64, no.2, p.156-162. ISSN 0365-2807. Disponible en la World Wide Web:
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072004000200004&script=sci_arttext
- TAPIA PONCE, N. 1989. Establecimiento de leguminosas forrajeras bajo abrigo de maíz. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS, Cochabamba, Bolivia. pp. 105-106.
- UCHIDA, T. et. al. 1999. Estudio del desarrollo de las principales especies de abono verde en diferentes épocas de siembra en la zona tropical de Bolivia. CETABOL-JICA. Santa Cruz. Bolivia. pp. 21-27.

- UNZUETA, O. 1977. Clasificación de las zonas ecológicas de Bolivia. Seminario Nacional sobre plantaciones forestales. JICA, MACA CDF. pp. 79 .
- URQUIZO G. Y VELASCO C. 1990. Evaluación de comportamiento de variedades de arroz y maíz en el norte de La Paz. Consejo Regional de semillas. La Paz. Boletín Nº 1.
- VALVERDE, J. 1992. Guía para planificación de la parcela. Institucional Yucumo, La Paz – Bolivia. 39 p.
- VICENTE ROJAS, J. J. 2003. Evaluación agronómica de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en diferentes épocas y densidades de siembra en la Provincia Caranavi, Tesis de grado. Facultad de Agronomía UMSA, La Paz Bolivia. pp. 7 – 11.

ANEXOS

Anexo 1

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	A	S	O	N	D	E	F
Preparación de suelo	x	x					
Demarcación de la parcela		x					
Muestreo de suelos			x				
Siembra de maíz			x				
Siembra de leguminosas				x			
Labores culturales			x	x	x		
Cosecha maíz						x	
Cosecha de Cuarenton y Vainita						x	
Toma de datos					x	x	x
Análisis de datos							x
Redacción del documento						x	x

Anexo 2**CRONOLOGÍA DE TRABAJO**

Preparación del suelo

Tumba y desmalezado	30 de agosto
---------------------	--------------

Limpieza	20 de septiembre
----------	------------------

Labranza	22 de septiembre
----------	------------------

Demarcación de la parcela	30 de septiembre
---------------------------	------------------

Muestreo de suelo	1º de octubre
-------------------	---------------

Siembra de maíz	2 de octubre
-----------------	--------------

Siembra de leguminosa

Cuarentón y Vainita 30 días	3 de noviembre
-----------------------------	----------------

Cuarentón y Vainita 50 días	23 de noviembre
-----------------------------	-----------------

Labores culturales

Deshierbe	15 de octubre y 12, 13 de noviembre
-----------	-------------------------------------

Raleo y refalle de maíz	16 de octubre
-------------------------	---------------

Riego	16 – 20 de octubre
-------	--------------------

Aporque	17 de noviembre
---------	-----------------

Cosechas

Vainita 30 días	7 de enero
-----------------	------------

Cuarentón 30 días	7 de enero
-------------------	------------

Vainita 50 días	21 de enero
-----------------	-------------

Cuarenton 50 días	21 de enero
-------------------	-------------

Maíz	28 de enero
------	-------------

Anexo 3

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Departamento de Suministro de Información hidrometeorológica

Registro de Temperaturas Medias Ambientales °C

(a)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media
1995	26.6	26.2	26.9	26.0	24.4	23.1	24.4	25.8	25.5	26.8	27.1	27.4	25.9
1996	26.6	26.5	26.6	25.6	25.1	23.0	22.2	24.8	25.6	26.9	26.6	27.1	25.6
1997	27.0	26.2	26.9	26.6	24.8	24.4	24.7	23.3	26.2	27.4	27.2	28.0	26.1
1998	28.0	27.6	27.3	27.6	24.0	22.6	22.7	24.2	24.8	26.0	28.6	27.0	25.9
1999	24.8	26.8	26.3	25.6	23.8	22.9	22.2	22.8	26.1	25.8	25.7	27.0	25.0
Media	26.6	26.7	26.8	26.3	24.4	23.2	23.2	24.2	25.6	26.6	27.0	27.5	25.7

FUENTE: Estación Meteorológica de Caranavi, SENAMHI – 2001

Registro de Precipitación Mensual/ Anual (mm)

ANOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1995	209.6	133.4	39.4	75.4	57.7	27.8	21.6	25.8	102.0	73.1	104.4	77.7	947.9
1996	295.7	185.8	57.2	124.1	85.4	3.2	83.0	48.8	118.6	247.6	139.6	415.7	1804.7
1997	264.8	217.8	95.1	138.3	112.9	34.7	71.3	71.1	53.3	122.1	100.4	122.0	1403.8
1998	170.3	211.1	137.5	159.4	81.0	95.7	35.6	51.0	76.0	151.4	229.0	231.2	1629.2
1999	223.9	341.0	300.6	152.1	30.5	26.0	26.9	32.0	56.8	93.5	119.3	103.5	1506.1
Media	232.9	217.8	126.0	129.9	73.5	37.5	47.7	45.7	81.3	137.5	138.5	190.0	1458.3

FUENTE: Estación Meteorológica de Caranavi, SENAMHI - 2001

Estación: Caranavi Datos de: Temperatura, Precipitación y Humedad relativa

Provincia: Caranavi Periodo: Septiembre 2001 - Marzo 2002

Meses	Temperatura °C			Precipitación (mm)	Humedad relativa %
	Máxima	Mínima	Media		
Septiembre	33.4	18.8	26.10	121.4	65
Octubre	32.1	20.2	26.15	128.7	71
Noviembre	36.5	19.5	26.55	184.9	73
Diciembre	34.5	16.0	26.05	139.6	74
Enero	37.0	19.0	26.45	157.0	56
Febrero	36.5	19.5	26.10	221.0	91
Marzo	37.0	19.0	26.60	174.0	76

Anexo 4

**Tabla de fertilidad de suelos
Escala de porcentaje para el cálculo del valor potencial**

(b) Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”

PH Dilución	Determinación Apreciación Puntos	4.0-5.0 Muy ácido -5 a 0	5.0-5.5 Ácido 1 a 5	5.5-6.5 Lig. Ac 5 a 15	6.5-7.5 Casi Neutro 15	> 7.5 Alcalino 15 a 5
CIC Cmol(+).Kg ⁻¹	Determinación Apreciación Puntos	0-5 Muy baja -5 a 1	5-10 Baja 1 a 5	10-20 Mediana 5 a 10	20-30 Alta 10 a 20	> 30 Muy alta 20
TBI Cmol(+).Kg ⁻¹	Determinación Apreciación Puntos	0-1 Muy pobre -5 a 1	1-5 Pobre 1 a 5	5-10 Regular 5 a 10	10-30 Alta 10 a 20	> 30 Muy alta 20
Sat. De Bases %	Determinación Apreciación Puntos	0-5 Muy pobre -5 a 1	5-10 Baja 1 a 5	10-30 Mediana 5 a 10	30-60 Alta 10 a 20	> 60 Muy alta 20
Carb. Orgánico % C	Determinación Apreciación Puntos	0-1.0 Muy baja -3 a 1	1.0-1.5 Pobre 1 a 3	1.5-2.5 Normal 3 a 5	2.5-4.0 Alta 5	> 4.0 Muy alta 5 a 1
Nitrogeno total % NT	Determinación Apreciación Puntos	0-0.10 Muy pobre -3 a 1	0.10-0.15 Pobre 1 a 3	0.15-0.25 Normal 3 a 5	0.25-0.30 Alta 5	> 0.30 Muy alta 5 a 3
Fosforo Disponible Ppm Pd	Determinación Apreciación Puntos	0-5 Muy pobre -5 a 1	5-10 Pobre 1 a 5	10-20 Regular 5 a 15	20-40 Alta 15	> 40 Muy alta 15
Fertilidad	Puntaje= Suma pto/10 Apreciación	-5 a 2 Muy baja	3 a 5 Baja	6 a 8 Moderada	9 Moderadamente alta	10 Alta

Fuente : Proyecto CUMAT-USAID/BOLIVIA PL480(1985)

(i) BASES INTERCAMBIABLES

Base de cambio	Muy pobre	Pobre	Regular	Alta	Muy alto
Calcio % Sat. Ca ⁺⁺	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40
Magnesio % Sat. Mg ⁺⁺	0 - 1	1 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20
Potasio % Sat. K ⁺	0 - 0.5	0.5 - 1	1 - 3	3 - 5	> 5

Aluminio.- Para el aluminio cambiante, valores mayores de 1 – 1.5 en el horizonte superficial ya es crítico y más de 4 es totalmente tóxico.

Al⁺⁺⁺ = < 1.5 Baja; > 3.0 Alta

Fuente : Proyecto CUMAT-USAID/BOLIVIA PL480(1985)

Anexo 5

**Análisis de varianza para altura de planta en cm. de maíz
asociado con leguminosa sembrados a los 30 y 50 días.**

Fuentes de Variación	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	P > F
Tratamiento	4	1710.68	427.67	2.315	0.117 N.S.
Hilera	4	2098.96	524.74	2.840	0.072 N.S.
Columna	4	741.25	185.31	1.003	0.444 N.S.
Error	12	2217.24	184.77		
Total	24	6768.13			

* = Significativo

** = Altamente significativo

N.S. = No Significativo

**Análisis de varianza para longitud de mazorca de maíz
asociado con leguminosa.**

Fuente de Variación	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	P > F
Tratamiento	4	1,362	0,341	0,542	0,709 N.S.
Hilera	4	1,151	0,288	0,458	0,765 N.S.
Columna	4	0,714	0,179	0,284	0,881 N.S.
Error	9	5,651	0,628		
Total	21	8,889			

* = Significativo

** = Altamente significativo

N.S. = No Significativo

**Análisis de varianza para diámetro de mazorca de maíz
asociado con leguminosa.**

Fuente de Variación	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	P > F
Tratamiento	4	0,111	0,028	3,158	0,078 N.S.
Hilera	4	0,070	0,175	1,987	0,190 N.S.
Columna	4	0,199	0,050	5,625	0,019 *
Error	8	0,070	0,009		
Total	20	0,458			

* = Significativo

** = Altamente significativo

N.S. = No Significativo

Anexo 6

Costos de producción de maíz (monocultivo)

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANT.	P.UNIT. Bs.	SUB TOTAL Bs.	TOTAL Bs.
Preparación del terreno:					
Roza	Jornal	7	25	175	
Tumbado	Jornal	10	25	250	
Quema y basureado	Jornal	6	25	150	
Sub - total					575
Siembra:					
Siembra manual	Jornal	4	25	100	
Sub - total					100
Labores culturales:					
Raleo	Jornal	1	25	25	
Riego	Jornal	2	25	50	
Aporque y deshierbe	Jornal	16	25	400	
Sub - total					475
Cosecha:					
Recojo de mazorcas	Jornal	6	25	150	
Desgranado	Jornal	5	25	125	
Envasado	Jornal	2	25	50	
Transporte	qq	108	1,5	162	
Sub - total					487
Insumos:					
Semilla de maíz Swan	kg	23	5	115	
Herramientas	Piezas	7	18	126	
Bolsas	Piezas	1	110	110	
Sub - total					351
Imprevistos el 10%					196
Total costo operativo					2184
Inversión	global			2184	
Ingreso bruto	qq	96,90	50	4845	
Ingreso neto				2661	

Anexo 7

**Costo de producción del cultivo de maíz
asociado con Cuarentón a los 30 días**

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANT.	P.UNIT. Bs.	SUB TOTAL Bs.	TOTAL Bs.
Preparación del terreno:					
Roza	Jornal	7	25	175	
Tumbado	Jornal	10	25	250	
Quema y basureado	Jornal	6	25	150	
Sub - total					575
Siembra:					
Siembra maíz	Jornal	4	25	100	
Siembra frijol cuarentón	Jornal	2	25	50	
Sub - total					150
Labores culturales:					
Raleo	Jornal	1	25	25	
Riego	Jornal	2	25	50	
Aporque y deshierbe	Jornal	18	25	450	
Sub - total					525
Cosecha:					
Recojo de mazorcas	Jornal	6	25	150	
Desgranado maíz	Jornal	5	25	125	
Envasado maíz	Jornal	2	25	50	
Cosecha y trillado frijol	Jornal	2	25	50	
Transporte	qq	118	1,5	177	
Sub - total					552
Insumos:					
Semilla de maíz Swan	kg	23	5	115	
Semilla de frijol cuarentón	kg	10	4,5	45	
Herramientas	Piezas	7	18	126	
Bolsas	Piezas	1	120	120	
Sub - total					406
Imprevistos el 10%					220
Total costo operativo					2428
Inversión				2428	
Venta de maíz	qq	104,00	50		5200
Venta de frijol cuarentón	qq	1,30	120		156
Ingreso bruto					5356
Ingreso neto					2928

Anexo 8

**Costos de producción del cultivo maíz asociado
con Cuarentón a los 50 días**

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANT.	P.UNIT. Bs.	SUB TOTAL Bs.	TOTAL Bs.
Preparación del terreno:					
Roza	Jornal	7	25	175	
Tumbado	Jornal	10	25	250	
Quema y basureado	Jornal	6	25	150	
Sub - total					575
Siembra:					
Siembra maíz	Jornal	4	25	100	
Siembra frijol cuarentón	Jornal	2	25	50	
Sub - total					150
Labores culturales:					
Raleo	Jornal	1	25	25	
Riego	Jornal	2	25	50	
Aporque y deshierbe	Jornal	18	25	450	
Sub - total					525
Cosecha:					
Recojo de mazorcas	Jornal	6	25	150	
Desgranado maíz	Jornal	5	25	125	
Envasado maíz	Jornal	2	25	50	
Cosecha y trillado frijol	Jornal	2	25	50	
Transporte	qq	108	1,5	162	
Sub - total					537
Insumos:					
Semilla de maíz Swan	kg	23	5	115	
Semilla de frijol cuarentón	kg	10	4,5	45	
Herramientas	Piezas	7	18	126	
Bolsas	Piezas	1	110	110	
Sub - total					396
Imprevistos el 10%					218
Total costo operativo					2401
Inversión				2401	
Venta de maíz	qq	95,6	50		4780
Venta de frijol cuarentón	qq	0,8	120		96
Ingreso bruto					4876
Ingreso neto					2475

Anexo 9

**Costos de producción del cultivo de maíz
asociado con Vainita a los 30 días**

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANT.	P.UNIT. Bs.	SUB TOTAL Bs.	TOTAL Bs.
Preparación del terreno:					
Roza	Jornal	7	25	175	
Tumbado	Jornal	10	25	250	
Quema y basureado	Jornal	6	25	150	
Sub - total					575
Siembra:					
Siembra maíz z	Jornal	4	25	100	
Siembra vainita	Jornal	2	25	50	
Sub - total					150
Labores culturales:					
Raleo	Jornal	1	25	25	
Riego	Jornal	2	25	50	
Aporque y deshierbe	Jornal	18	25	450	
Sub - total					525
Cosecha:					
Recojo de mazorcas	Jornal	6	25	150	
Desgranado maíz z	Jornal	5	25	125	
Envasado maíz z	Jornal	2	25	50	
Cosecha de vainita	Jornal	2	25	50	
Transporte	qq	110	1,5	165	
Sub - total					540
Insumos:					
Semilla de maíz z Swan	kg	23	5	115	
Semilla de vainita	kg	10	5	50	
Herramientas	Piezas	7	18	126	
Bolsas	Piezas	1	110	110	
Sub - total					401
Imprevistos el 10%					219
Total costo operativo					2410
Inversión				2410	
Venta de maíz z	qq	97,9	50		4895
Venta de Vainita	qq	0,8	80		64
Ingreso bruto					4959
Ingreso neto					2549

Anexo 10

**Costos de producción del cultivo de maíz
Asociado con Vainita a los 50 días**

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANT.	P.UNIT. Bs.	SUB TOTAL Bs.	TOTAL Bs.
Preparación del terreno:					
Roza	Jornal	7	25	175	
Tumbado	Jornal	10	25	250	
Quema y basureado	Jornal	6	25	150	
Sub - total					575
Siembra:					
Siembra maíz	Jornal	4	25	100	
Siembra vainita	Jornal	2	25	50	
Sub - total					150
Labores culturales:					
Raleo	Jornal	1	25	25	
Riego	Jornal	2	25	50	
Aporque y deshierbe	Jornal	18	25	450	
Sub - total					525
Cosecha:					
Recojo de mazorcas	Jornal	6	25	150	
Desgranado maíz	Jornal	5	25	125	
Envasado maíz	Jornal	2	25	50	
Cosecha de vainita	Jornal	3	25	75	
Transporte	qq	108	1,5	162	
Sub - total					562
Insumos:					
Semilla de maíz Swan	kg	23	5	115	
Semilla de vainita	kg	10	5	50	
Herramientas	Piezas	7	18	126	
Bolsas	Piezas	1	110	110	
Sub - total					401
Imprevistos el 10%					221
Total costo operativo					2434
Inversión				2434	
Venta de maíz	qq	96,50	50		4825
Venta de Vainita	qq	0,17	80		13,6
Ingreso bruto					4838,6
Ingreso neto					2404,6

Anexo 11

Nitrógeno en el suelo

$$\text{Variación del contenido De N en el suelo} = \frac{\text{N tratamiento}}{\text{N Muestra 00}} \times 100$$

MC - 30	MC - 50	MV - 30	MV - 50	TESTIGO	
97,17	86,79	85,38	91,51	106,13	
108,96	84,43	99,06	84,43	123,11	
206,13	171,22	184,44	175,94	229,24	966,97

Fuentes de Variación	GL	CM	Sc	Fc	Fx
Tratamiento	4	- 55,64	-13,91	- 0,045 N.S.	0,01 11,39
Error Exp.	5	1552,51	310,50		0,05 5,19
TOTAL	9	1496,87			

Contenido de N en el grano

MC - 30	MC - 50	MV - 30	MV - 50	TESTIGOS	
10,01	11,10	7,67	8,10	7,23	
10,14	11,34	7,87	7,98	7,05	
20,15	22,44	15,54	16,08	14,28	88,49

Fuentes de Variación	GL	CM	Sc	Fc	Fx
Tratamiento	4	460,34	115,08	1,19 N.S.	0,01 11,39
Error Exp.	5	484,14	96,83		0,05 5,19
TOTAL	9	23,8			



Anexo 12

La Paz, Diciembre 1 de 2003

Señores
 Reynaldo Ardores
 Presente.-

UNIDAD DE BROMATOLOGIA

Cod. 18832

Nombre del producto: MAIZ
 Procedencia: Caranavi
 Condiciones: 10 Muestras fraccionadas 100 g c/u aprox.
 Marca: S/M
 Fecha de ingreso al laboratorio: 24/11/03

RESULTADOS

Caracteres Organolépticos: Satisfactorios

MUESTRA ANALIZADA	CODIFICACION	PROTEINA (composición por 100 gramos de porción comestible)
Maíz	MV - 30 (1)	7.67
Maíz	MV - 50 (4)	7.98
Maíz	MF - 30 (4)	10.14
Maíz	MF - 30 (1)	10.01
Maíz	Testigo 4	7.05
Maíz	Testigo 1	7.25
Maíz	MF - 50 (1)	11.10
Maíz	MV - 30 (4)	7.87
Maíz	MF - 50 (4)	11.34
Maíz	MV - 50 (1)	8.10

Nota: Muestra proporcionada por el interesado

(Firma manuscrita)

Dra. María O. Torrez

Bromatóloga Farmacéutica



Anexo 13

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR

CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

DIVISION DE QUIMICA

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : REYNALDO ARDORES
 PROCEDENCIA : Dpto. LA PAZ, Pvcia. CARANAVI
 ISTAIC

Nº SOLICITUD: 009/2004
 FECHA DE RECEPCION : 29 / enero / 2004
 FECHA DE ENTREGA : 12 / febrero / 2004

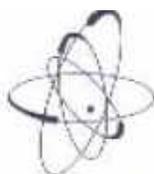
Nº Lab	CODIGO	Nitrogeno Total %	Método
045 /2004	Muestra 00	0,212	Kjeldahl
046 /2004	4 - Testigo	0,225	Kjeldahl
047 /2004	4 - MF - 30	0,205	Kjeldahl
048 /2004	4 - MF - 50	0,184	Kjeldahl
049 /2004	4 - MV - 30	0,181	Kjeldahl
050 /2004	4 - MV - 50	0,194	Kjeldahl
051 /2004	3 - Testigo	0,261	Kjeldahl
052 /2004	3 - MF - 30	0,231	Kjeldahl
053 /2004	3 - MF - 50	0,179	Kjeldahl
054 /2004	3 - MV - 30	0,210	Kjeldahl
055 /2004	3 - MV - 50	0,179	Kjeldahl

OBSERVACIONES




 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CHUNGARA

Anexo 14



IBTEN

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR

ANALISIS DE NITROGENO
No. SOLICITUD 009 / 2004

INTERESADO: **REYNALDO ARDORES****Método: Semi micro Kjehdhal****PROCEDIMIENTO:**Secado:

Se procedió a secar la muestra de suelo a temperatura ambiente.

Molido:

Una vez seca la muestra, se realizó la molienda de la muestra de suelo.

Tamizado:

Consiste en separar las partículas de mayor tamaño y de las gravas que pudiese tener la muestra. La muestra es tamizada en un tamiz de 1 mm de diámetro.

Análisis:

Para el análisis se procede a tomar una cantidad de muestra adecuada, entre 0.5 - 4 g. Se añade cantidades de reactivos como el permanganato de potasio 2.5% y ácido sulfúrico concentrado con la finalidad de acondicionar la reducción de compuestos nitrogenados como las aminas, etc (estas forman enlaces fuertes, compuestos resistentes a la digestión). Luego se realiza la digestión de la muestra a una elevada temperatura (300-400°C) en medio oxidante (ácido sulfúrico), estos enlaces una vez rotos, pasan a formar el sulfato de amonio.

Posteriormente viene la destilación, cuya finalidad es separar el amonio en medio básico (hidróxido de sodio 50%) a temperatura de 40-70°C, colectando el amonio en un medio ácido de volumen y concentración conocido.

Terminada la anterior operación, se procede a la titulación, que consiste en una valoración con medio básico exactamente igual a la concentración del medio ácido (ácido clorhídrico);

Blanco, se toma un volumen de ácido clorhídrico exactamente igual que para la muestra.

Se añade un colorante que actúa como indicador y se valora con hidróxido de sodio hasta que cambie de color.

Finalmente se realizan los cálculos del porcentaje de nitrógeno.

