

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA DEL PASTO FALARIS (*Phalaris aquatica* L.) EN
ASOCIACIÓN CON DIFERENTES VARIEDADES DE ALFALFA (*Medicago
sativa* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PATACAMAYA**

Presentado por:

RODRIGO ADOLFO MORALES APAZA

La Paz - Bolivia

2016

**Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Agronomía
Carrera de Ingeniería Agronómica**

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA DEL PASTO FALARIS (*Phalaris aquatica*L.) EN
ASOCIACIÓN CON DIFERENTES VARIEDADES DE ALFALFA (*Medicago
sativa* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PATACAMAYA**

Tesis de grado presentado como
requisito para optar el Título de
Ingeniero en Agronomía

RODRIGO ADOLFO MORALES APAZA

Asesores:

Ing. Freddy Carlos Mena Herrera

Ing. Aylin Caballero Mamani

Comité revisor:

Ing. MSc. Félix Rojas Ponce

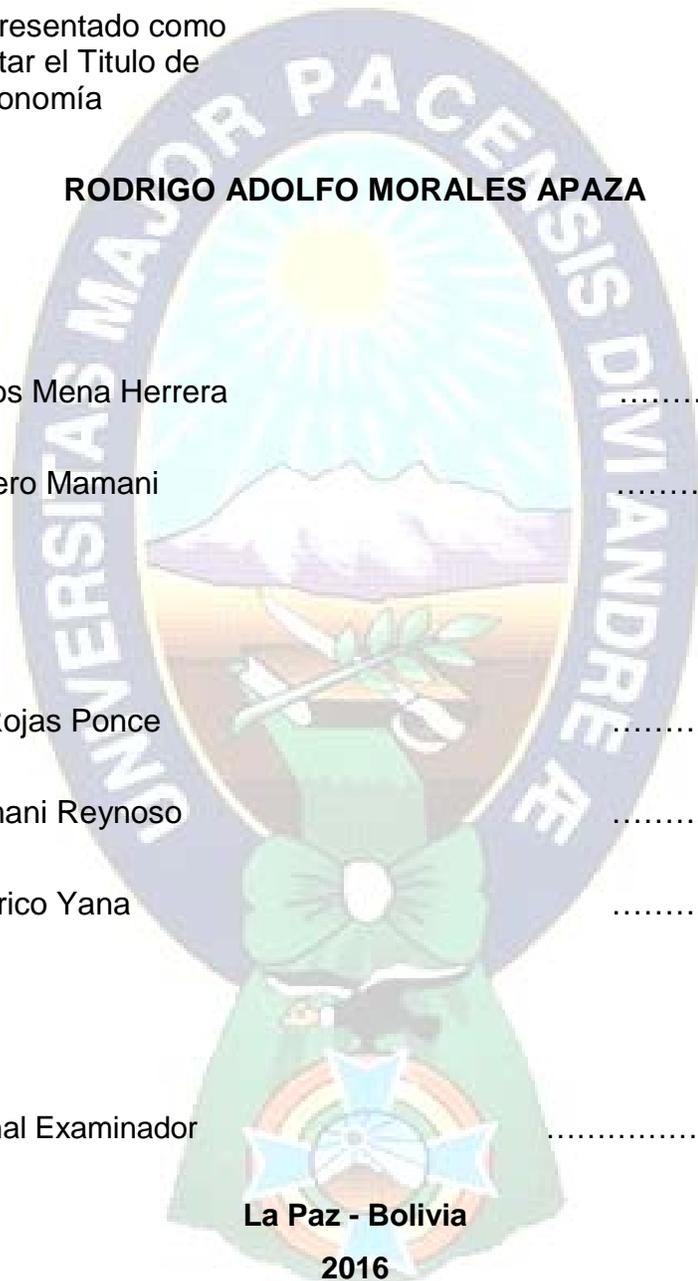
Ph. D. Félix Mamani Reynoso

Ing. Simón Cocarico Yana

Presidente Tribunal Examinador

La Paz - Bolivia

2016



DEDICATORIA

A mi Padre Celestial por la fuerza espiritual que me brinda en todos los días de mi vida.

Con todo mi cariño y agradecimiento a mi madre Genara Apaza Fernández, mi padre Adolfo Morales Ramos, por sus esfuerzos y sacrificios constantes, brindando una inagotable fuente de comprensión y cariño. Y a mis hermanos: Yheny, Delma, Herlan y Jhonatan por su apoyo permanente.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés y a los señores docentes, quienes contribuyeron e hicieron posible mi formación profesional.

A la Estación experimental de Patacamaya, por las facilidades que me brindaron para la ejecución del presente trabajo de investigación.

A mis asesores: Ing. Freddy Carlos Mena Herrera, por su amistad incondicional, su colaboración permanente y por las pertinentes observaciones efectuadas, las mismas que enriquecieron los resultados, la redacción y la presentación de la presente tesis.

Al Ing. Aylin Caballero Mamani por su colaboración, sugerencias efectuadas y apoyo moral en la redacción de la presente tesis.

Mis agradecimientos al tribunal revisor: Ing. MSc. Félix Rojas Ponce; Ph. D. Félix Mamani Reynoso e Ing. Simón Cacarico Yana; por las observaciones, recomendaciones y correcciones efectuadas, conducentes a la conclusión y elaboración final del presente trabajo de investigación.

A mis padres Adolfo Morales R. y Genara Apaza F., por el apoyo económico y moral en todo el proceso de mis estudios para ser profesional.

A mis hermanas(os) Yheny, Delma, Herlan, Jhonatan, a todos gracias por su apoyo moral.

A mis amigos(as), compañeros(as) de estudio, por su apoyo y amistad.

Y a Dios, por ser mi creador y guía.

CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	I
ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE CUADROS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS	IX
RESUMEN	X
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
2.3 Hipótesis	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Características generales del pasto Falaris	4
3.1.1 Origen del pasto falaris	4
3.1.2 Características botánicas del pasto falaris	5
3.1.3 Taxonomía	6
3.1.4 Condiciones agroecológicos	7
3.1.5 Labores de campo	9
3.2 Características generales de la alfalfa.....	15
3.2.1 Origen y descripción botánica	15
3.2.2 Clasificación taxonómica de la alfalfa.....	15

3.2.3	Variedades de alfalfa	16
3.2.4	Importancia de las leguminosas	16
3.3	Importancia del nitrógeno en la agricultura	16
3.3.1	Fijación biológica del nitrógeno	17
3.3.2	Funcionamiento de los Nódulos	18
3.3.3	Inoculación de Leguminosas	19
3.3.4	Cantidad de nitrógeno fijado por leguminosas.....	20
3.4	Asociación de gramíneas forrajeras con alfalfa	22
3.5	Experiencias en asociación del pasto falaris y alfalfa	25
4.	LOCALIZACIÓN.....	28
4.1	Ubicación geográfica.....	28
4.2	Características agroecológicas de la zona	29
4.2.1	Fisiografía	29
4.2.2	Clima.....	29
4.2.3	Suelos	32
4.2.4	Vegetación	32
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
5.1	Materiales y equipos	34
5.1.1	Material vegetal.....	34
5.1.2	Materiales y equipos de campo.....	34
5.1.3	Material de laboratorio	34
5.1.4	Material químico o reactivo	35
5.1.5	Material de gabinete.....	35
5.2	Métodos	35
5.2.1	Procedimiento experimental.....	35

5.2.2	Diseño experimental	36
5.3	Características del campo experimental.....	36
5.3.1	Dimensiones del área experimental	36
5.4	Metodología del campo experimental.....	39
5.4.1	Preparación del terreno.....	39
5.4.2	Roturado	39
5.4.3	Rastreado	39
5.4.4	Nivelado	40
5.4.5	Demarcado y estaqueado del área experimental	40
5.4.6	Obtención y muestreo de suelo.....	41
5.4.7	Plantación de esquejes de pasto falaris y siembra de alfalfa.....	43
5.4.8	Corte de uniformidad del material vegetal	44
5.4.9	Labores culturales.....	44
5.5	Variables de respuesta.....	45
5.5.1	Variables de pasto falaris	45
5.5.2	Variable edáfica	49
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
6.1	Porcentaje de prendimiento.....	50
6.2	Altura de la planta	52
6.2.1	Análisis de varianza de altura de planta	52
6.2.2	Comparación de los promedios de altura de planta (cm) Duncan (5%).....	53
6.3	Rendimiento de materia seca.....	58
6.3.1	Análisis de varianza de rendimiento de materia seca.....	58
6.3.2	Comparación de los promedios de materia seca (kg/ha) Duncan (5%).....	58
6.4	Número de macollos por planta.....	65

6.4.1	Análisis de varianza de número de macollos por planta.....	65
6.5	Diámetro de corona.....	68
6.5.1	Análisis de varianza de diámetro de corona.....	68
6.5.2	Comparación de los promedios de diámetro de corona (cm) Duncan (5%)..	69
6.6	Precocidad	71
6.6.1	Análisis de varianza de precocidad	71
6.6.2	Comparación de los promedios de precocidad (días) Duncan (5%)	72
6.7	Análisis bromatológico	75
6.7.1	Porcentaje de Proteína	76
6.7.2	Proteína cruda en kg/ha.....	80
6.7.3	Materia orgánica	81
6.7.4	Ceniza.....	82
6.7.5	Calcio.....	82
6.7.6	Fósforo.....	83
6.8	Identificación de los contenidos de nitrógeno total en el suelo, al inicio y final del sistema asociado de pasto falaris y alfalfa.....	83
6.8.1	Cantidad de Nitrógeno total presente en el suelo antes de la plantación de pasto falaris.	83
6.8.2	Cantidad de nitrógeno total en el suelo en kg/ha.....	84
6.8.3	Nitrógeno asimilable en el suelo.....	87
6.9	Relación beneficio / costo	89
7.	CONCLUSIONES	93
8.	RECOMENDACIONES.....	96
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	97
	ANEXOS	104

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición bromatológica de algunas especies del genero <i>Phalaris</i> ..	13
Cuadro 2. Contenido de nitrógeno en leguminosas	21
Cuadro 3. Valores mensuales de temperatura (°C) de la gestión agrícola 2013 a 2014	29
Cuadro 4. Valores mensuales de precipitación (mm) de la gestión agrícola 2013 a 2014	31
Cuadro 5. Malezas encontradas en la parcela de estudio.....	33
Cuadro 6. Dimensiones del área experimental	37
Cuadro 7. Análisis de la varianza de porcentaje de prendimiento de pasto falaris con los diferentes tratamientos.	50
Cuadro 8. Análisis de la varianza de la altura de la planta del pasto falaris en asociación con diferentes variedades de alfalfa.....	53
Cuadro 9. Prueba de comparación de medias (Duncan) de altura de la planta con las diferentes asociaciones de pasto falaris con alfalfa.....	53
Cuadro 10. Análisis de la varianza del rendimiento de materia seca del pasto falaris con las diferentes asociaciones de variedades de alfalfa.....	58
Cuadro 11. Prueba de comparación de medias (Duncan) para el rendimiento de materia seca con las diferentes asociaciones de pasto falaris con alfalfa.....	59
Cuadro 12. Análisis de varianza de número de macollos de pasto falaris asociado con diferentes variedades de alfalfa.	65
Cuadro 13. Prueba de comparación de medias (Duncan) para el número de macollos con las diferentes asociaciones de pasto falaris con alfalfa.	66
Cuadro 14. Análisis de la varianza de diámetro de la corona del pasto falaris en asociación con diferentes variedades de alfalfa.....	69
Cuadro 15. Prueba de comparación de medias (Duncan) para el diámetro de la corona en asociación con diferentes variedades de alfalfa.	69
Cuadro 16. Análisis de varianza de la precocidad (50% de la floración) del pasto falaris, con los diferentes tratamientos.....	72
Cuadro 17. Prueba de significancia según Duncan, para precocidad (50% de floración), con las diferentes tratamientos.	72

Cuadro 18. Número de días promedio desde el rebrote hasta el 50% de floración y cosecha del pasto brasileiro, con los diferentes tratamientos.	74
Cuadro 19. Análisis de la calidad nutricional en asociación con variedades de alfalfa del pasto falaris.	78
Cuadro 20. Rendimiento de proteína cruda (kg/ha) del pasto falaris, con las diferentes asociaciones de variedades de alfalfa y respecto al testigo (%).	80
Cuadro 21. Análisis de varianza y prueba de Duncan, de la variable nitrógeno total en el suelo después de la cosecha de pasto falaris (mg/kg).	84
Cuadro 22. Cantidad de nitrógeno total en kg/ha presente en el suelo.	85
Cuadro 23. Contenido de nitrógeno asimilable en kg/ha presente en el suelo.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sitio de estudio en la provincia Aroma, La Paz. Estación Experimental de Patacamaya	28
Figura 2. Tipos de vegetación nativas en la Estación Experimental de Patacamaya	33
Figura 3. Croquis de campo y dimensiones de las áreas de los tratamientos distribuidos de los tratamientos en el área de estudio	38
Figura 4. Preparación del terreno del área experimental	39
Figura 5. Rastreado del suelo del área experimental.....	40
Figura 6. Nivelado del área experimental	40
Figura 7. Demarcado y estaqueado del área experimental.....	41
Figura 8. Plantines del pasto falaris	43
Figura 9. Control de malezas en el área experimental.....	44
Figura 10. Cosecha de pasto falaris y alfalfa	45
Figura 11. Porcentaje de prendimiento del pasto falaris	46
Figura 12. Rendimientos de materia seca de pasto falaris y alfalfa.	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1. Temperaturas (promedio mínimo, medio y máximo) periodo Octubre2013 a Abril-2014.....	30
Grafico 2. Precipitación registrada durante el periodo Octubre2013 a Abril-2014 en Patacamaya.	31
Grafico 3. Porcentaje de prendimiento de pasto falaris en asociación con variedades de alfalfa.	52
Grafico 4. Altura de planta promedio del pasto falaris con los diferentes tratamientos.....	56
Grafico 5. Comportamiento de altura de planta de pasto falaris en su ciclo vegetativo, desde los 35 hasta los 150 Días Después de la plantación.	57
Grafico 6. Rendimiento promedio de materia seca del pasto falaris con los diferentes tratamientos.	64
Grafico 7. Comportamiento del número de macollos de pasto falaris con los diferentes tratamientos.	68
Grafico 8. Diámetro de corona promedio del pasto falaris con los diferentes tratamientos.....	71
Grafico 9. Días promedio, para alcanzar el 50% de floración del pasto falaris con los diferentes tratamientos.	75
Grafico 10. Contenido de proteína cruda del pasto falaris con los diferentes tratamientos.....	81
Grafico 11. Nitrógeno total en el suelo en kg/ha	86
Grafico 12. Nitrógeno asimilable en el suelo en kg/ha	88
Grafico 13. Relación Beneficio/Costo del pasto falaris asociado con variedades de alfalfa.....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis físico del suelo, antes de la siembra y después de la cosecha.	104
Anexo 2. Protocolo: Determinación de nitrógeno total.	104
Anexo 3. Cálculo de nitrógeno en porcentaje a kg/ha y nitrógeno total a nitrógeno asimilable	108
Anexo 4. Costos de producción de pasto falaris en asociación con variedades de alfalfa.....	111
Anexo 5. Datos tomados en alfalfa y datos obtenidos mediante ANVA	112
Anexo 6. Fotografías	113
Anexo 7. Datos de los análisis de varianza realizados en el presente estudio.....	114
Anexo 8. Informes de ensayos de muestras orgánicas.....	119

RESUMEN

La Evaluación productiva del pasto falaris (*Phalaris aquatica* L.) en asociación con diferentes variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), realizada en la Estación Experimental de Patacamaya ubicada en la provincia Aroma del departamento de La Paz, se llevó a cabo un ensayo entre noviembre de 2013 a abril de 2014, tuvo el objetivo de evaluar la producción de una pradera asociada de pasto falaris (*Phalaris aquatica* L.) en asociación con diferentes variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), y establecer mayor conocimiento sobre su comportamiento.

Como material vegetal se utilizó el pasto falaris (*Phalaris aquatica* L.) y alfalfa (*Medicago sativa* L.); sembradas bajo un sistema asociado. El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos: pasto falaris asociado con alfalfa var. Cuf, pasto falaris asociado con alfalfa var. Ranger americano, pasto falaris asociado con alfalfa var. Rivera y un testigo; con cuatro repeticiones, se evaluaron las variables: porcentaje de prendimiento, altura de planta, rendimiento de materia seca, número de macollos, diámetro de corona, valor nutrición al nitrógeno total en el suelo al inicio de la siembra y final de cosecha, por último la relación beneficio / costo comparativo entre tratamientos.

Como resultado de la asociación pasto falaris con variedades de alfalfa fueron obtenidos los mayores rendimientos de materia seca en kg/ha con la asociación falaris con alfalfa var. Cuf (5770), falaris con alfalfa var. Ranger americano (4220), falaris con alfalfa var. Rivera (3030) y falaris sin asociación (1780); el mayor contenido de nitrógeno total en kg/ha al final de la cosecha se registró en falaris con alfalfa var. Cuf (9283,95), falaris con alfalfa var. Ranger americano (8701,3) y falaris con alfalfa var. Rivera (1629,81) y significativamente diferentes del Testigo (299,33); las alturas de planta en centímetros asociación falaris con alfalfa var. Cuf (167,33), falaris con alfalfa var. Ranger americano (141,58), falaris con alfalfa var. Rivera (131,63) y falaris sin asociación (85,5); la emisión de macollos fue mayor con la asociación falaris con alfalfa var. Cuf (91,88), falaris con alfalfa var. Ranger americano (78,93), seguidas por falaris con alfalfa var. Rivera (65) y falaris sin asociación (36,53), influyendo estas dos últimas variables significativamente en un

mayor rendimiento de materia seca; en cuanto al diámetro de corona en centímetros significativamente diferentes la asociación falaris con alfalfa var. Cuf (11,87), falaris con alfalfavar. Ranger americano (10,69), seguidas por falaris con var. Rivera (8,54) y por ultimo falaris sin asociación (4,91); en la precocidad del forraje ninguno de los tratamientos tuvo efecto significativo (112- 100-97 y 96,75 días); el mejor contenido de proteína bruta fue de 20,63% con la asociación falaris con alfalfavar. Cuf y 20% con la asociación falaris con alfalfavar. Ranger americano; Los costos de producción evaluados mediante la relación del beneficio / costo, la asociación pasto falaris con alfalfavar. Cuf presentó la mayor rentabilidad, con un beneficio / costo de 2,4; durante su evaluación el forraje no fue afectado por plagas ni enfermedades.

Palabras clave: Praderas asociadas, pasto falaris, alfalfa, Gramíneas, Leguminosas.

1. INTRODUCCIÓN

En la región del altiplano la producción de forrajes es de gran importancia, para la alimentación del ganado, sin embargo su producción se encuentra relacionada con varios factores de los cuales son controlados y otros no como las condiciones meteorológicas, asimismo el gran reto de los productores que practican una ganadería, consiste en incrementar la producción de carne y leche, en forma acelerada y sostenible, de tal manera que permita garantizar la demanda regional de los habitantes y que además, garantice la conservación de los recursos naturales y del ambiente, al minimizar la compra de insumos químicos, reducir la contaminación y destrucción de los recursos naturales (Giraldo, 1999).

Si bien son muchos los factores que influyen en la producción ganadera, el factor más importante es el componente de la alimentación animal y dentro de éste, lo relacionado con las gramíneas y leguminosas ya que constituyen la principal fuente de alimentación de los animales.

Por esta razón, es importante buscar nuevas alternativas forrajeras, para desarrollar sistemas más productivos y sostenibles de producción animal. En países de América tropical, la investigación en forrajes ha generado y producido gramíneas y leguminosas con potencial, para aumentar la producción animal en sistemas de pastoreo (Lascano *et al.* 1996). Está bien documentado que las leguminosas en asociación con gramíneas, contribuyen a aumentar entre 20 y 30% la producción de leche y carne de animales alimentados en sistemas de pastoreos (Lascano y Ávila, 1991).

Utilizar pasto falaris (gramíneas) en asociación con alfalfa (leguminosas), representa una opción para solucionar el problema de la alimentación del ganado, por lo que es importante seguir evaluando las gramíneas en asociaciones con leguminosas, para generar información que le sirva al productor e incremente la rentabilidad de su producción ganadera.

Con relación a la asociación de gramíneas con leguminosas, la importancia radica en que maximiza la producción económica por unidad de área; reducción de riesgos con las variaciones de meteorológicas, mayor protección del suelo contra la erosión por el mayor tiempo de cobertura vegetal; hay mejor control de malezas por el efecto de sombreo, existe un mejor balance nutricional por haber disponibilidad de alimentos, las asociaciones reducen hasta en un 50% las necesidades de fertilización nitrogenada del cultivo principal; son prácticas relativamente baratas.

En ese contexto, se considera una alternativa para la producción de forrajes, la asociación de pasto falaris con alfalfa, en función a la variedad de alfalfa optima asociada a falaris, obteniendo mayores rendimientos con alto potencial productivo, incrementando los rendimientos forrajeros con ingresos económicos beneficiosos para el ganadero, de manera que se pueda fortalecer el sistema de producción pecuario, a través de la provisión adecuada de forraje tanto en cantidad y calidad.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la producción de una pradera de pasto falaris (*Phalaris aquatica* L.) en asociación con diferentes variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la Estación Experimental de Patacamaya.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar los rendimientos de la biomasa aérea sobre la base de la materia seca de pasto falaris en asociación con diferentes variedades de alfalfa.
- Identificar la variedad de alfalfa óptima para la asociación con pasto falaris en base al rendimiento de biomasa aérea del pasto falaris.
- Analizar el contenido proteico del pasto falaris para los respectivos tratamientos.
- Evaluar los contenidos de nitrógeno total en el suelo, al inicio y final del sistema asociado de pasto falaris y alfalfa.
- Realizar la relación beneficio / costo de los diferentes tratamientos de asociación de pasto falaris con variedades de alfalfa.

2.3 Hipótesis

Ho: No presentan diferencias en rendimiento, los tratamientos de asociación con tres variedades de alfalfa sometidos a estudio sobre pasto falaris (*Phalaris aquatica* L.) para la producción de forrajes.

Ha: Presentan diferencias en rendimiento, los tratamientos de asociación con tres variedades de alfalfa sometidos a estudio sobre pasto falaris (*Phalaris aquatica* L.) para la producción de forrajes.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Características generales del pasto Falaris

3.1.1 Origen del pasto falaris

Urbano (2000), señala que el pasto falaris es un híbrido natural producto del cruce de *Phalaris tuberosa* y *Phalarisarundinacea*, siendo probablemente el origen en Argentina y/o Brasil.

Auza (1994), indica que esta especie forrajera es un híbrido que resulta de la cruce de *Phalarisarundinacea* x *Phalaris tuberosa*, ambas especies indígenas de las partes templadas de los cinco continentes. Las características de este híbrido se acercan más a la especie arundinacea.

Por su parte Musiera (1984), sostiene que el Pasto falaris es un híbrido de *Phalaris tuberosa* y *Phalarisarundinacea*, obtenido en Australia, es más resistente al frío.

Alzérreca (1979), indica que la introducción de esta forrajera a Bolivia y más específicamente a la estación Experimental de Patacamaya data en mayo de 1974, a un principio se contaba con 10 rizomas individuales provenientes de la Estación Experimental de Obonuco (Colombia), ubicada a una altura aproximada de 2.900 msnm zona húmeda, con una precipitación anual de 800 mm y suelos fértiles.

Mendieta (1979), señala que el pasto brasilero (*Phalaris* sp.) tiene su origen posiblemente en Argentina, de donde se diseminó a los restantes países limítrofes de América. Además indica que esta especie forrajera, es un híbrido ínter específico de *Phalaris tuberosa* x *Phalariscanariensis*, cuya desventaja radica en la incapacidad de producir semilla viable con capacidad germinativa. Esta esterilidad es de índole cromosómica (aloploidia) y solo se reproduce por vía asexual o vegetativa (rizomas).

Nicora (1987), afirma que dentro del género *Phalaris* existen especies que son originarias de Australia (*Phalaris tuberosa*), Europa (*Phalariscanariensis*) y otras de los Estados Unidos. En América del Sur se tienen cuatro especies nativas anuales:

Phalaris angusta, propio de Argentina, Bolivia, Chile y sur de Brasil; *Phalaris platensis*, presente en las praderas húmedas de Argentina, Brasil y Uruguay; *Phalaris anusthystina*, de Chile central; y *Phalaris peruviana* del Perú.

Entre las introducidas perennes adventicias se tiene: *Phalaris coerulescens* y *Phalaris paradoxa* L., nativas de Europa; *Phalaris aquatica* L. conocida comúnmente como falaris bulbosa, falaris perenne, mata dulce y falaris de los bañados, de elevado valor nutritivo. En menor escala se cultiva un híbrido artificial auto fértil *Phalaris xtuberinacea*, obtenido por cruzamiento entre *Phalaris aquatica* x *Phalaris arundinacea*.

Etimológicamente la palabra Phalaris deriva de Phaleros que significa esplendido o brillante, refiriéndose a los antecios lustrosos que presentan las especies de este género.

3.1.2 Características botánicas del pasto falaris

Bernal (2005), y Centeno (2010), señalan las siguientes características botánicas: El pasto falaris es una planta perenne, macollosa, erecta y puede alcanzar una altura hasta de 2,50 metros dependiendo de las condiciones que se le brinden durante su ciclo vegetativo.

La raíz es fibrosa rizomática, muy vigorosa emergente de los nudos más inferiores del tallo, la característica principal de tener raíces bastante fuertes, hace que esta especie sea utilizada en la conservación de suelos.

El macollo es herbáceo, erecto y fuerte, se distinguen por ser cilíndricas generalmente huecos y con nudos macizos, soporta eficientemente el acame cuando alcanza la madurez se llama caña, está formado por una alternancia de nudos y entre nudos generalmente cuando alcanza una altura de 2 a 2.2 metros de longitud.

Las hojas son de forma aciculada, anchas, planas y persistentes formado por la vaina y lígula miden de 0,10 a 0,50 m de largo, con tendencia vertical, son alternas

y dísticas, presentan un color verde azulado, con nervaduras paralelas, además está constituida por un vaina de forma tubular en general abierta por un lado para rodear al tallo, y por la hoja propiamente dicha de forma lanceolada que se extiende hacia arriba y fuera de la lígula.

La inflorescencia es una panícula espiciforme de 7 a 15 centímetros de longitud, por 1.5 cm., de diámetro de forma cilíndrica con semillas estériles.

Los tallos indefinidos muy desarrollados llamados también macollos, constituyen órganos subterráneos de propagación vegetativa.

3.1.3 Taxonomía

Rojas 2016, la clasificación taxonómica es la siguiente:

Dominio: Eukarya

Reino: Plantae

División: Angiospermas

Clado: Monocotiledoneas

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae

Sub familia: Pooideae

Tribu: Phalarideae

Género: Phalaris

Especie: *Phalaris aquatica* L.

Nombre común: Pasto falaris y/o pasto brasileiro.

Es necesario recalcar que en todos los estudios realizados en diferentes aspectos sobre pasto falaris en nuestro país (con el mismo género y especie que se realizó este trabajo de investigación), no se contaba con la especie definida por lo cual en diferentes clasificaciones taxonómicas de estas investigaciones solo se mencionaba el género y especie no definida (*Phalaris* sp.)

Tras el estudio en laboratorio de las características del material vegetal, se pudo determinar la especie de pasto falaris utilizada en este y otros trabajos de investigación que no presentaban definición de especie, llegando a la conclusión que el material vegetal pertenece a *Phalarisaquatica*L.

3.1.4 Condiciones agroecológicas

3.1.4.1 Clima

Urbano (2000), afirma que este pasto crece bien en altitudes que van desde 2600 a 3500 msnm. Los estudios realizados por el FONAIAP-Mérida, esta especie presentó un excelente comportamiento en zonas de páramo, alturas superiores a los 3000 msnm., donde es muy difícil cultivar otras gramíneas. En altitudes inferiores a los 2500 msnm., su crecimiento es lento.

Por su lado Rodríguez y Maldonado (1999), señalan que esta especie tiene un amplio rango de adaptación, con respecto al clima se desarrolla y crecen favorablemente en valles y altiplano entre 2000 a 4000 msnm.

Centeno (2010), expresa que el pasto falaris a demostrado gran adaptabilidad a diferentes alturas, condiciones de tierra y disponibilidad de agua.

Según Alzérreca y Mendieta (1979), indican que esta especie se constituye en una de las forrajeras más promisorias para la zona altiplánica, se ha comprobado que se adapta al clima frío, es muy tolerante a factores climáticos adversos, de acuerdo a los reportes provenientes de la Estación Experimental de Patacamaya el cual está ubicado sobre los 3890 msnm.

3.1.4.2 Temperatura

Alzérreca y Mendieta (1979); y Sanabria (1974), afirman que esta especie se constituye en una de las forrajeras más promisorias para la zona altiplánica por su tolerancia a las condiciones extremas de temperatura. Se ha comprobado que se adapta al clima frío y es muy tolerante a la sequía cuando se establece en terrenos

altos, de acuerdo a los reportes provenientes de la Estación Experimental de Patacamaya, el cual está ubicado sobre los 3890 msnm.

Urbano (2000), indica que esta especie forrajera se adapta muy bien a temperaturas muy bajas de las zonas altas siendo muy resistentes a heladas.

Mientras que Rodríguez y Maldonado (1999) señalan que el pasto falaris tolera temperaturas bajas, temperaturas medias de entre 5 y 17°C. Es una de las pocas gramíneas pratenses que crece durante el invierno en el Altiplano y los Valles.

Centeno (2010), menciona que el pasto falaris es una especie que tiene gran adaptabilidad a climas fríos.

3.1.4.3 Humedad

Urbano (2000), indica que el pasto brasilero requiere precipitaciones promedio anuales superiores a 1000 mm en épocas de sequía potencial.

El pasto brasilero se desarrolla con 300 mm a 750 mm de precipitación anual (Rodríguez, 1999).

Alzérreca (1979), manifiesta que el hábitat natural del pasto falaris corresponde a áreas húmedas de deficiente drenaje.

3.1.4.4 Suelo

Urbano (2000), recomienda que los suelos deben ser fértiles, de textura franco a franco arcillosa, con buena retención de humedad, pero con excelente drenaje.

Mendieta (1979), menciona que esta gramínea forrajera requiere suelos sueltos, con abundante materia orgánica; preferentemente suelos francos, franco arcillosos y franco limosos, por ser rizomatosos.

Alzérreca (1979), considera que este híbrido se desarrolla mejor bajo condiciones de riego incrementando significativamente los rendimientos de materia seca.

3.1.5 Labores de campo

3.1.5.1 Preparación del terreno

Ruiz (2011), señala que el suelo para sembrarse o plantar el pasto falaris debe recibir una adecuada preparación del terreno, debe ser bien mullido y nivelado para evitar encharcamiento de agua.

Centeno (2010), sugiere que se debe realizar la preparación del terreno. El cavado y el removido de hoyos de profundidad y diámetro de 20 cm con picota de lanza e incorporada con materia orgánica (estiércol de la llama).

Por su parte Mendieta (1979), afirma que los suelos deben ser ricos en nitrógeno y con humedad natural.

3.1.5.2 Plantación

Rodríguez (2001), sostiene que para la plantación de matas y/o esquejes del pasto falaris, se realiza en función al objetivo que se persigue (forraje y/o conservación de suelos), en épocas de lluvia cuidando de dar condiciones óptimas al cultivo.

Centeno (2010), sugiere que la plantación directa mediante la propagación de semillas vegetativas de trozos de tallos y raíces denominados esquejes de 15 a 20 cm de largo en proporciones de 2 a 3 tallos tiernos para facilitar el rebrote. Esta actividad se realizará al inicio de meses lluviosos, diciembre y enero.

Por su parte Urbano (2000), afirma que la propagación del pasto falaris se realiza por vía vegetativa, ya que al ser un híbrido su semilla es infértil, siendo el mejor momento de la plantación y/o trasplante al comienzo del periodo de lluvias.

Zarate (1982), sostiene que el momento oportuno para la plantación del pasto falaris es con las primeras lluvias a secano y en cualquier momento del año bajo riego.

3.1.5.3 Densidad de plantación

Rodríguez (2001), indica que la densidad de plantación es alternativa, colocándose los esquejes a una profundidad de 0,20 m, separados a 0,50 entre surcos y de 0,20 a 0,50 m entre plantines (esquejes). Otra alternativa es la preparación de plantas o esquejes, consiste en cortar la parte verde de la planta y separar matas de 3 a 5 esquejes, la plantación es en surcos separados a 0,60 m.

Centeno (2010), sugiere para una hectárea se requiere 10.000 esquejes a una distancia de 1 metro entre surcos y 1 metro entre plantas.

Mientras que Puch (1985), señala la plantación del pasto falaris se considera sembrar a una densidad de siembra de 0.70 m entre surcos y 0.50 m entre plantas.

Mendieta (1979), menciona que la densidad apropiada para la producción del pasto falaris un distanciamiento entre surcos de 0,5 m y 0,3 m entre plantas.

3.1.5.4 Labores culturales

Rodríguez (2001), indica que el pasto falaris es una trampa para los nematodos y para que crezcan bien es importante el control de malezas necesita deshierbe cuando existe mucha maleza (kikuyo, grama).

Por su parte Urbano (2000), señala que es necesario el desmalezado del cultivo, a través del control manual, mecánico y químico en el estado inicial de crecimiento del pasto, una vez establecido la especie, compite bien con las malezas.

Puch (1983), sostiene que el desmalezado, el abonamiento, la fertilización, el control de plagas y la cosecha son prácticas agronómicas comunes para todos los cultivos en general.

3.1.5.5 Cosecha

Alzérreca (1979), indica que el ciclo vegetativo del pasto falaris para las condiciones del altiplano central está comprendido entre los meses de octubre y marzo para la cosecha.

Una vez establecido el pasto brasilero produce forraje de buena calidad, las principales actividades de mantenimiento se refieren a la cosecha o corte del pasto preferentemente al inicio o antes de la formación de panícula (Rodríguez, 2001).

Centeno (2010), menciona que la cosecha se realizará aproximadamente 4 a 5 meses después de la siembra vegetativa, empleando hoces de cegar, conservándolo en heno o utilizada en la preparación de ensilaje. El pastoreo, se realizará aproximadamente a los 3 a 4 meses después de la siembra vegetativa cuando el pasto esta tierno a una altura de 25 a 30 cm.

3.1.5.6 Rendimiento

Rodríguez (2001), indica que en zonas de cabecera de valle en materia verde con cultivos asociados tienen un rendimiento: Falaris con *Veza dasycarpa* 3,9 kg/m².

Con niveles de fertilización nitrogenada de 0,150, 300 y 450 kg/N/ha año en el pasto brasilero, los rendimientos de materia seca en (cada 60 días) de 1985, 4085, 4282 y 5193 kg/ha/corte respectivamente, y cuando los cortes fueron cada 90 días para los mismos niveles 2585, 5770, 4675 y 5976 kg/ha/corte respectivamente (Urbano, 2000).

Mendieta (1982), indica que en condiciones del altiplano central con los tratamientos, cultivo puro de pasto brasilero y mezcla de alfalfa más *Phalaris* sp. Bajo condiciones de riego obtuvo rendimientos de materia seca en kg/ha de 1266 y 2272, y a secano 1125 y 1222, respectivamente. Constituyéndose la humedad del suelo en un factor determinante en la producción de esta forrajera.

Centeno (2010), afirma que dependiendo de las condiciones factores ambientales, se obtendrá un rendimiento de producción promedio de 30.000 a 50.000 kilogramos de materia verde / hectárea, equivalente aproximadamente a 4.000 a 8.000 de materia seca / hectárea.

Alzérreca (1991), señala que la producción de materia seca es de 14.2 t/ha, dato obtenido de 100 plantas muestreadas, siendo que la parcela de producción se

encuentra en suelo húmedo con alto contenido de materia orgánica y la precipitación también fue alta, de 487 mm.

Al respecto Puch (1983), en Estación Experimental de Belén realizando diferentes estados de corte, bajo tratamientos de riego fertilización, fertilización mas riego y testigo determinó los siguientes rendimientos totales de materia verde en kg/ha 7260, 6580, 10960 y 5473 respectivamente siendo los tres primeros superiores al tratamiento donde no se aplicó riego, ni fertilizante.

3.1.5.7 Adaptabilidad de pasto falaris

Hallard (1980), señala que la adaptación de variedades mejoradas a nuevas zonas de cultivo, ha sido una de las contribuciones más importantes de la mejora genética de las plantas.

Jerez (1989), sostiene que esta especie fue exitosamente introducida por vía asexual en canchones pertenecientes a las familias de la comunidad de Japo, en la Cordillera oriental a 4000 msnm.

Por su parte Flores (2005), indica que la introducción de la gramínea *Phalaris tubero-arundinacea* al ámbito alto andino ha sido una medida acertada ya que comenzó gradualmente a propagarse a medida que los campesinos podían tener forraje similar a la avena, sin sembrar cada año, por tratarse de una especie perenne.

3.1.5.8 Valor nutricional

Urbano (2000), menciona que el contenido de proteína varía en función al estado fisiológico de la planta; a prefloración, floración y maduración tiene 17,53%; 12,20%; y 9,86% respectivamente en contenido de proteína. Se recomienda realizar los cortes en el estado de prefloración, ya que en este periodo presenta la mayor calidad.

Por su parte Rodríguez y Maldonado (1999), señalan que el contenido de proteína varía en función al estado fisiológico de la planta; a prefloración y maduración tiene entre 17%, 12% y 9% de proteína.

El Cuadro 1 muestra los valores de materia seca, materia orgánica, proteína cruda y otros del pasto falaris según (Alzérreca, 1991).

**Cuadro 1. Composición bromatológica de algunas especies del genero
*Phalaris***

Nombre Científico	MS %	MO %	PC %	EE %	FC %	ELN %	PDv %	Pdo %	Edv %	Edo %	Ceniza %	Ca %	P %
<i>Phalaris arundinacea</i>	100,0	90,0	1702	4,4	22,0	46,4	12,5	13,0	3,4	2,7	10,0	0,360	0,330
<i>Phalaris arundinacea</i>	25,3	22,7	4,3	1,1	5,6	11,7	3,2	3,3	0,9	0,7	2,5	0,090	0,080
<i>Phalaris sp</i>	77,6		10,6	3,0	19,1	58,7					8,5		
<i>Phalaris tubercanariensis</i>	100		11,6										
<i>Phalaris tuberosa</i>	21,4		3,4				2,4	2,5				0,020	0,090
<i>Phalaris tuberosa</i>	16,5		3,1				2,2	2,4				0,030	0,070
<i>Phalaris tuberosa</i>	100,0		18,5				13,6	14,3				0,210	0,460
<i>Phalaris tuberosa</i>	100,0		15,7				11,2	11,6				0,110	0,420

Fuente. H. Alzérreca (1991)

Puch (1983), indica que este forraje en estado intermedio de crecimiento es un buen alimento y bastante palatable para el ganado en pastoreo, en estado maduro puede ser utilizado como forraje de corte, picado y mezclado con alfalfa.

3.1.5.9 Usos del pasto falaris

Rodríguez (2001), sostiene que el pasto falaris puede utilizarse como barreras vivas en las parcelas de cultivo ubicadas en zonas de pendiente, tanto alrededor de los terrenos como en curvas de nivel, así mismo para estabilizar las acequias y cárcavas. A medida que se desarrolla se van formando terrazas sujetando

fuertemente al suelo, de manera que no hace falta otras formas de conservación del suelo

Al respecto Urbano (2000), enfatiza que esta especie forrajera puede dar importantes rendimientos de materia verde con 4 a 5 cortes al año. Puede suministrarse a las vacas, ovejas y otros animales en forma de heno o en pastoreo.

Hubeard y Nicholsor. (1978), manifiestan que la importancia y el uso del *falaris* están dados, por su aplicación en la rehabilitación de suelos pesados y deficientemente drenados, para contener la erosión de cursos de agua y de terrenos bajos que se inundan o anegan durante periodos relativamente largos. Al ser un pasto, con características de: gran longevidad, larga temporada de apacentamiento, gran producción de forraje succulento y apetecible, lo convierten en una planta forrajera valiosa en los lugares en que sobrevive; siendo extremadamente productivo en la época húmeda. Si no se aprovecha para el pastoreo, puede recolectarse para heno o ensilaje; el forraje debe consumirse tempranamente hasta el ras del suelo, para impedir que florezca y se vuelva áspero e inapetecible.

Puch (1983), indica que el pasto *falaris* en crecimiento intermedio es bastante palatable para el ganado, en estado maduro como forraje de corte, picado y mezclado con alfalfa para animales en estabulación. Esta especie puede reemplazar satisfactoriamente a los demás pastos tradicionales a la zona del altiplano norte de La Paz.

Bernal (1986), considera que la importancia de esta forrajera radica principalmente en su valor nutritivo, para la alimentación del ganado especialmente durante la época seca aconsejando el uso del pasto brasilero como heno por sus altos rendimientos, en forma de ensilaje por su buena calidad o en pastoreo. Así mismo afirma, que esta gramínea se destaca por su palatabilidad, ya que es apetecido por los cerdos cuando el pasto esta corto y las vacas lecheras lo prefieren en competencia con otras seis forrajeras, llegando su consumo a un 90% de aceptación. El heno de *falaris* adecuadamente fertilizado y tempranamente segado

es equivalente a una cantidad similar de heno de alfalfa suministrado, así como en el contenido de proteína cuando la fertilización nitrogenada es complementada con fosforo y potasio.

Centeno (2010), señala que el pastoreo debe realizarse cuando el pasto está tierno, es decir al estado de macollamiento. El sistema del pastoreo debe ser rotativo de consumo uniformemente y evitar que el pasto forme capas de colchón.

3.2 Características generales de la alfalfa

3.2.1 Origen y descripción botánica

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una leguminosa perenne de origen Asiático, vivaz y de porte erecto, de raíz pivotante muy desarrollada con numerosas raíces secundarias, posee una corona de donde emergen brotes, que dan origen a los tallos erguidos y consistentes que resisten al follaje. Las hojas son de borde aserrado con inflorescencias en racimos de color azul o púrpura que nacen en las axilas de las hojas. El fruto es una legumbre indehiscente que contiene de 2 a 6 semillas arriñonadas (Sánchez, 2004).

3.2.2 Clasificación taxonómica de la alfalfa

Rojas 2016, la clasificación taxonómica es la siguiente:

Dominio: Eukarya,

Reino: Plantae

División: Angiosperma

Clado: Eudicotiledoneas

Clado: Gunneridas

Clado: Fabidas

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Medicago*,

Especie: *Medicago sativa* L.

3.2.3 Variedades de alfalfa

Las variedades que mejor se desarrollan en el altiplano son las siguientes: Ranger americano; Bolivia 2000; Moapa; Rivera; Pampa flor; Gold; Cuf; Puma; Valador; Altiplano.

Las alfalfas certificadas con un poder germinativo de 89%, Pureza 98%, Valor cultural 87.22, según la Empresa de Semillas Forrajeras (SEFO), especializadas en la distribución de semillas forrajeas en todo el país con sede en Cochabamba.

3.2.4 Importancia de las leguminosas

Una de las alternativas para mejorar la calidad de las praderas del altiplano, es la introducción de leguminosas persistentes y compatibles con gramíneas. La forma de utilizar las leguminosas, como elemento para mejorar la alimentación animal, ya sea en asociación con gramíneas, como banco de proteína o en franjas, dependerá del programa de manejo y la disponibilidad de terreno en las unidades de producción. La asociación de gramíneas con leguminosas, representa una opción económica, para mejorar la producción animal (Sánchez, 1998, Hess y Lascano, 1997).

- **importancia de la alfalfa:** La importancia de la alfalfa para el MAGDR-PDLA (2001), radica en su amplio rango de adaptación a los diversos tipos de suelos y condiciones climáticas. Su alto contenido de proteínas, minerales y vitaminas, la cualifican como una excelente especie forrajera, para la alimentación del ganado.

3.3 Importancia del nitrógeno en la agricultura

El nitrógeno tiene un lugar especial en la nutrición no solo debido a su elevado requerimiento por la planta, sino porque está casi completamente ausente en la roca madre de la cual se forma los suelos, es un elemento esencial en el desarrollo y crecimiento de cualquier especie vegetal, es un constituyente básico de las

proteínas, ácido nucleico y muchas otras sustancias del tejido vegetal y de la clorofila que es aproximadamente el 50% de la materia seca (Bidwell, 1979).

Según Trejos y Vega (1990), la importancia del nitrógeno radica en las funciones que esta realiza en las plantas y estas son:

- Forma parte de las proteínas y la clorofila.
- Imparte un color verde oscuro a las plantas.
- Promueve el desarrollo de hojas y tallos.
- Produce un desarrollo rápido en el primer ciclo de desarrollo de los cultivos.
- Aumenta el contenido de proteína en los cultivos alimenticios y forrajeros.
- Alimenta a los microorganismos del suelo durante la descomposición de los materiales orgánicos con alta razón C/N.

Bernal (2005), señala al nitrógeno como conformante de los ácidos nucleicos y la clorofila es fundamental para los procesos de fotosíntesis y crecimiento. Una alta concentración de nitrógeno en la planta promueve el crecimiento a través de una mejor utilización de los carbohidratos producidos por fotosíntesis y a través de una mejor eficiencia en el uso del agua.

3.3.1 Fijación biológica del nitrógeno

Es bien conocido que las leguminosas suministran nitrógeno al suelo por medio de la fijación simbiótica de este elemento. La fijación del nitrógeno ocurre por la asociación simbiótica, que establece la planta con algunas bacterias de la familia *Rhizobiaceae*, estas bacterias infectan las raíces de la planta e inducen la formación de nódulos radiculares, en el interior de los cuales se realiza la fijación, con la intervención de la enzima nitrogenasa, localizada en el interior de los rizobios. Las bacterias le ceden el nitrógeno fijado a la planta y a su vez ésta le suministra al nódulo los carbohidratos que producen la energía necesaria para el proceso de fijación (Sylvester *et al.*, 1987).

Reynolds (1982) evaluó la fijación de nitrógeno, en las asociaciones de pasto-Guinea (*Panicum maximum*) con las leguminosas *C. pubescens*, *P. phaseoloides*,

M.atropurpureum, *Calopogonium mucunoides*, *Mimosa pudica* y *Vigna luteola*. Concluyo que la mayoría del nitrógeno cedido, alrededor de un 80%, se transfiere al suelo como residuos vegetales procedentes de la descomposición de raíces y nódulos o deyecciones de animales, los cuales se descomponen posteriormente, mediante distintas transformaciones microbiológicas, hasta ser asimilados por las plantas asociadas y otra porción significativa del nitrógeno fijado, se libera directamente al suelo por las exudaciones de las raíces (Muslera y Ratera, 1991; Bogdan, 1997).

La fijación en forma asociada sucede en el suelo, en la zona de influencia de las raíces, llamada la rizosfera. La fijación simbiótica se realiza en órganos especiales, los nódulos, que se encuentran en las raíces de plantas leguminosas. En la agricultura, la fijación biológica de nitrógeno, por bacterias de la familia Rhizobiaceae, en simbiosis con plantas de la familia leguminosae, es la más importante, gracias a este proceso, el nitrógeno atmosférico se convierte en proteína vegetal y que puede ser absorbida por las plantas (Pijnenborg et al., 1996).

Los mismos autores indican que el sistema de fijación biológica de nitrógeno está compuesta de tres partes: el macro simbiote (la planta), el micro simbiote (la bacteria) y el órgano donde sucede el proceso de la fijación (el nódulo). Cambios en cada uno de estos componentes o en las relaciones entre ellos influyen en la fijación de nitrógeno.

3.3.2 Funcionamiento de los Nódulos

FAO- Fertilizantes (1999), indica que la simple formación de nódulos no siempre significa que las bacterias absorben el nitrógeno y que lo proporcionan a la planta. Existen varios factores que pueden impedir su buen funcionamiento, como por ejemplo, una sequía, el encharcamiento del terreno, o una carencia de algunos elementos en el suelo, como fósforo o molibdeno.

Una manera sencilla de averiguar si absorben el nitrógeno del aire, es de cortar algunos nódulos por la mitad con un cuchillo, o la uña y ver qué color está en su interior. Si el interior del nódulo es rojo o rosado, significa que está fijando nitrógeno. Si es de color verdoso, blanquecino o negruzco, significa que no fija nitrógeno, o que dejó de funcionar.

De manera general, podemos decir que la actividad nodular coincide con el máximo crecimiento de la planta, y que se declina a medida que esta se acerca a la madurez.

3.3.3 Inoculación de Leguminosas

Bernal (2005), menciona que las leguminosas como la alfalfa, el trébol, y el lotus, tienen la habilidad de formar una relación simbiótica con una bacteria del suelo llamada Rhizobium. Esta bacteria forma nódulos en la raíz de la planta en donde el nitrógeno atmosférico es fijado en una forma disponible. Inicialmente este nitrógeno es usado por la planta huésped pero es eventualmente hecho disponible para la gramínea asociada por la incorporación de materia vegetal por efecto de la defoliación y pisoteo durante el pastoreo.

Existen numerosas especies de Rhizobium en el suelo, pero a menos que la especie específica no esté presente no se realizará la simbiosis. Por ejemplo los Rhizobium que nodulan los tréboles no nodulan las alfalfas. Además los Rhizobium nativos siempre o casi siempre son menos eficientes que los encontrados en los productos comerciales ya que en estos se mezclan una gran cantidad de cepas seleccionadas en suelos de todo el mundo por su alta eficiencia en la actividad simbiótica. Esta es la razón por la que siempre se deben emplear inoculantes que manejen cepas exóticas seleccionadas por su alta eficiencia de fijar nitrógeno (Centeno, 2010).

El mismo autor Bernal (2005), señala que un método de inoculación antes de la siembra es el de preparar una suspensión del inoculante, con agua azucarada según las recomendaciones del fabricante, para cubrir la semilla desnuda. Esta

semilla inoculada debe usarse inmediatamente ya que los rayos del sol matan a las bacterias pero puede ser guardada en un lugar fresco y oscuro como máximo 24 horas. Para preparar la suspensión debe usarse agua limpia y sin residuos de pesticidas y definitivamente evitar el agua químicamente tratada (agua clorada). Este método es recomendable cuando la semilla es sembrada bajo condiciones favorables del suelo. Cuando las condiciones del suelo son desfavorables como por acidez (< 5.2) o sequedad, la supervivencia del *Rhizobium* puede lograrse peletizando la semilla con goma arábiga y carbonato de calcio micro pulverizado. Pero desde que este último método es dificultoso para producir una alta calidad de semilla inoculada es mejor adquirir semilla comercialmente peletizada.

Bernal (2005), fertilizantes de reacción neutra como el superfosfato si se pueden usar con la semilla inoculada con agua azucarada. La cobertura comercial Standard usada para peletizar la semilla con el inóculo contiene cal finamente molida a la que se le puede agregar azufre y molibdeno dependiendo de las deficiencias que se presenten en suelo. Como exposición a altas temperaturas causa la muerte rápida del inoculante los paquetes deben ser refrigerados hasta su uso, pero de ninguna manera se deben congelar. La semilla peletizada se debe almacenar en condiciones de sombra, sequedad y de buena ventilación.

3.3.4 Cantidad de nitrógeno fijado por leguminosas

El proyecto Fertisuelos ha evaluado, mediante análisis, la cantidad de nitrógeno contenido en varias leguminosas que pueden ser utilizadas como forraje.

Como se puede observar en el Cuadro 2, las leguminosas que no producen alimentos fijan también nitrógeno. Por ejemplo el reloj reloj (*Erodiumcicutarium*), muy común en el suelo del altiplano y valle y considerado como maleza.

Cuadro 2. Contenido de nitrógeno en leguminosas

Leguminosas	% de N ₂ sobreM.S.	Contenido de N ₂ en kg/tn de masa vegetal (materia seca)
Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)	3.0	30
Haba (<i>Vicia faba</i>)	3.1	31
Arveja (<i>Pisumsativum</i>)	2.3	23
Reloj reloj (<i>Erodium cicutarium</i>)	4.1	41
Tarwi (<i>Lupinusmutabilis</i> S.)	3.6	36
Vicia (<i>Vicia villosa</i>)	2.4	24

Fuente: Proyecto FAO-FERTISUELOS (1999)

La alfalfa fija entre 300 a 350 kg de nitrógeno por hectárea al año, otras plantas también tienen esta propiedad, pero en menores proporciones, por ejemplo el frijol, soya fija 160 a 180 kg de nitrógeno por hectárea al año, las lentejas 100 kg de nitrógeno por hectárea al año (Álvarez, 1982).

Repo, Ritvia y Carrasco (1988) citan que la especie *Lupinus mutabilis* S. fija entre 150 a 200 kg de nitrógeno por ha/año, existiendo además leguminosas que tienen la propiedad de fijar nitrógeno pero en menor proporción como: El frijol 160 a 180 kg de nitrógeno por ha/año, las lentejas 100 kg de nitrógeno por ha/año.

Monegat (1991), menciona que el tarwi planta sembrada tradicionalmente en los Andes como un grano de subsistencia, es capaz de fijar hasta 400 kg/ha de nitrógeno. La experiencia con esta planta es todavía limitada, pero intercalada con la papa, ha logrado triplicar las cosechas tradicionalmente muy bajas de este tubérculo en experimentos campesinos estadísticamente significativos al 5%.

Olivares (1999), señala que la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una leguminosa que fija nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 300 kg/ha, restituyendo la fertilidad de los suelos cultivados.

3.4 Asociación de gramíneas forrajeras con alfalfa

a) Gramíneas en asociaciones con leguminosas:

Las asociaciones de leguminosas con gramíneas, se pueden definir como la interrelación armónica y equilibrada entre dos o más especies, de gramíneas y leguminosas. Estas asociaciones se pueden realizar con leguminosas nativas, que se encuentran en el pastizal o con especies introducidas y probadas (Sánchez, 1998).

El establecimiento de una asociación gramínea –leguminosa, requiere de ciertos arreglos de siembra, para evitar los efectos de competencia, que provoquen el dominio o desplazamiento de alguno de los componentes botánicos, lo que aseguraría mantenerlos estables en el tiempo y en el espacio en la pradera.

La proporción de la leguminosa en la pradera, para obtener el máximo beneficio de las asociaciones, debe ser una disponibilidad entre 30 a 40% de dicha especie, ya que valores mayores o menores a estos porcentajes, traen como consecuencia, disminución en la producción de forraje y por tanto, en la producción animal.

Para alcanzar la proporción adecuada, los arreglos de siembra pueden ser mezcla al voleo y mezcla en surcos. En surcos, los arreglos pueden ser 1:1, 2:1 y 3:1, esto es uno, dos o tres surcos de gramínea por uno de leguminosa (Enríquez *et al.* 1999; Sánchez, 1998).

b) Incremento de la calidad del forraje: Las leguminosas incrementan el valor nutritivo de la gramínea asociada, particularmente en lo que se refiere a los contenidos de proteína total y de minerales, para mantener su calidad a través del tiempo, durante la época seca, cuando más las consumen los animales.

Las gramíneas presentan contenidos de proteínas totales bajas, inferiores al 7% durante la época seca, cuando el aporte de nitrógeno es deficiente, lo cual afecta el consumo voluntario y consecuentemente, la producción animal (Villaquirán y Lascano, 1986).

Romero y González (1999) reportan incrementos de 15.5% de proteína total en la pradera asociada *B. decumbens* sola y *B. decumbens* + *A. Pintoi*, no encontraron efecto significativo en la digestibilidad de la biomasa en oferta.

Baars y Jenkins (1996) evaluaron diferentes gramíneas y leguminosas forrajeras tales como *Cynodon lemfueasis*, *Brachiaria decumbens* y *Hyparrhenia rufa*, y las leguminosas *A. pintoi* CIAT 17434, *S. hamata*, *S. scabra* y *Macrotilium atropurpureum* reportan que los valores de proteína total y DIVMS de las gramíneas, en la época seca y lluviosa, fueron bajos 5.0 y 6.4% para la proteína total y 53 y 36% para la DIVMS respectivamente.

Las leguminosas asociadas presentaron altos contenidos de proteína de 10.0 a 17.5% en ambas épocas en comparación con las gramíneas, la DIVMS en la época seca fue más alta en la leguminosa que en la gramínea con valores de 42.5 a 66.8% para la leguminosa y 31.8 a 40.4% para la gramínea en la época de lluvia, los valores de DIVMS fueron similares entre las especies forrajeras 47.5 a 62.1%.

c) Aumento en la producción de biomasa vegetal: Las leguminosas incrementan la producción de materia seca en las praderas cuando éstas se asocian con gramíneas. Esta disponibilidad de forraje incrementa la carga animal por unidad de superficie. Al respecto Costa *et al.* (1991) evaluaron tres gramíneas forrajeras, asociadas con cinco leguminosas, en el periodo de máxima precipitación, donde las asociaciones expresaron mayor rendimiento de forraje, que las gramíneas en monocultivo.

Baar y Jenkins (1996) reportan rendimientos de materia seca de *B. decumbens* en monocultivo de 30.3 ton/ha/año y 26.2 ton/ha/año, asociado con *A. pintoi*, 32.8 ton/ha/año, con *M. atropurpureum*, 30.4 ton/ha/año, con *S. guianensis* y 32.7 ton/ha/año, con *S. hamata*.

Gil *et al.* (1991), cosecharon asociaciones a las 20 semanas después de la siembra y la mayor producción de materia seca se encontró en las asociaciones de *B.*

decumbens + *C. macrocarpum* (4.9 ton/ha), *B. decumbens* + *A. pintoi* (5.1 ton/ha) y *B. dictyoneura* + *A. pintoi* (2.1 ton/ha).

Romero y González(1999) evaluaron la productividad de *B. decumbens* sola y asociada con *A. pintoi* y se encontró que la asociación produjo 8% más de biomasa.

Espinoza *et al.* (2001) evaluaron el rendimiento de materia seca del pasto King Grass, solo y fertilizado con 50 kg/ha de nitrógeno y asociado con las leguminosas herbáceas *Psophocarpus tetragonolobus*, *Macroptilium atropurpureum*, *Centrosema pubescens* CIAT 5634 y *Centrosema macrocarpum* CIAT 5620, los resultados mostraron diferencias entre tratamientos y se obtuvieron los mayores rendimientos en las asociaciones.

d) Beneficios de una pradera asociada

Según Muslera (1984), la asociación de la alfalfa con las gramíneas forrajeras, facilitan el manejo de la pradera durante el pastoreo y favorece una mayor producción de forraje por unidad de superficie, sin embargo estas asociaciones pueden presentar desequilibrios poblacionales después de varios años de producción.

Para Flores y Bryant (1989), citados por Barrientos (2002), las mezclas de las gramíneas forrajeras con la alfalfa, aportan una reacción balanceada a la nutrición animal; en cuanto a su producción estas solo requieren la fertilización con elementos como: el fósforo y el potasio, debido a la síntesis del nitrógeno por parte de la alfalfa.

Según Delgadillo y Mendieta (1996), estas mezclas reducen el pisoteo de las pasturas durante el pastoreo y favorecen en parte el control de las mezclas; también promueven un mejor desarrollo de las plantas, mediante el uso eficiente de los nutrientes del suelo y aportan una ración balanceada entre carbohidratos y proteínas a la nutrición animal.

3.5 Experiencias en asociación del pasto falaris y alfalfa

Centeno (2010), señala que para el mejoramiento de praderas naturales, se adoptara a una tecnología de siembra directa asociada confines forrajeros entre una leguminosa y una gramínea.

Bernal (2005), menciona que las mejores pasturas son aquellas en que las leguminosas están asociadas con las gramíneas, los nódulos de las raíces de las leguminosas fijan nitrógeno atmosféricos en el suelo y donde eventualmente se hace disponible a las gramíneas; asegurando un mayor y succulento crecimiento de éstas.

El mismo autor señala que las leguminosas fijan nitrógeno y conducen la producción de la pastura asociada, pero para maximizar la función y producción de las leguminosas se requiere un alto status de fertilidad del suelo en términos de fosfato, potasio, azufre, carbonato y elementos traza. Es decir el uso de fertilizantes nitrogenados es una opción estratégica para producir alimento extra cuando los requerimientos de los animales exceden al crecimiento de la pastura, por lo que se podría decir que el nitrógeno es una forma de alimento suplementario.

Mendieta (1982), en un estudio de asociación del pasto falaris y alfalfa, bajo riego y secano establecidos en el mismo periodo en la Estación Experimental de Patacamaya, determinó bajo riego un rendimiento de materia seca en kg/ha de 2.272 para la mezcla y 1.266 como cultivo puro del pasto brasilero, y en condiciones de secano 1.222 y 1.125, respectivamente.

Puch (1980), manifiesta que el pasto brasilero muestra una buena respuesta a la fertilización nitrogenada y fosfatada con un nivel de 50-80-0, para las condiciones del altiplano norte, particularmente en aquellos suelos donde es manifiesta la carencia de estos elementos nutritivos.

El mismo autor, en otro ensayo efectuado sobre el pasto falaris determinó que la aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados más riego, permiten la obtención

de resultados excelentes en la producción de materia verde en los estados intermedio y maduro del pasto brasileiro y no así en el tierno.

Mendieta (1982), destaca que la asociación del pasto falaris y alfalfa, bajo riego y a secano establecidos en el mismo periodo, presentaron los mejores rendimientos de materia seca con relación al cultivo puro del pasto; en el segundo año de observación se produjo un descenso, concluyendo que la baja producción de la gramínea se debería fundamentalmente a la poca disponibilidad de nitrógeno en el suelo ya que el aporte de este nutriente por la leguminosa fue mínimo en los primeros años por el reducido desarrollo de su sistema radicular.

- **Ventajas económicas de una pradera asociada (gramíneas asociada con leguminosas)**

Bernal (2005), señala la importancia de cultivar pasturas asociadas como la fuente de alimento más barata que existe; y al asociar gramíneas con leguminosas proveen un alimento completo y balanceado al ganado (energía y proteína).

Liebman (1995), sostiene que el análisis económico de los diferentes cultivos ha demostrado que en los policultivos, los retornos económicos netos pueden ser mayores que en los monocultivos conducidos en superficies equivalentes.

Monsalve (1988), señala las siguientes ventajas económicas de los sistemas de cultivo asociado:

- Las labores conjuntas a las especies asociadas ofrecen una economía de tiempo y dinero.
- En algunos casos el cultivo asociado se puede cosechar antes que el cultivo principal, lo cual permite un ingreso anticipado para el agricultor.
- En muchos casos la producción obtenida del cultivo acompañante, logra cubrir parte de los costos de producción.

- Las asociaciones ofrecen por lo general mayor rentabilidad que el monocultivo de papa.

Reyes (1990), indica que se maximiza la producción económica por unidad de área; reducción de riesgos con las variaciones de clima, mayor protección del suelo contra la erosión por el mayor tiempo de cobertura vegetal; hay mejor control de malezas por el efecto de sombreo, existe un mejor balance nutricional por haber disponibilidad de alimentos, las asociaciones reducen hasta en un 50% las necesidades de fertilización nitrogenada del cultivo principal son prácticas relativamente baratas.

- **Desventajas económicas de una pradera asociada (gramíneas asociada con leguminosas)**

a) Competencia entre especies: A partir de la experiencia generada, en el manejo de asociaciones de gramíneas y leguminosas, se coincide en señalar la dificultad de asociar las leguminosas con las gramíneas en cualquier pradera. Esto se debe a que las gramíneas tienen mayor capacidad, que las leguminosas, para absorber fosfatos, sulfatos, nitratos y potasio, de la solución nutritiva del suelo, resulta que para que la leguminosa persista en una mezcla, es necesario proveerlas en abundancia de los elementos necesarios para un buen crecimiento y desarrollo (Muslera y Ratera,1991).

Así mismo, dado que las leguminosas asociadas, mejoran la disponibilidad de nitrógeno a la gramínea, ésta puede lograr ventaja comparativa y eliminarla por competencia; sin embargo puede ocurrir que la gramínea o la leguminosa tengan una palatabilidad demasiado contrastante y los animales pastoreen selectivamente una u otra, hasta eliminarla de la pradera (Argel, 1996).

4. LOCALIZACIÓN

4.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los predios de la Estación Experimental de Patacamaya, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicada en la provincia Aroma del departamento de La Paz, Figura 1. Situada geográficamente a $17^{\circ}15'13$ de latitud sud y $69^{\circ}59'12$ de longitud oeste y a una altura de 3789 m.s.n.m.

Figura 1. Ubicación del sitio de estudio en la provincia Aroma, La Paz.
Estación Experimental de Patacamaya



4.2 Características agroecológicas de la zona

4.2.1 Fisiografía

Patacamaya pertenece a la provincia fisiográfica del altiplano, formada por colinas bajas hacia el norte, estas colinas localmente se denominan Jach'a y Jisc'a loma, según Zonizing (1998).

Se observa que por la comunidad atraviesan los ríos Chusic'ani y Khora, ambos son temporales y se unen en su recorrido; pertenecen a la sub cuenca del río Desaguadero. El río Khora es de mayor volumen, en época de lluvias por el caudal que adquiere separa la comunidad en dos sectores.

4.2.2 Clima

Él se caracteriza por ser frío y seco. Existe una división entre época seca y época de lluvias, que abarca entre 8 y 4 meses respectivamente. Según Zonizing (1998), la radiación solar global en el área de Patacamaya alcanza valores elevados de 518 cal/cm² día, por sus factores climáticos como por su altura y debido a su ubicación al norte del trópico de capricornio.

4.2.2.1 Temperatura

En el Cuadro 3, se encuentran los valores promedios mensuales de temperatura, datos proporcionados por SENAMHI para la gestión agrícola 2013 a 2014.

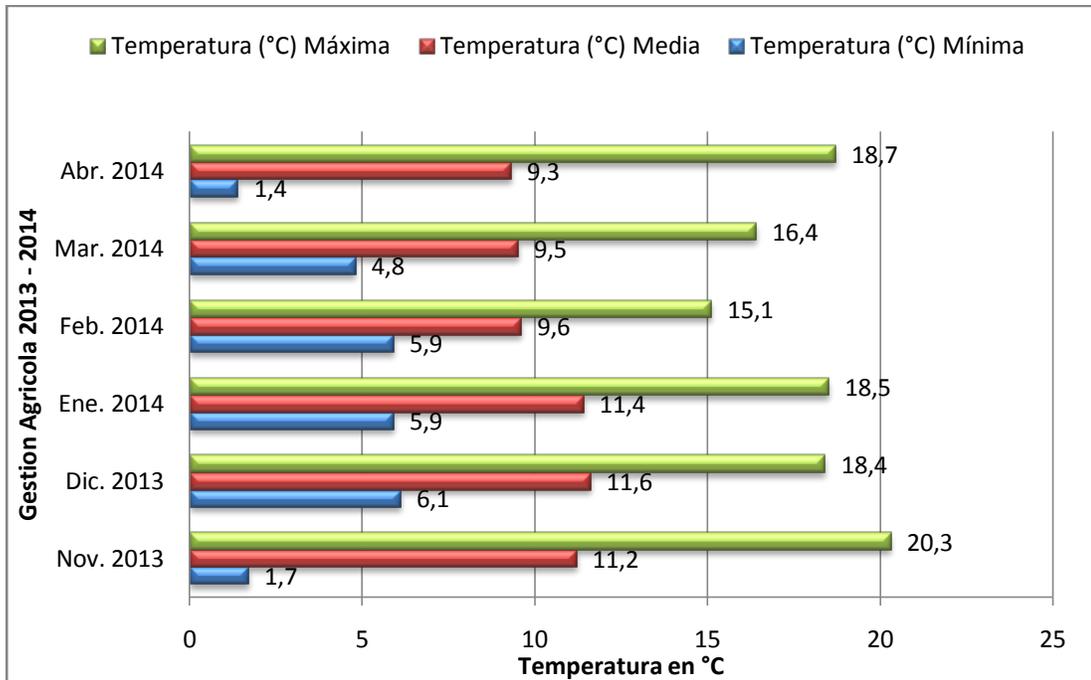
Cuadro 3. Valores mensuales de temperatura (°C) de la gestión agrícola 2013 a 2014

TEMPERATURAS PROMEDIOS MENSUALES, SECTOR PATACAMAYA							
		Nov. 2013	Dic. 2013	Ene. 2014	Feb. 2014	Mar. 2014	Abr. 2014
Temperatura (°C)	Mínima	1,7	6,1	5,9	5,9	4,8	1,4
	Media	11,2	11,6	11,4	9,6	9,5	9,3
	Máxima	20,3	18,4	18,5	15,1	16,4	18,7

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por SENAMHI

La Gráfica 1 muestra el comportamiento de las temperaturas mínima, media y máxima que fueron registradas y promediadas en forma mensual.

Grafico1. Temperaturas (promedio mínimo, medio y máximo) periodo Octubre2013 a Abril-2014



En la Gráfica 1 se puede apreciar que la temperatura media mensual estuvo entre los 11.6 a 9.3°C los meses donde las temperaturas mínimas presentaron un mayor descenso fueron en el mes de noviembre de la gestión 2013 con 1.7°C y en el mes de abril 2014 con 1,4°C. Para las temperaturas máximas el grafico indica que el mes de noviembre presento una temperatura de 20.3°C en la gestión 2013.

4.2.2.2 Precipitación

En el Cuadro 4, están los datos de precipitación pluvial registrados en la Estación Experimental de Patacamaya de los meses en el que se hizo el estudio, durante todo el ciclo de la fase fisiológica, y que fueron tomados en cuenta a partir del mes de noviembre de la gestión 2013, mes en el que se inició la ubicación y preparación

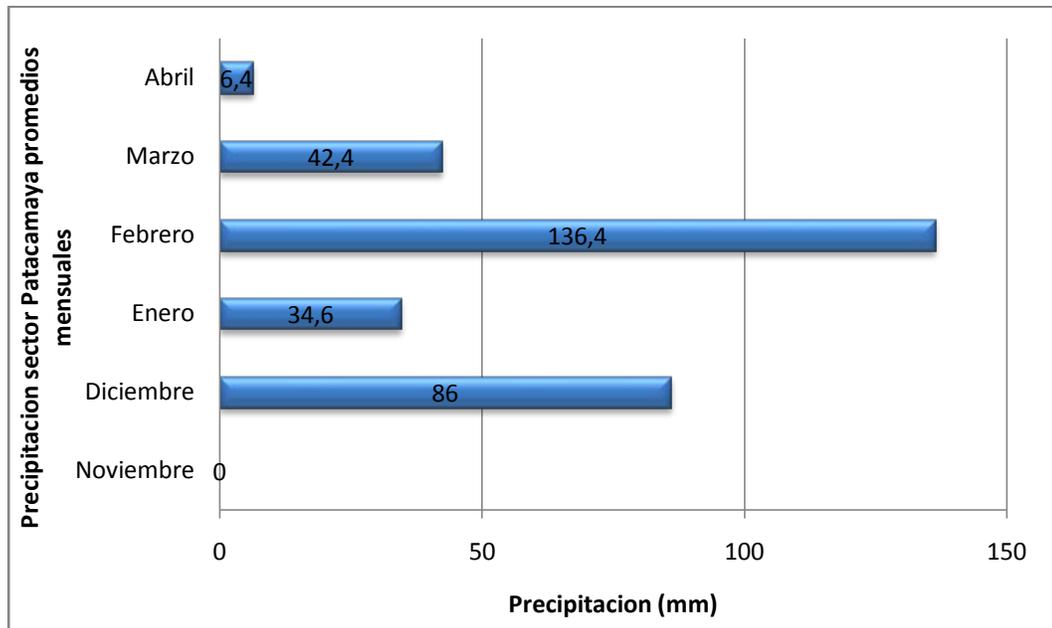
del terreno para siembra, hasta el mes de abril de la gestión 2014, pues fue el mes en que se realizó la cosecha de las diferentes unidades experimentales.

Cuadro 4. Valores mensuales de precipitación (mm) de la gestión agrícola 2013 a 2014

PRECIPITACIÓN SECTOR PATACAMAYA PROMEDIOS MENSUALES						
Precipitación (mm)	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
	0	86	34,6	136,4	42,4	6,4

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por SENAMHI

Grafico2. Precipitación registrada durante el periodo Octubre2013 a Abril-2014 en Patacamaya.



En la Gráfica 2 se puede ver la acumulación de la precipitación de forma mensual, donde en el mes de noviembre se registra la menor precipitación de 0,0mm, ocasionando déficit de agua en los tratamientos donde se aplica el riego por inundación a toda la parcela de estudio, en el mes de diciembre existe un ascenso de la precipitación llegando a los 86mm.

En el mes de enero desciende la precipitación a 34,6mm, en febrero asciende a 136,4mm favoreciendo al forraje en el desarrollo, finalmente en marzo y abril desciende a 42,4 y 6,4 mm, respectivamente.

La plantación de pasto falaris y siembra de alfalfa se llevó a cabo el 4 de noviembre de 2013, esta actividad fue realizada con falta de lluvia, en consecuencia se realizó el riego después de la siembra y dos semanas después para asegurar el prendimiento y la emergencia de los forrajes de pasto falaris y alfalfa.

4.2.3 Suelos

El análisis físico realizado por el laboratorio de suelo de la Carrera de Ingeniería Agronómica (Facultad de Agronomía), reporto un suelo de textura franco arenoso. Las características físicas se detallan en el anexo 1. El valor de pH medianamente alcalinos de 7,84 respecto al inicial que fue de 7,22 neutro realizado antes de la siembra.

La cantidad de nitrógeno presente en el suelo antes de la siembra fue de 9,45 g/kg el cual fue aprovechado por el forraje asociado (pasto falaris asociado con alfalfa) en la parte aérea incremento la cobertura y registrando mayores rendimientos, en forma total y asimilable ya que después de la cosecha presentó un valor bajo de 2,19 g/kg.

4.2.4 Vegetación

En cuanto a la vegetación es de carácter xerofítico y composición florística variada. Los tipos de vegetación más comunes que se encuentran en el área de estudio se muestran en la Figura 2.

Figura 2. Tipos de vegetación nativas en la Estación Experimental de Patacamaya



Según la observación realizada en campo, se aprecia con más frecuencia tholar-chillihuar, tholar-pajonal, y las más predominantes se encuentra compuesta de la familia *Gramineae* alternada con arbustos de la familia *Compositae*.

- **Malezas**

Durante el tiempo que duró el trabajo de campo, entre las malezas que se encontró en las diferentes unidades experimentales tanto en pasto falaris con asociación y sin asociación se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Malezas encontradas en la parcela de estudio

Nombre común	Nombre científico
Reloj reloj	<i>Erodiumcicutarium</i>
Paja brava	<i>Jaravaichu</i>
Cebadilla	<i>Bromucatharticus</i>
Pastito de invierno	<i>Poaannua</i>
Mostaza	<i>Brassica campestris</i>
Ajara	<i>Chenopodium sp.</i>

Fuente: elaboración propia

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales y equipos

5.1.1 Material vegetal

El material vegetal utilizado en el estudio, plantas madres de la especie híbrida *Phalaris aquatica* L., los que se obtuvieron del mismo centro experimental de Patacamaya, Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés. Variedades de alfalfa, adaptadas al altiplano: Ranger americano; Cuf y Rivera recomendadas por la Empresa de Semillas Forrajeras (SEFO), especializadas en la distribución de semillas forrajeras en todo el país con sede en Cochabamba.

5.1.2 Materiales y equipos de campo

Para el trabajo de campo se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Maquinaria agrícola (tractor)
- Picotas
- Palas
- Flexómetro
- Wincha
- Hoces
- Rastrillos
- Bolsas de plástico
- Libretas de campo

5.1.3 Material de laboratorio

Para la determinación de nitrógeno en el suelo por método Kjeldahl se utilizaron:

- Digestor Kjeldahl.
- Matraces de Kjeldahl.
- Destilador
- Pipetas de 10.5 y 1 ml.
- Bureta.
- Porta Matraces.
- Matraces Erlenmeyer de 50 ml
- Horno de desecación
- Balanza analítica (200 g)

- Bandejas de aluminio
- Sobres de papel
- Tamizado
- Probetas
- Bureta de 50 ml
- Vasos precipitados de 500 y 100ml.

5.1.4 Material químico o reactivo

Los productos químicos empleados fueron: ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, catalizadores, ácido bórico, sulfato cúprico, sulfato de potasio.

5.1.5 Material de gabinete

- Computadora
- Cámara fotográfica digital
- Cuaderno de apuntes
- Calculadora
- Sobres de papel sabana
- Marbetes identificativos
- Material de escritorio

5.2 Métodos

5.2.1 Procedimiento experimental

El trabajo fue realizado durante la gestión 2013- 2014, evaluando el pasto falaris en asociación al cultivo de alfalfa desde la siembra (última quincena del mes de noviembre del 2013) hasta la fase de panícula y formación de inflorescencia (primera quincena del mes de abril del año 2014) del pasto falaris.

5.2.2 Diseño experimental

El experimento para su mejor estudio fue establecido en diseño de bloques completos al azar, como factor principal se tiene al pasto falaris asociado a tres variedades de alfalfa en cuatro bloques (Calzada, 1986 y Reyes, 1985). Para los análisis de datos del experimento se presenta el modelo estadístico a continuación

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media general

B_j = Efecto del j — ésimo bloque ($j = 4$)

T_i = Efecto del i — ésimo variedades de alfalfa ($i = 3$)

E_{ij} = Error experimental

Factor 1: Pasto falaris asociado a tres variedades de alfalfa (Cuf, Ranger americano y Rivera). El experimento consta de cuatro tratamientos: Tres tratamientos asociados a cada variedad de alfalfa y uno queda como testigo

5.3 Características del campo experimental

5.3.1 Dimensiones del área experimental

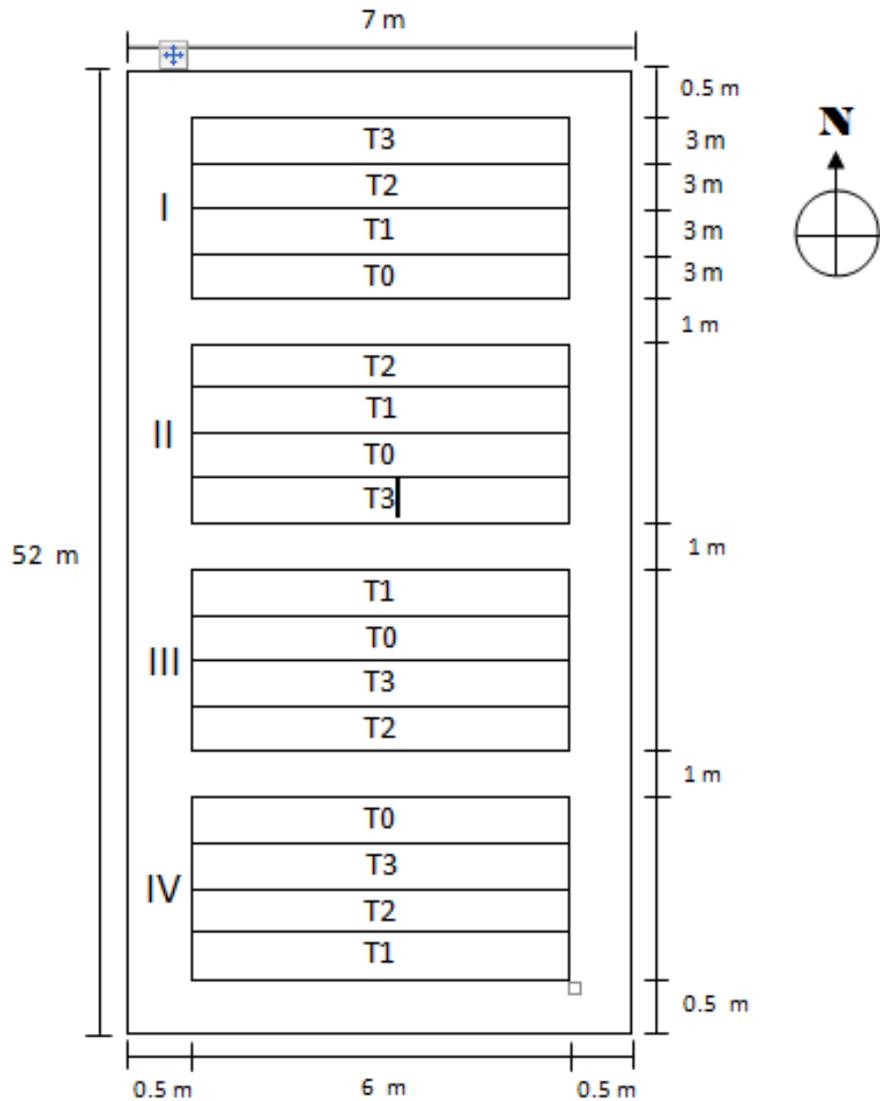
El estudio se efectuó en un terreno uniforme, con una pendiente entre 1 y 2%, considerado como plano o casi plano, El cuadro 6 muestra las dimensiones del área experimental:

Cuadro 6. Dimensiones del área experimental

Sup. Neta (m²)	288
Sup. Total (m²)	364
Sup. De bloque (m²)	72
Sup. De UE (m²)	18
Espacio entre UE (m)	1
Espacio entre plantas (m)	0,5
Espacio entre hileras (m)	0,5
Número de bloques	4
Número de UE	16
Número de hileras por UE	7
Número de plantas por hilera	13

5.3.1.1 Croquis de campo

Figura 3. Croquis de campo y dimensiones de las áreas de los tratamientos distribuidos de los tratamientos en el área de estudio



T1 = Pasto falaris asociado con alfalfa var. Cuf.
T2 = Pasto falaris asociado con var. Ranger americano.
T3 = Pasto falaris asociado con var. Rivera.
T0 = Pasto falaris sin asociación.

5.4 Metodología del campo experimental

5.4.1 Preparación del terreno

Para la preparación del terreno se realizó el roturado, rastreado y nivelado, como se muestra en la Figura 4 y se describe a continuación.

Figura 4. Preparación del terreno del área experimental



5.4.2 Roturado

Se realizó con anterioridad para la plantación de los esquejes del pasto falaris, con ayuda de un tractor agrícola provisto de un arado de discos, para la rotura del suelo.

5.4.3 Rastreado

El rastreado se realizó con el objetivo de desmenuzar los terrones y obtener una buena cama, para facilitar la plantación de los esquejes y prendimiento, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Rastreado del suelo del área experimental



5.4.4 Nivelado

El nivelado del suelo se realizó manualmente, debido a que en el momento del roturado y rastreado existió movimiento de tierra, por tanto la nivelación del suelo se realiza con un rastrillo y madera plana larga, manualmente se arrastra el suelo que en ciertas aéreas se acumuló.

Figura 6. Nivelado del área experimental



5.4.5 Demarcado y estaqueado del área experimental

Se efectuó el demarcado de las parcelas de estudio de acuerdo a las características del campo experimental, considerando las diferentes distancias que

se utilizó para la plantación, se demarca con estacas las aéreas de los cuatro tratamientos.

Figura 7. Demarcado y estaqueado del área experimental



5.4.6 Obtención y muestreo de suelo

Antes de efectuar la siembra se realizó la extracción de muestras de suelo por el método de muestreo compuesto, operando en zig-zag a lo largo del terreno. Se tomó 5 muestras a dos profundidades de 0-15 y 15-30cm, para luego realizar el cuarteo respectivo, del cual se obtuvo una muestra compuesta homogénea.

Esta muestra se la embolsó y se la llevó al laboratorio para su análisis físico químico, para conocer las cualidades del terreno, y para determinar la cantidad de nitrógeno presente en el momento de la siembra, es decir la cantidad de nitrógeno con la que está comenzando el sistema suelo – planta, importante para el estudio.

5.4.6.1 Identificación de Nitrógeno total en el suelo a inicio y al final del sistema asociado de producción

Las muestras de suelo embolsadas se llevaron al laboratorio para determinar la cantidad de nitrógeno total. Al término de la cosecha del pasto falaris se repitió el mismo método de muestreo, pero esta vez se obtuvo 4 muestras homogéneas ya que se tiene cuatro tratamientos.

➤ **Preparación de muestra del suelo**

Una vez obtenido la muestra de suelo de la parcela de investigación se tomo aproximadamente 50 gramos, se tamizo para luego llevarlo a la mufla por 24 horas, completado el tiempo se toma una pequeña cantidad de 0.1gramos para obtener el nitrógeno total por el método Kjeldahl.

➤ **Procedimiento del método Kjeldahl.**

El análisis se realizó mediante el método Kjeldahl indicado en las normas de IBNORNA Cereales NB 312020, (2006), al cual se realizaron algunas modificaciones, siguiendo las estrictas recomendaciones de la (FAO) por Greenfield y Southgate (2003). Para más detalle del protocolo ver Anexos 2.

Se trabajó en el laboratorio, con las cantidades de ácido sulfúrico gastado en las titulaciones, se remplazó estos valores a las siguientes fórmulas:

Fórmula en porcentaje: (%)

$$\%N = \frac{(Vm - Vb) * 1,4007 * N}{m}$$

Segunda fórmula en mg/kg

$$N \text{ mg/kg} = \frac{(Vm - Vb) * N * 14 * 1000}{m}$$

El cual:

Vm = Volumen de ácido gastado en la titulación de la muestra en ml.

Vb = Volumen de ácido gastado en la titulación del blanco en ml.

N = Normalidad del ácido.

m = Masa de la muestra en gramo.

Con los valores de estos análisis se determinó el nitrógeno total presente en el suelo en promedio de 9.45% del nitrógeno total.

5.4.7 Plantación de esquejes de pasto falaris y siembra de alfalfa

La plantación del pasto falaris se realizó el mismo día de la siembra de la alfalfa, cada tratamiento de pasto falaris asociada con la respectiva variedad de alfalfa (Cuf, Ranger americano y Rivera), en época de lluvias en forma manual, a finales del mes de noviembre del año 2013. Una vez realizada la preparación del terreno, vale decir roturado, rastreado y nivelado, paralelamente se procedió a preparar los plantines (esquejes) garantizando que por lo menos tengan tres a cuatro nudos, de esta manera se aseguró el prendimiento del pasto falaris.

El plantado se realizó a una distancia de 50 cm entre surcos, la distancia entre planta – planta fue de 50 cm, siendo una constante en ambos. El plantado se realizó con la separación de 1 a 2 esquejes por mata y se colocó en el fondo del surco a 0.15 m. de profundidad, luego se procedió a tapar los surcos. La siembra de alfalfa se realizó el mismo día de plantación de pasto falaris, en surcos intermedios entre pasto falaris, de acuerdo a los tratamientos en estudio, con una densidad de siembra de 15 kg/ha.

Figura 8. Plantines del pasto falaris



5.4.8 Corte de uniformidad del material vegetal

Antes de iniciar el ensayo se efectuó un corte de todas las plantas (pasto falaris), a una altura de 5cm por sobre el cuello de las mismas, con la finalidad de uniformizar el tamaño de cada una de ellas, posteriormente no se realizó ningún otro corte, hasta la cosecha.

5.4.9 Labores culturales

- **Control de malezas**

Durante el transcurso del estudio se efectuaron las correspondientes actividades de desmalezado de acuerdo a las necesidades, con lo cual se facilitó la absorción de nutrientes por parte de los cultivos principales.

Figura 9. Control de malezas en el área experimental



- **Control de plagas y enfermedades**

Se efectuaron observaciones permanentes para identificar, prevenir y controlar la presencia de plagas y enfermedades en el cultivo.

- **Cosecha**

La cosecha se realizó luego de que el 100% de las plantas de pasto falaris completaran la floración o inicio del estado de madurez fisiológica. Esta actividad se realizó en los últimos días de marzo y principios de abril del 2014. Solamente se

cosecharon las plantas situadas en las hileras centrales de cada unidad experimental, tanto de pasto falaris como de la alfalfa, desechando los extremos para evitar los efectos de bordura. Para este fin se utilizó una hoz con el cual se cortó a una altura de 5 cm por encima del cuello de la planta, debido a que en el tercio inferior de las hojas se encuentran las sustancias nutritivas de reserva que permitirán su posterior regeneración. No se efectuó ningún corte posterior al inicio del ensayo.

Figura 10.Cosecha de pasto falaris y alfalfa



5.5 Variables de respuesta

Las principales variables de respuesta y modalidades de registro durante el ciclo biológico de la planta fueron:

5.5.1 Variables de pasto falaris

5.5.1.1 Porcentaje de prendimiento

Se evaluó el porcentaje de prendimiento del pasto falaris en cada unidad experimental, a lo largo del ensayo se efectuaron tres mediciones a los 15 días, 24 y 35 días después de la plantación, para observar un óptimo de porcentaje de prendimiento entre una y otra evaluación, iniciándose a los 15 días de su plantación.

Figura 11. Porcentaje de prendimiento del pasto falaris



5.5.1.2 Altura de planta

La medición se efectuó con un flexómetro, en 10 plantas centrales tomadas al azar de cada unidad experimental, desde el cuello de la planta hasta el ápice de la inflorescencia. Las fechas de medición fueron el 12 de diciembre 2013, la segunda el 27 de diciembre, la tercera el 16 de enero 2014, la cuarta 5 de febrero, la quinta medición el 20 de febrero, la sexta el 15 de marzo, el 28 de marzo del 2014 y por último al momento de la cosecha que fue el 3 de abril de 2014, sobre la base de las recomendaciones de Alzérreca (1979).

5.5.1.3 Rendimiento de materia seca (M.S.)

Se determinó la materia seca en el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de Agronomía dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A). Se tomaron muestras al azar de un kilogramo de materia fresca por unidad experimental, de la cual una vez cuarteado, se obtuvo submuestras de 200 gramos, para ser llevado a la estufa a 75 °C durante 48 horas, hasta peso constante. Por diferencia de peso húmedo y peso seco se hallaron los valores de materia seca expresadas en kg/ha, de acuerdo a la metodología recomendada por Cañas (1995).

$$\%MS = \text{peso seco de forraje (gr)} \times 100 / \text{peso húmedo de forraje (gr)}$$

Figura 12. Rendimientos de materia seca de pasto falaris y alfalfa.



5.5.1.4 Diámetro de corona

El diámetro de corona se evaluó desde la base del forraje en 10 plantas muestreadas, para los diferentes tratamientos al momento de la cosecha.

5.5.1.5 Número de macollos

Inmediatamente después de la cosecha se hizo el conteo de número de macollos, en 10 plantas centrales tomadas al azar de cada unidad experimental, de acuerdo a (Alzérreca, 1979).

5.5.1.6 Días a la floración (precocidad)

Esta variable se consideró desde el estado de rebrote, hasta la floración del 50% de las plantas de cada tratamiento, expresado en días, según la modalidad señalada por Reyes (1985).

5.5.1.7 Valor nutricional

El análisis se determinó para cada tratamiento, llevando al laboratorio de calidad ambiental de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales pertenecientes a la Universidad de Mayor de San Andrés, para su respectivo análisis.

Se tomaron muestras representativas de cada tratamiento al momento de la cosecha, que posteriormente se llevaron a laboratorio. Respecto a la composición

nutricional, se dio mayor relevancia principalmente al contenido proteico bruto por considerar que este parámetro es el más importante y determinante en la calidad nutritiva de los forrajes.

La metodología para el análisis nutricional empleada por el laboratorio fue la del análisis proximal Weende.

5.5.1.8 Relación beneficio / costo

Determinación de los costos parciales de la producción de pasto falaris asociado con variedades de alfalfa

La relación beneficio / costo sobre la producción del ensayo experimental se basa para determinar la mayor aproximación posible y la diferencia económica entre costos de producción, beneficios netos y tasas de retorno marginal logrados por cada cultivo.

La relación beneficio / costo, se realizó de acuerdo al manual metodológico de evaluación elaborada por Paredes (2006), elaborándose los costos de producción para las asociaciones.

Paredes, 2006 indica que el costo unitario de producción llamado también costo promedio total, indica el costo de producir una unidad. El costo promedio total se obtiene dividiendo el costo entre la cantidad de unidades producidas a cada nivel de producción.

Costo Unitario de Producción = Costo Total/Cantidad de producto total

El costo total está constituido por la suma del costo fijo (CF) y el costo variable (CV) en cuyas estructuras se consideran todos los costos del proceso de producción:

$$\mathbf{CT = CF + CV.}$$

Conociendo el costo unitario de producción se determina el precio de venta y el porcentaje de utilidad que se desea obtener para los rendimientos de los tratamientos del presente experimento: sin olvidar los márgenes del precio vigente en el mercado.

Por lo tanto, el desglose para este aspecto es el siguiente:

Ingreso Bruto = Rendimiento por unidad de superficie x Precio

Ingreso Neto = Ingreso Bruto – Costo de producción

Relación Beneficio Costo = Beneficio / Costo = (Sumatoria de los beneficios actualizados) / (sumatoria de costos actualizados (incluidas las inversiones))

La relación beneficio/costo, nos mostrara la proporción de beneficio obtenido por cada unidad monetaria invertida. La relación beneficio, nos mostrara la proporción de beneficio obtenido por cada unidad monetaria de costo incurrido en la alternativa de cultivos asociados.

Si: $B/C > 1$ entonces existe beneficio (entonces la alternativa de este tipo de cultivos es elegible)

Si: $B/C < 1$ Entonces no existe beneficio (entonces la alternativa no es elegible)

Si: $B/C = 1$ entonces no existe beneficio ni perdida (es indiferente la elección)

5.5.2 Variable edáfica

5.5.2.1 Nitrógeno total

En fecha 4 de noviembre de 2013 día antes de la siembra de pasto falaris y el 4 de abril de 2014 después de la cosecha de pasto falaris y alfalfa se extrajo 1 kilo de suelo como muestra de la parcela de estudio (asociación pasto falaris–alfalfa) para llevar a laboratorio y realizar el análisis de nitrógeno contenido en las dos diferentes muestras con el método de Kjeldahl.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación fue evaluado el comportamiento del pasto falaris en asociación con diferentes variedades de alfalfa en la Estación Experimental de Patacamaya. A continuación se detallan los resultados obtenidos en el ensayo.

6.1 Porcentaje de prendimiento

Para el porcentaje de prendimiento, se efectuaron tres mediciones a los 15 días, 24 y 35 días después de la plantación, para observar un óptimo de porcentaje de prendimiento entre uno y otro evaluación, iniciándose a los 15 días de su plantación. Con los datos obtenidos se procedió a efectuar el respectivo análisis de varianza para los diferentes tratamientos de asociación de pasto falaris con variedades de alfalfa.

Cuadro 7. Análisis de la varianza de porcentaje de prendimiento de pasto falaris con los diferentes tratamientos.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	
BLOQUES	0,89	3	0,3	0,53	0,6735	NS
TRATAMIENTOS	1,52	3	0,51	0,54	0,6684	NS
Error	5,04	9	0,56			
Total	7,78	15				

CV = 4,76 %

De acuerdo al análisis de varianza Cuadro 7 efectuado para el porcentaje de prendimiento, donde muestra la no significancia entre bloques lo que indica que no existe diferencias en el terreno debido a que todos los bloques tenían las mismas condiciones meteorológicas y de suelo.

En el porcentaje de prendimiento, la plantación se realizó en condiciones naturales del sitio, donde no hubo precipitación en la primera quincena del mes de noviembre, fecha en que se realizó la plantación y siembra de pasto falaris y alfalfa,

respectivamente, por consiguiente se ayudó con riego y así favorecer el prendimiento y la emergencia de alfalfa.

Los resultados que se muestran en el Cuadro 7, muestran diferencias no significativas en los tratamientos de estudio, estos resultados se pueden atribuir a la uniformidad de los esquejes de pasto falaris, los cuales fueron seleccionados con las raíces (rizomas) más vigorosas para los diferentes tratamientos, favoreciendo el porcentaje de prendimiento que alcanzo más del 99 % para todos los tratamientos incluido el testigo en la tercera evaluación.

Además la uniformidad del riego manual que se efectuó en todas las unidades experimentales, debido a que las precipitaciones en las primeras evaluaciones estuvieron ausentes, con el riego manual favoreció el porcentaje de prendimiento.

Ya finalizando la última quincena del mes de noviembre aumento la precipitación que influyo en el porcentaje de prendimiento llegando a un 100% a los 35 días, en los tratamientos de asociación pasto falaris con variedad Cuf, Ranger americano y Rivera seguidas por el tratamiento testigo, que es pasto falaris sin asociación.

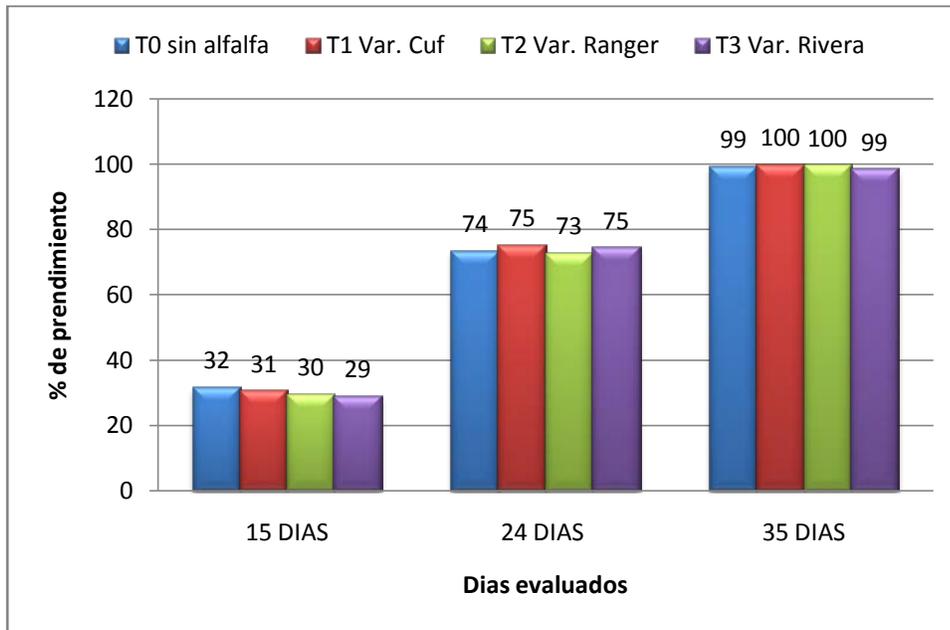
La Gráfica 3, muestra que los tratamientos presentaron efectos iguales a los 15, 24 y 35 días de plantación, se presentó un prendimiento uniforme para cada tratamiento. Estos prendimientos uniformes en las diferentes evaluaciones se atribuyen a la uniformidad del material vegetal (esquejes), las mismas condiciones meteorológicas y de suelo.

En los primeros días de plantación hubo un prendimiento menor debido a las bajas precipitaciones siendo que esta aumento con el transcurrir de los días, pero se trato de contrarrestar este déficit con el riego manual.

La tercera evaluación a los 35 días, el porcentaje de prendimiento incremento a un 99,53% en el tratamiento 3, 100% para el tratamiento 2, entre tanto 100 % para el tratamiento 1 y 99,3% para el testigo. Teniendo una precipitación de 86 mm en el mes de diciembre (Cuadro 4), favoreciendo la humedad del suelo para un óptimo prendimiento.

Al respecto Apaza (2004), en un estudio realizado en la Estación Experimental de Belén sobre alturas y densidades de plantación en pasto falaris, obtuvo prendimientos uniformes en tres oportunidades de evaluación a los 10, 25 y 30 días siendo estas con porcentajes de prendimiento de 28%, 65% y 99% respectivamente.

Grafico3. Porcentaje de prendimiento de pasto falaris en asociación con variedades de alfalfa.



6.2 Altura de la planta

6.2.1 Análisis de varianza de altura de planta

La altura de planta se midió desde el cuello de la misma, hasta el ápice de la panícula al momento de la cosecha, en las plantas muestreadas para todos los tratamientos. Con los datos obtenidos se procedió a efectuar el respectivo análisis de varianza para los diferentes tratamientos de asociación de pasto falaris con variedades de alfalfa, el análisis de varianza se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de la varianza de la altura de la planta del pasto falaris en asociación con diferentes variedades de alfalfa.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	
BLOQUES	69,95	3	23,32	0,17	0,9148	NS
TRATAMIENTOS	14003,81	3	4667,94	33,79	<0,0001	**
Error	1243,24	9	138,14			
Total	15316,99	15				

CV = 10,94 %

Según el análisis estadístico de altura de planta Cuadro 8 se verifica la existencia de diferencias significativas en los diferentes tratamientos, lo que demuestra que hubo una respuesta favorable del pasto falaris por la asociación con variedades de alfalfa. Entre los bloques los efectos de los tratamientos asociación de pasto falaris y variedades de alfalfa no fueron significativas, lo cual indica que las condiciones meteorológicas y suelo no tuvieron efecto en la altura de planta de pasto falaris.

6.2.2 Comparación de los promedios de altura de planta (cm) Duncan (5%)

Luego de determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, se procedió a efectuar la prueba de Duncan, con la finalidad de identificar las mismas, con mayor exactitud.

Cuadro 9. Prueba de comparación de medias (Duncan) de altura de la planta con las diferentes asociaciones de pasto falaris con alfalfa.

TRATAMIENTOS	Medias (cm)	n	E.E.	
Falaris con alfalfa var. Cuf	167,33	4	5,88	a
Falaris con alfalfa var. Ranger	141,58	4	5,88	b
Falaris con alfalfa var. Rivera	131,63	4	5,88	b
Falaris sin asociación (testigo)	85,50	4	5,88	c

Los datos de altura de planta, determinaron que las mejores alturas se lograron en la asociación de pasto falaris con variedad Cuf (T1) con 167,33 cm, seguidos por la asociación de pasto falaris con variedad Ranger americano (T2) con 141,58 cm y

muy de cerca la asociación de pasto falaris con variedad Rivera (T3) con 131,63 cm. Estadísticamente estos dos tratamientos T2 y T3 no presentan diferencias entre sí en razón de que sus longitudes fueron similares, pero fueron diferentes del testigo, el que apenas obtuvo 85,5 cm, como refleja la Gráfica 4.

Por otra parte la asociación pasto falaris con variedad Cuf (T1) aumento su altura en un 95,75%, la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano (T2) en 65,59% y en 53,95% la asociación pasto falaris con variedad Rivera (T3), todos ellos respecto al testigo como refleja la Grafica 4.

La asociación pasto falaris con variedad Cuf (T1) logró un aumento de 18,2% más que la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano (T2), así mismo este tratamiento (T2) logró un incremento de 7,56% con respecto al tratamiento pasto falaris asociado con variedad Rivera (T3) y por ultimo (T3) logró un incremento de 53,95% respecto al testigo (T0) que es pasto falaris sin asociación.

Estas diferencias entre tratamientos debido posiblemente a una mayor concentración de nutrientes primarios (NP); sin embargo su exceso podría provocar lesiones en la zona radical, además de producir problemas de lixiviación, volatilización y fijación.

Por otra parte se puede decir que las asociaciones tuvieron mayor cobertura gramínea con leguminosas, protegiéndose así de los vientos que son diarios generalmente por las tardes en Patacamaya, evitando así deshidratación, lo que no sucedió en el testigo que solo es pasto falaris sin asociación.

Además esta respuesta se produjo como consecuencia de la acción inmediata del nitrógeno aportada por las asociaciones con variedades de alfalfa, le permitió al pasto falaris tomar casi continuamente el nitrógeno, durante el transcurso del ciclo vegetativo del forraje.

Se puede decir que las alturas en las asociaciones estuvieron en relación directa con los rendimientos de materia seca. Al analizar la producción de materia seca y la altura de planta para los diferentes tratamientos se pudo establecer, la existencia

de una relación directamente proporcional entre las mismas, ya que a mayor longitud de planta se produjo mayor rendimiento de materia seca.

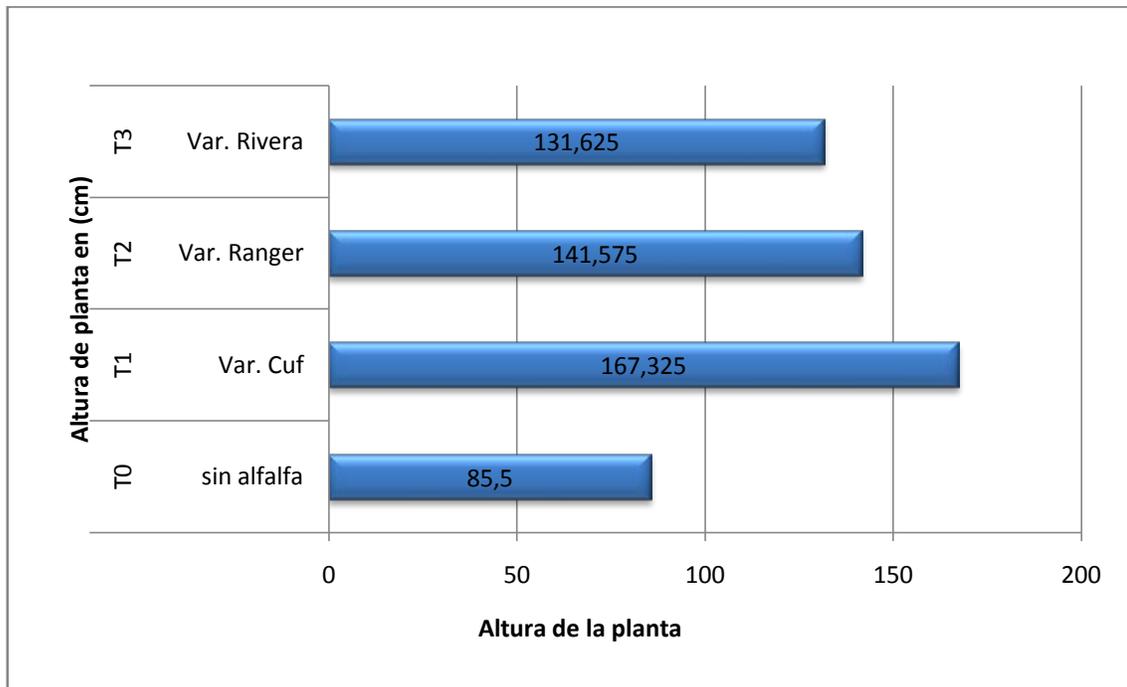
Es decir, las alturas en las asociaciones estuvieron en relación directa con los rendimientos de materia seca. Según Castillo *et al.* (2009), la altura de la planta tiene relación positiva con la cantidad de forraje producido por la pradera, y el rendimiento de materia seca se puede estimar a partir de la altura medida antes del pastoreo. De acuerdo con Hodgson (1990), la altura de la pradera aunada a la densidad del forraje, determina la cantidad de forraje que se produce.

Las altura de planta obtenidas con los diferentes tratamientos, fueron mayores a los alcanzados por Mendieta y Alzérreca (1979), quienes para las condiciones del Altiplano Central lograron longitudes de 58 y 100 cm, respectivamente. Así como sobre los 116 cm obtenidos por Puch (1983), aplicando riego y fertilizante en el cultivo de pasto falaris en la Estación Experimental de Belén, Altiplano norte.

Urbano (2000), obtuvo 64, 120, 111 y 118 cm de longitud en altura de planta en el Centro de investigaciones Agropecuarias del Estado de Mérida de la zona Altiplánica de Venezuela, con tratamientos de fertilización nitrogenada en kg/ha de 0, 150, 300 y 450, respectivamente. Además el mismo autor sostiene que en altitudes inferiores a los 2500 msnm esta forrajera puede alcanzar alturas de hasta tres metros.

Sin embargo en alguna medida fue similar a los 97,1, 140,77, 149,25, 151,12 y 157,97 cm reportados por Cahuaya, (2001) en Choquenaira, Altiplano central bajo efectos de fertilización química y orgánica.

Grafico4. Altura de planta promedio del pasto falaris con los diferentes tratamientos.



Se realizó evaluaciones periódicas de alturas de planta a los 35, 50, 75, 100, 125 y 150 días de evaluación (como altura de máximo crecimiento), se concluyó a los 150 días (final del ciclo vegetativo) como muestra la Grafica 5 después de la plantación, se observa que estas alturas presentan diferencias en los diferentes etapas de evaluación, presentando un crecimiento mayor de los tratamientos asociados de pasto falaris asociado con variedades de alfalfa comparados con el testigo (pasto falaris sin asociación).

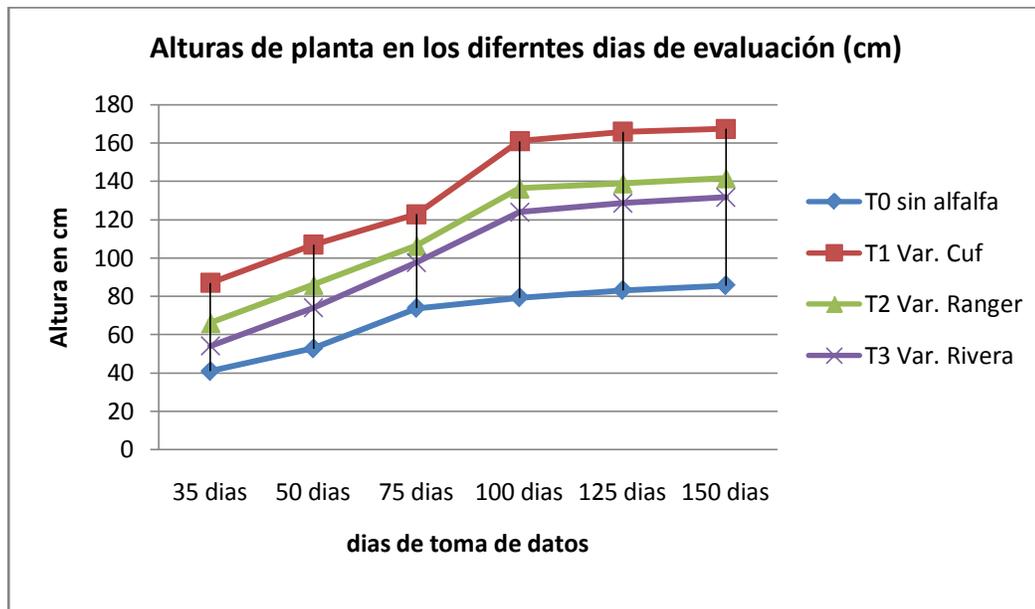
Quiroz y Marín (1998), mencionan que el crecimiento del maíz asociado con la leguminosa creció significativamente. Esto significa que el cereal (maíz) resulta ser mejor una buena propuesta para una asociación con una leguminosa en su siembra, es decir la leguminosa mostró efectos de la fertilización sobre el crecimiento, lo cual puede atribuirse al buen status nutricional del suelo

El efecto de factores ambientales estresantes, como el déficit hídrico, provocan la disminución de la tasa de crecimiento del forraje, debido a la reducción en

acumulación y distribución de biomasa, y disminución del tamaño de la planta, del área foliar y número de hojas, entre otros órganos (Oliveira et al., 2000). Recordemos que los tratamientos no tuvieron problemas de déficit de agua.

Las diferencias significativas estadísticamente para los tratamientos demostrando que las alturas de plantas están determinadas por las características genéticas de la semilla y condiciones edafoclimáticas durante el desarrollo - crecimiento de la planta y por el efecto o influencia considerables de la disponibilidad de nutrientes, como asevera Evans (1983) y Montaldo (1984), este aspecto se aprecia en la Gráfica 5.

Grafico5. Comportamiento de altura de planta de pasto falaris en su ciclo vegetativo, desde los 35 hasta los 150 Días Después de la plantación.



6.3 Rendimiento de materia seca

6.3.1 Análisis de varianza de rendimiento de materia seca

Para el rendimiento de materia seca, las muestras fueron tomadas al momento de la cosecha para su respectivo análisis en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Agronomía, con los datos obtenidos se procedió a efectuar el análisis de varianza (Cuadro 10) para los diferentes tratamientos de asociación de pasto falaris con variedades de alfalfa.

Cuadro 10. Análisis de la varianza del rendimiento de materia seca del pasto falaris con las diferentes asociaciones de variedades de alfalfa.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	
TRATAMIENTOS	34,71	3	11,57	12,31	0,0015	**
BLOQUES	1,52	3	0,51	0,54	0,6684	NS
Error	8,46	9	0,94			
Total	44,69	15				

CV = 26,2 %

De acuerdo al análisis de varianza Cuadro 10, efectuado para el rendimiento de materia seca, estadísticamente se observan diferencias altamente significativas entre tratamientos; y no así para los bloques los cuales no presentan ninguna diferencia, lo que respondería a que el material vegetal utilizado y las características del suelo no presentaron grandes variaciones.

Las diferencias detectadas entre los diferentes tratamientos, dan entender que las diferentes asociaciones con variedades de alfalfa se comportan de distinta manera para las condiciones propias de la zona estudio.

6.3.2 Comparación de los promedios de materia seca (kg/ha) Duncan (5%)

Considerando los valores reportados en el cuadro anterior, según los cuales los tratamientos presentan diferencias significativas, se procedió a efectuar la prueba de Duncan con la finalidad de determinar más detalladamente las mismas.

Cuadro 11. Prueba de comparación de medias (Duncan) para el rendimiento de materia seca con las diferentes asociaciones de pasto falaris con alfalfa.

TRATAMIENTOS	Medias (ton)	N	E.E.	
Falaris con alfalfa var. Cuf	5,77	4	0,48	a
Falaris con alfalfa var. Ranger	4,22	4	0,48	b
Falaris con alfalfa var. Rivera	3,03	4	0,48	b c
Falaris sin asociación (testigo)	1,78	4	0,48	c

Los resultados de la prueba Duncan, Cuadro11, reflejan que el mejor promedio de materia seca fue de 5,77 ton/ha correspondiente a la asociación pasto falaris con variedad Cuf, La asociación pasto falaris con variedad Ranger americano obtuvo un rendimiento promedio de 4,22 ton/ha, seguidas por la asociación pasto falaris con variedad Rivera con un promedio de 3,03 ton/ha y por último pasto falaris sin asociación (testigo) con tan solo 1,78 ton/ha.

Los efectos de las diferentes asociaciones sobre el rendimiento de materia seca del pasto falaris fueron positivos, ya que las ganancias respecto al testigo alcanzaron a 224,16% con la asociación pasto falaris con variedad Cuf, 137,02% para la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano, en tanto que la asociación pasto falaris con variedad Rivera fue de 70,22%.

Al efectuar las comparaciones entre las diferentes asociaciones de pasto falaris con variedades de alfalfa en el incremento de materia seca, se estableció que asociar pasto falaris con variedad Cuf fue mejor en 36,73% a la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano y esta superior en 39,27% a la asociación pasto falaris con variedad Rivera, por su parte este último tratamiento superó al testigo pasto falaris sin asociación en 70,22%.

Estas diferencias entre tratamientos probablemente se debió a la mayor oferta de nitrógeno aportado por la alfalfa para la nutrición de las plantas durante el rebrote y encañado de la forrajera, estado en los cuales se manifestó una mayor predisposición al crecimiento del pasto falaris con el suministro de elementos

nitrogenados, antes de llegar a la floración, ya que posterior al mismo el desarrollo de hojas y macollos disminuyen hasta detenerse completamente.

Las variedades de alfalfa influyó significativamente sobre la producción media de materia seca de la asociación, esta significativa diferencia de producción fue debida, sin duda, y a pesar del efecto tampón que suele ejercer la gramínea, a la mayor potencialidad de la variedad Cuf, claramente puesto de manifiesto en sus más altos rendimientos de materia seca que en las siembras puras (testigo).

Las leguminosas incrementan la producción de materia seca en las praderas cuando éstas se asocian con gramíneas. Esta disponibilidad de forraje incrementa la carga animal por unidad de superficie. Al respecto Costa *et al.* (1991) evaluaron tres gramíneas forrajeras, asociadas con cinco leguminosas, en el periodo de máxima precipitación, donde las asociaciones expresaron mayor rendimiento de forraje, que las gramíneas en monocultivo.

Bernal (2005), La falta de nitrógeno reduce la cantidad de flores y acorta el periodo de floración y la actividad fotosintética, debido a que aumenta la producción de ácido abscísico. Sin embargo, altas dosis de este nutriente han demostrado que, independiente de la variedad, aumenta el contenido de proteínas pero disminuye el contenido de aceite. Por lo tanto es evidente que la fertilización nitrogenada debe ser optimizada para obtener un equilibrio entre producción y calidad de semilla.

Torrice (2000), obtuvo rendimientos elevados, con una asociación de vicia peluda y cereales como tutores. La tasa de crecimiento de un cultivo aumenta a partir de la emergencia para disminuir después de alcanzar el máximo valor, debido probablemente al auto sombreado de las hojas que a otros factores (Silva, 2000). El forraje de alfalfa tiene una cobertura foliar superior al pasto falaris, esto pudo provocar el sombreado al pasto falaris, provocando la disminución en la fotosíntesis y en consecuencia una baja en producción de materia seca.

Siendo que el nitrógeno tiene efectos fácilmente observables en las funciones de las plantas, estimulando el crecimiento vegetativo y el desarrollo de las hojas

verdes (Kass, sin año). Además, el nitrógeno por ser constituyente esencial de las proteínas está involucrada en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en el rendimiento (Moreno, 2007).

La variable número de hojas juega un papel importante en la producción de materia seca total. Russell y Wlidi (1990) indican que, el proceso fotosintético, conducen a la formación de materia seca en las plantas, dependiendo de los factores de radiación solar, concentración de CO₂, la temperatura y el contenido de humedad del suelo.

En el caso del pasto falaris su capacidad genética fue importante para generar grandes volúmenes de biomasa considerando que las especies híbridas presentan un mayor potencial forrajero respecto a sus progenitores, tal como lo sostiene Gauld y Shaw (1992), al concluir que el rendimiento se constituye en un carácter cuantitativo de los cultivos, el cual recibe una marcada influencia del medio ambiente, de los factores ecológicos y genéticos, afectando el crecimiento de las plantas.

Según Nicolás (2003), se ha llegado a la conclusión de que con la implementación de cultivos asociados (siembra de dos cultivos en la misma área) se obtienen ventajas agronómicas y económicas. Se indica que con la siembra de cultivos en asocio se obtienen mayores rendimientos por unidad de área. “El rendimiento combinado de los dos cultivos es superior al que se puede obtener con un solo cultivo en la misma área, debido a un eficiente uso de los nutrientes del suelo, los nódulos de las raíces de las leguminosas fijan nitrógeno atmosférico en el suelo y se hace disponible a las gramíneas”.

Alemán (2003) presentó un estudio realizado en este tema en la Segunda Conferencia Científica Nacional, realizada en la UNAN-Managua, explica que este incremento en los rendimientos se debe a la complementación o simbiosis entre los cultivos. El sistema mismo permite potenciar la producción de uno de ellos.

Esto permite obtener mayores rendimientos en un área menor. Cuando se practica el monocultivo un solo cultivo existe el riesgo de dejar áreas de cultivo descubiertas y expuestas a plantas indeseables como la maleza, explica (Alemán, 2003).

Un cultivo asociado tiene numerosas ventajas, una de ellas es que al existir dos plantas en el sistema hay mayor diversidad, y ello permite que haya mayor cantidad de organismos benéficos o en que en el sistema haya una regulación natural de plagas. Esto genera mayor ventaja económica y mayor protección del suelo, asegura Alemán (2003). Por otro lado, existe la posibilidad en el caso de los cultivos asociados, de que si uno de los dos falla y es afectado por algún factor externo, entonces el otro compensa y no hay pérdida total.

Barrera (2001), sembrar diferentes cultivos juntos disminuye los problemas causados por plagas y hace eficiente el uso de los nutrientes del suelo. Las leguminosas (como alfalfa, trébol) proveen nitrógeno a otros forrajes como gramíneas cuando están sembrados juntos. Estas asociaciones de plantas y otras pueden ser mezcladas dentro o alrededor del área de siembra.

Para la intensificación de la producción forrajera en otras partes como el Altiplano, se requiere necesariamente de un manejo más dinámico de los sistemas integrados de nutrición de plantas al nivel de la parcela cultivada, mediante los fertilizantes, el estiércol y la fijación biológica del nitrógeno, FAO (1996)

Los máximos valores del crecimiento de un forraje dependen de la eficiencia fotosintética y del tamaño y duración del área foliar, así al finalizar el ciclo biológico, pueden ser negativos porque el nuevo crecimiento es inferior a la senescencia de las hojas inferiores de la planta (Milthorpe y Moorby, 1982).

González (2011), en un estudio de asociación pasto falaris con variedades de alfalfa. En comparación con la gramínea pura, las diferencias de producción fueron significativas ($P < 0,05$) con los dos tipos de asociación. Y así, la asociación con la variedad *Aragón* produjo el 27,0 % más de materia seca en el primer año, el 33,9 % en el segundo y el 30,2 % en el tercero que la gramínea pura. En la asociación

alfalfa variedad *Du Puits-Phalaris*, los incrementos en relación con la gramínea pura fueron del 52,4 %, 47,0 % y 34,0 %, respectivamente.

La proporción media de alfalfa en la producción total de la asociación durante los tres años fue también aquí muy alta (68,7 % la variedad *Aragón* y 74,1 % la variedad *Du Puits*), y probablemente se deba al efecto tampón de la gramínea. Del mismo modo, la proporción de ambos cultivares disminuyó de manera progresiva en el curso de los tres años: 85,6 %, 64,3 % y 56,3 % en la asociación con la variedad *Aragón*, y 89,8 %, 76,1 % y 56,4 % con la variedad *Du Puits*.

Baar y Jenkins (1996) reportan rendimientos de materia seca de *B. decumbens* en monocultivo de 30.3 ton/ha/año y 26.2 ton/ha/año, asociado con *A. pintoi*, 32.8 ton/ha/año, con *M. atropurpureum*, 30.4 ton/ha/año, con *S. guianensis* y 32.7 ton/ha/año, con *S. hamata*. Gil et al. (1991) cosecharon asociaciones a las 20 semanas después de la siembra y la mayor producción de materia seca se encontró en las asociaciones de *B. decumbens* + *C. macrocarpum* (4.9 ton/ha), *B. decumbens* + *A. pintoi* (5.1 ton/ha) y *B. dictyoneura* + *A. pintoi* (2.1 ton/ha).

Romero y González (1999) evaluaron la productividad de *B. decumbens* sola y asociada con *A. pintoi* y se encontró que la asociación produjo 8 % más de biomasa.

Espinoza et al. (2001) evaluaron el rendimiento de materia seca del pasto King Grass, solo y fertilizado con 50 kg/ha de nitrógeno y asociado con las leguminosas herbáceas *Psophocarpus tetragonolobus*, *Macroptilium atropurpureum*, *Cenrosema pubescens* CIAT 5634 y *Centrosema macrocarpum* CIAT 5620, los resultados mostraron diferencias entre tratamientos y se obtuvieron los mayores rendimientos en las asociaciones.

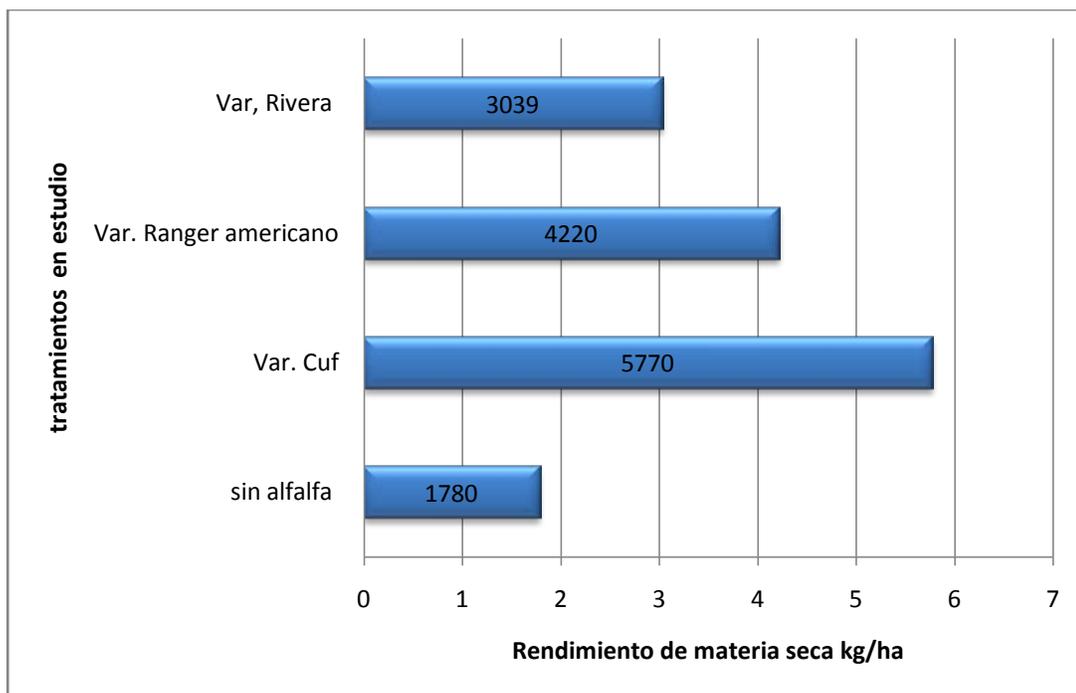
Los resultados obtenidos nos señalan que hubo una respuesta positiva a la asociación con variedades de alfalfa, el tratamiento uno (pasto *falaris* asociado con variedad Cuf donde la producción de 5,77 ton/ha fue casi tres veces mayor a los obtenidos por Alzérreca (1979) y Mendieta (1982) en la Estación Experimental de

Patacamaya, donde el primero con una fertilización de 50 kgN/ha obtuvo 1210 kgMS/ha y el segundo 1923 kgMS/ha con una dosis de 100 kgN/ha.

También los resultados obtenidos fueron superiores sobre los 1960 kgMS/ha alcanzados en la Estación Experimental de Belén por Puch (1983), con la aplicación de riego y fertilización química (60 kgN/ha). Sin embargo en alguna medida fue similar a los 7610,72, 7404,52, 7261,15, 4824,92 y 2051,04 materia seca kg/ha reportados por Cahuaya (2001), en Choquenaira, Altiplano central bajo efectos de fertilización química y orgánica.

Apaza (2004), en un estudio realizado en la Estación experimental de Belén sobre alturas y densidades de plantación de pasto brasilero, obtuvo como mayor promedio de materia seca un valor de 5760 kg/ha con 30 cm de densidad y 60 cm de altura de plantación y con 780 kg/ha de materia seca para una densidad de 40 cm y una altura de 30 cm de plantación, siendo esta el valor más bajo.

Grafico6. Rendimiento promedio de materia seca del pasto falaris con los diferentes tratamientos.



6.4 Número de macollos por planta

6.4.1 Análisis de varianza de número de macollos por planta

El número de macollos fueron contabilizados inmediatamente después de la cosecha de pasto falaris en las plantas muestreadas, para todos los tratamientos. Con los datos obtenidos se procedió a efectuar el respectivo análisis de varianza para los diferentes tratamientos de asociación de pasto falaris con variedades de alfalfa, Cuadro 12.

Cuadro 12. Análisis de varianza de número de macollos de pasto falaris asociado con diferentes variedades de alfalfa.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	
BLOQUES	39.4	3	13.13	0.95	0.4566	NS
TRATAMIENTOS	6756.08	3	2252	163	<0.0001	**
Error	124.38	9	13.82			
Total	6919.86	15				

CV = 15,46 %

En el Cuadro 12 nos muestra el coeficiente de varianza de 15.46, esto nos demuestra que los datos son confiables. Los resultados de análisis de varianza para la asociación con diferentes variedades de alfalfa con pasto falaris indica que no presentaron diferencias entre bloques. Sin embargo entre tratamientos las diferencias en el número de macollos fueron altamente significativas, lo que determino rechazar la hipótesis nula.

6.4.2 Comparación de los promedios de número de macollos por planta, Duncan (5%)

Para verificar la magnitud de las diferencias existentes entre las medias de los tratamientos (asociación de pasto falaris con diferentes variedades de alfalfa) en cuanto al número de macollos, se procedió a efectuar la comparación prueba de Duncan cuyos resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 13. Prueba de comparación de medias (Duncan) para el número de macollos con las diferentes asociaciones de pasto falaris con alfalfa.

TRATAMIENTOS	Medias (macollos)	n	E.E.	
Falaris con alfalfa var. Cuf	91.88	4	1.86	a
Falaris con alfalfa var. Ranger	78.93	4	1.86	b
Falaris con alfalfa var. Rivera	65.00	4	1.86	c
Falaris sin asociación (testigo)	36.53	4	1.86	d

Según los resultados del Cuadro 13, se aprecia la existencia de una considerable diferencia en la producción de macollos promedio con los diferentes tratamientos. Donde los mayores rendimientos correspondieron a la asociación pasto falaris con variedad Cuf con 91,88 posteriormente se presenta la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano con valores de 78,93 seguidas por la asociación pasto falaris con variedad Rivera con 65 y en último lugar el testigo pasto falaris sin asociación con 36,53 macollos.

El incremento de la densidad de macollamiento respecto al testigo, para los tratamientos aplicados fue de 151,51% con pasto falaris asociado con variedad Cuf, 116% con pasto falaris asociado con variedad Ranger americano y 77,93% con pasto falaris asociado con variedad Rivera.

Entre los tratamientos, pasto falaris asociado con pasto falaris (T1) superó en una proporción de 16,4% al (T2) pasto falaris asociado con Ranger americano, en tanto que con una mínima diferencia de 21,4% en número de macollos esta última aventajó al (T3) pasto falaris asociado con variedad rivera, por último (T3) superó en 77,9% en número de macollos debido a la mayor presencia de nitrógeno disponible para las plantas proporcionada por las diferentes variedades de alfalfa.

Las variedades Ranger americano y Rivera asociados a pasto falaris reportaron valores intermedios, debido a que el crecimiento de estas variedades de alfalfa fue tardía en rendimiento como cobertura vegetal, que brindan protección a los vientos, evaporación, y menor aporte de nitrógeno al suelo por parte de estas variedades en

comparación con la variedad Cuf, siendo esta variedad superando en rendimiento en comparación al resto de variedades.

Los promedios de número de macollos obtenidos con los diferentes tratamientos fluctuaron entre 34 a 91 unidades como se muestra en la Gráfica 7; los cuales están dentro de lo esperado, por considerar que las condiciones de humedad y nutrientes para el normal desarrollo del cultivo fueron satisfactorios. Ya que cuando las características edafoclimáticas no están de acuerdo a los requerimientos de las plantas mejoradas o introducidas de alta producción, los rendimientos son escasamente diferentes a los obtenidos por las especies y variedades criollas, (Alzérreca, 1992).

Con relación al número de macollos, Mendieta y Alzérreca (1979), Puch (1983), no hacen mención de valores para esta variable de estudio, pero coinciden en afirmar que, el pasto *falaris* presenta muy buena densidad de macollamiento, cuando su cultivo se efectúa en suelos húmedos y con adecuado aporte de nitrógeno.

Es interesante mencionar que a mayor número de macollos, se produjo un incremento directamente proporcional en el rendimiento de materia seca, para todos los tratamientos. Por lo tanto un mayor o menor aporte de nutrientes, influirán definitivamente en la emisión de macollos.

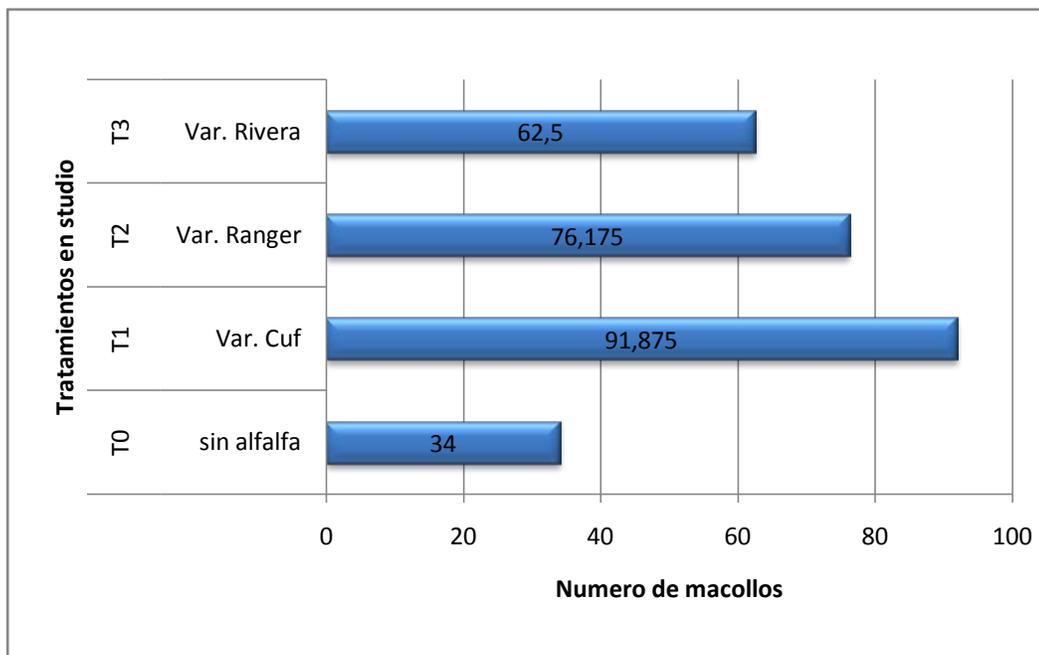
Bernal (2005), indica que los macollos a pesar de estar unidos por su base son relativamente independientes entre ellos y por ello son considerados como la unidad funcional de la pastura, es decir los macollos son los individuos y no las plantas y al igual que las hojas presentan su dinámica de aparición y muerte siendo la época de mayor formación entre noviembre a enero.

Cahuaya (2001), reportó que según los resultados obtenidos en Choquenaira se aprecia la existencia de una considerable diferencia en la producción de macollos promedio a diferentes tratamientos de fertilización, donde los mayores rendimientos correspondieron a la fertilización alta 90- 45-0 con 136,30 macollos a una altura de 157,9 cm y a la fertilización media 60-45-0 con 133,83 macollos a una altura de

planta de 151,1 cm los que estadísticamente no presentaron ninguna diferencia. A 90 kg N/ha con 106,85 y del abonamiento medio 60 kg. N/ha con 106,39 y el testigo con 67, 76 macollos a una altura promedio de 97,1 cm.

Apaza (2004), en un estudio realizado en la Estación experimental de Belén sobre alturas y densidades de plantación de pasto brasilero, obtuvo como mayor promedio en cuanto a número de macollos un valor de 91,4 macollos con 30 cm de densidad y 90 cm de altura de plantación y con 17,1 macollos para una densidad de 40 cm y una altura de 30 cm de plantación, siendo esta el valor más bajo.

Grafico7. Comportamiento del número de macollos de pasto falaris con los diferentes tratamientos.



6.5 Diámetro de corona

6.5.1 Análisis de varianza de diámetro de corona

El diámetro de corona se midió al momento de la cosecha en las plantas muestreadas, para todos los tratamientos. Con los datos obtenidos se procedió a efectuar el respectivo análisis de varianza para los diferentes tratamientos de asociación de pasto falaris con variedades de alfalfa. Los resultados de análisis de varianza se muestran en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Análisis de la varianza de diámetro de la corona del pasto falaris en asociación con diferentes variedades de alfalfa.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
BLOQUES	0,28	3	0,09	0,8	0,5257	NS
TRATAMIENTOS	112,21	3	37,4	318,29	<0.0001	**
Error	1,06	9	0,12			
Total	113,55	15				

CV = 8,81 %

Según el Cuadro 14 de análisis estadístico de diámetro de corona, se verifica la existencia de diferencias altamente significativas en los diferentes tratamientos, lo que demuestra que hubo una respuesta favorable del cultivo pasto falaris por la asociación con variedades de alfalfa. Entre los bloques los efectos de los tratamientos asociación de pasto falaris y variedades de alfalfa no fueron significativas, lo cual indica que las condiciones de meteorológicas y suelo no tuvieron efecto en la variable diámetro de corona de pasto falaris.

6.5.2 Comparación de los promedios de diámetro de corona (cm) Duncan (5%)

Luego de determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, se procedió a efectuar la prueba de Duncan, con la finalidad de identificar las mismas con mayor exactitud.

Cuadro 15. Prueba de comparación de medias (Duncan) para el diámetro de la corona en asociación con diferentes variedades de alfalfa.

TRATAMIENTOS	Medias (cm)	N	E.E.	
Falaris con alfalfa var. Cuf	11,87	4	0,43	a
Falaris con alfalfa var. Ranger	10,69	4	0,43	b
Falaris con alfalfa var. Rivera	8,54	4	0,43	c
Falaris sin alfalfa (testigo)	4,91	4	0,43	D

Los resultados de la prueba de Duncan, reflejan que el T1 (pasto falaris asociado con variedad Cuf) alcanzó un mayor diámetro de 11,87 cm, el T2 (pasto falaris asociado con variedad Ranger americano) obtuvo un resultado de 10,69 cm de diámetro, seguido por el T3 (pasto falaris asociado con variedad Rivera) con 8,54 cm superior al testigo (pasto falaris sin asociación) con 4,91 cm de diámetro.

La asociación de pasto falaris con variedades de alfalfa afecto positivamente al diámetro de corona de esta especie forrajera produciendo diferencias estadísticamente significativas, ya que las ganancias respecto al testigo alcanzaron a 141,75% con la asociación pasto falaris con variedad Cuf, para la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano fue de 117,71%, en tanto que con la asociación pasto falaris con variedad Rivera con 73,93%.

Entre los diferentes tratamientos, la asociación pasto falaris con variedad Cuf (T1) logró un aumento de 11,04% más que la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano (T2), así mismo este tratamiento (T2) logró un incremento de 25,18% con respecto al tratamiento pasto falaris asociado con variedad Rivera (T3) y por ultimo (T3) logró un incremento de 73,93% respecto al testigo (T0) que es pasto falaris sin asociación.

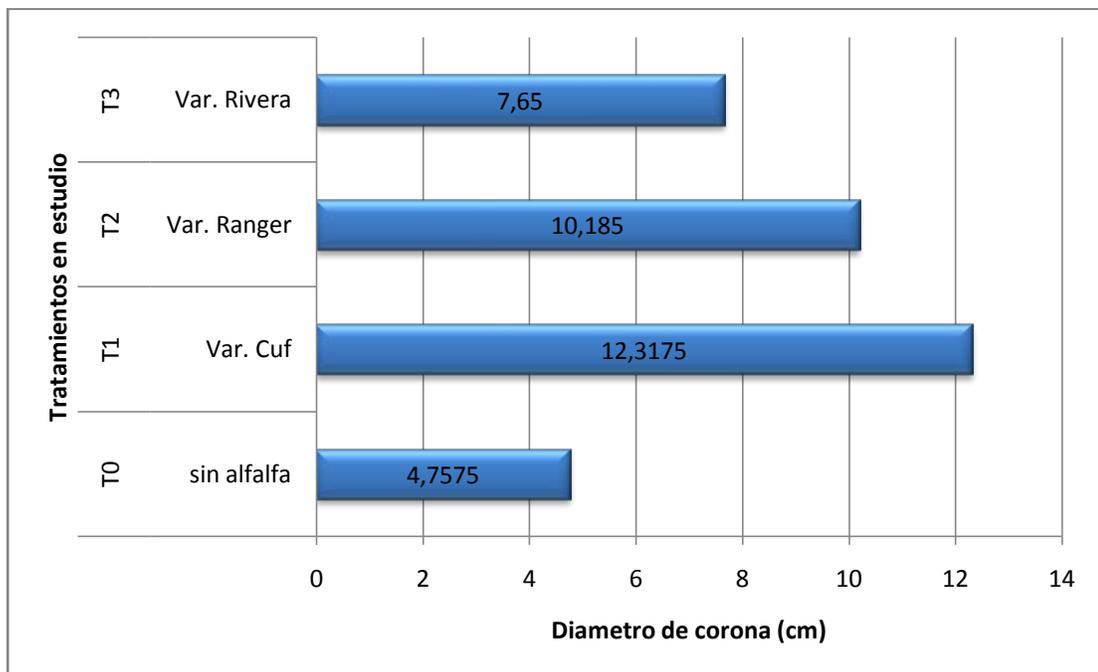
Estas diferencias se debieron a la mayor cantidad de rebrotes presentes en cada planta, obteniendo mayor diámetro de corona en el tratamiento 1, 2 y 3 respectivamente.

Mendieta (1979), señala que con una fertilización de 100 kg N/ha a una altura de planta de 58cm se logró obtener un ancho de corona de 6.20 a secano, a diferencia con la aplicación de riego a una altura de planta de 84 cm un ancho de corona de 8.90 cm. Si bien tanto en la altura de planta como en el ancho de corona se observan diferencias, pero estas no alcanzan el nivel de significancia.

Apaza (2004), en un estudio realizado la Estación Experimental de Belén sobre efecto de alturas y densidades de plantación en pasto falaris, indica que los mayores promedios de diámetro de corona fueron de 12 cm, 11 cm y 8,1 cm

correspondientes a la densidad de 20, 30 y 40 cm de plantación respectivamente, todas sembradas a una altura de 90 cm plantación, los mismos que presentaron diferencias significativas a una probabilidad del 5%. Los valores menores encontrados en el presente trabajo fue de 4,4 cm de diámetro de corona para la densidad uno de 20 cm con altura de 30 cm de plantación, lo que significa que los rendimientos obtenidos por el trabajo de investigación son mayores.

Grafico8. Diámetro de corona promedio del pasto falaris con los diferentes tratamientos.



6.6 Precocidad

6.6.1 Análisis de varianza de precocidad

Esta variable se consideró desde el momento de rebrote, hasta la floración del 50% de las plantas de cada tratamiento, expresado en días. El Cuadro 16 muestra los resultados de análisis de varianza efectuados para mencionada variable.

Cuadro 16. Análisis de varianza de la precocidad (50% de la floración) del pasto falaris, con los diferentes tratamientos.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	
BLOQUES	90,19	3	30,06	1,64	0,2474	NS
TRATAMIENTOS	0,28	3	0,09	0,8	0,5257	NS
Error	164,56	9	18,28			
Total	875,94	15				

CV = 5,25 %

El análisis de varianza efectuado para determinar si hubo diferencias en la precocidad del pasto falaris con las asociaciones con variedades de alfalfa, el Cuadro 16 muestra que entre bloques no hubo diferencias, con referencia a los tratamientos, ninguno de ellos resulto diferente uno del otro para alcanzar con mayor prontitud la floración, sugiriendo que las asociaciones no influyeron para nada en la precocidad del cultivo. Por lo tanto se aceptó la hipótesis nula de que todos los tratamientos provocan los mismos efectos para esta variable de estudio.

6.6.2 Comparación de los promedios de precocidad (días) Duncan (5%)

Para comprobar los resultados del análisis de varianza según el cual los efectos de los tratamientos son similares sobre la precocidad del forraje, se procedió a efectuar la prueba de Duncan.

Cuadro 17. Prueba de significancia según Duncan, para precocidad (50% de floración), con las diferentes tratamientos.

TRATAMIENTOS	Medias (días)	n	E.E.	
Falaris sin alfalfa (testigo)	112	4	2,14	a
Falaris con alfalfa var. Ranger	100	4	2,14	b
Falaris con alfalfa var. Rivera	97	4	2,14	b
Falaris con alfalfa var. Cuf	96,75	4	2,14	b

Por lo tanto de acuerdo al cuadro 17, los promedios de días a la floración registrados para cada tratamiento, desde el rebrote hasta el 50% de la floración fueron de 96,75 días con la asociación pasto falaris con variedad Cuf y 97 días para la asociación pasto falaris con variedad Rivera; la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano necesito de 100 días. El testigo fue el que inicio su floración más tardíamente, es decir a los 112 días.

Todos estos tratamientos según la prueba de Duncan, no presentaron diferencias estadísticas entre las mismas, por lo tanto sus efectos fueron irrelevantes en la precocidad del cultivo.

Con relación al testigo y de acuerdo a los valores numéricos obtenidos, la asociación pasto falaris con variedad Cuf (T1) fue más precoz con un 13,62%, seguido por la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano (T2) con 13,39%, y por último la asociación pasto falaris con variedad Rivera (T3) fueron más precoces en 10,71%.

Al efectuar comparaciones entre los tratamientos, se aprecia que la asociación pasto falaris con variedad Cuf (T1) logró un aumento de 10,71% más que la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano (T2), así mismo este tratamiento (T2) logró un incremento de 3% con respecto al tratamiento pasto falaris asociado con variedad Rivera (T3) y por ultimo (T3) logró un incremento de 0,26% respecto al testigo (T0) que es pasto falaris sin asociación.

Estas diferencias de precocidad, a causa de la mayor disponibilidad de nitrógeno y fosforo, que en cierta medida aceleran el desarrollo y floración del forraje. Con relación a la fase fenológica de los cultivos Gros (1981), considera que el nitrógeno es uno de los elementos que tiene la cualidad de constituirse en un factor de precocidad, ya que activa el desarrollo inicial y acorta el ciclo vegetativo de los cultivos, favoreciendo su maduración.

La menor precocidad del tratamiento testigo, se debió a la reducida disponibilidad de nitrógeno, lo que no permitió un crecimiento agresivo similar al provocado por

los tratamientos en asociación pasto falaris con variedades de alfalfa, motivo por el cual el inicio de la floración se prolongó por más tiempo. Por otro lado es posible que el fotoperiodo o las horas luz reinante en la zona de estudio, no fueran adecuadamente por la deficiencia de elementos nutritivos, en las etapas iniciales de su crecimiento.

El testigo a pesar de haber alcanzado el estado de floración en un mayor número de días, estadísticamente no presentó ninguna diferencia respecto a los demás tratamientos Gráfica 9, considerando que su desarrollo vegetativo fue escaso, reflejándose en bajas alturas de planta, reducido número de macollos y menor rendimiento de materia seca.

Con relación a los tratamientos que alcanzaron su floración en más días, Duthil (1980), manifiesta que ante la carencia de elementos nutritivos principalmente nitrogenados, las plantas aceleran su desarrollo con las limitaciones correspondiente, buscando infructuosamente llegar a la fase reproductiva, para iniciar cuanto antes la floración, aprovechando al máximo las reservas nutritivas del suelo y las propias, con el consiguiente adelantamiento de la floración.

Cuadro 18. Número de días promedio desde el rebrote hasta el 50% de floración y cosecha del pasto brasilero, con los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Precocidad (días)	Cosecha (días)
T0 sin alfalfa	112	150
T2 Falaris con alfalfa var. Cuf	100	150
T3 Falaris con alfalfa var. Ranger	97	150
T1 Falaris con alfalfa var. Rivera	96,75	150

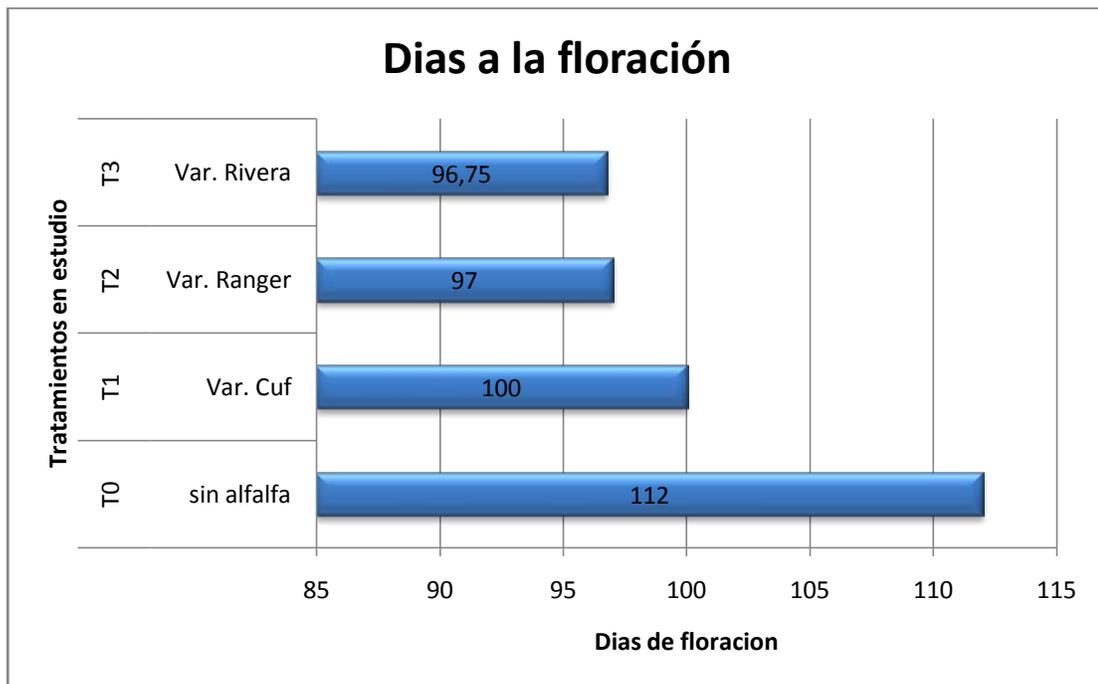
Dentro de las observaciones realizadas en el cultivo se pudo notar que, el testigo presento un menor número de tallos florales de tamaño reducido, siendo totalmente superado por la cobertura vegetal de los otros tratamientos, este comportamiento

puede atribuirse a la escasa disponibilidad de nutrientes principalmente el nitrógeno y a las deficiencias propias del suelo respecto a los tratamientos de asociación.

Los días necesarios para alcanzar la floración, se encuentran dentro de lo señalado por Alzérreca (1979), quien afirma que el pasto falaris florece aproximadamente a los cuatro meses después de su brotación para las condiciones de Altiplano central, presentando posteriormente un rápido desarrollo de sus tallos florales.

Sin embargo en alguna medida fue similar a los 87,35 días que fue el mayor y 80,7 días el menor número de días para alcanzar la floración, reportados por Cahuaya (2001), en Choquenaira, Altiplano central bajo efectos de fertilización química y orgánica.

Grafico9. Días promedio, para alcanzar el 50% de floración del pasto falaris con los diferentes tratamientos.



6.7 Análisis bromatológico

Para evaluar el análisis nutricional se tomaron muestras representativas de las plantas de cada tratamiento al momento de la cosecha, las que posteriormente se

llevaron al laboratorio para la determinación de la composición nutricional para cada tratamiento, a partir de la materia seca total, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 19.

Los parámetros de composición nutricional del pasto falaris, es necesario señalar que se dio mayor relevancia principalmente al contenido de proteína bruta, por considerar a este parámetro el más importante y determinante en la calidad nutritiva de los forrajes en general, y posteriormente se muestran los porcentajes de los valores nutritivos restantes, en forma indicativa o referencial en todos los casos, ya que por su menor presencia en la constitución de los tejidos de las plantas requieren un análisis de laboratorio más exhaustivo.

6.7.1 Porcentaje de Proteína

Según el Cuadro 19, con la asociación de pasto falaris con variedades de alfalfa el aporte de nitrógeno por las bacterias del genero rizobium al suelo, se lograron efectos positivos en el contenido proteico del pasto falaris, siendo el nitrógeno el componente principal en la formación de proteína, así la asociación de pasto falaris con variedad Cuf (T1) reportaron valores proteicos de 20,63%, la asociación de pasto falaris con variedad Ranger americano (T2) obtuvo valores de 20%, seguidas por la asociación pasto falaris con variedad Rivera (T3) con un valor proteico de 19,37% y el testigo (T0) pasto falaris sin asociación con 18,75%.

Los aumentos en el tenor proteico del pasto falaris en asociación con variedades de alfalfa, respecto al testigo fueron importantes, ya que con la asociación pasto falaris y variedad Cuf (T1) este ascendió a 10,02%, con la asociación pasto falaris y variedad Ranger americano (T2) tuvo un aumento de 6,67%, con la asociación pasto falaris y variedad Rivera (T3) un aumento de 3,31%, todos respecto al testigo.

Al comparar los contenidos proteicos entre tratamientos se pudo establecer que la asociación pasto falaris con variedad Cuf (T1) supero en 3,15% a la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano (T2), y esta obtuvo 3,25% en mayor

contenido proteico que la asociación pasto falaris con variedad Rivera (T3) y por último comparando (T3) supero en 3,31% comparando con el testigo pasto falaris sin asociación (T0); como producto de la mayor disponibilidad de nitrógeno y fosforo, elementos nutritivos que se consideran como precursores en la formación de proteína y del valor nutritivo en general de las plantas.

Las leguminosas incrementan el valor nutritivo de la gramínea asociada, particularmente en lo que se refiere a los contenidos de proteína total y de minerales, para mantener su calidad a través del tiempo, durante la época seca, cuando más las consumen los animales. Las gramíneas presentan contenidos de proteína total bajos, inferiores al 7 % durante la época seca, cuando el aporte de nitrógeno es deficiente, lo cual afecta el consumo voluntario y consecuentemente, la producción animal (Villaquirán y Lascano, 1986).

Romero y González (1999) reportan incrementos de 15.5 % de proteína total en la pradera asociada *B. decumbens* sola y *B. decumbens* + *A. Pintoi*, no encontraron efecto significativo en la digestibilidad de la biomasa en oferta.

Baars y Jenkins (1996) evaluaron diferentes gramíneas y leguminosas forrajeras tales como *Cynodon nlemfueasis*, *Brachiaria decumbens* y *Hyparrhenia rufa*, y las leguminosas *A. pintoi* CIAT 17434, *S. hamata*, *S. scabra* y *Macrotilium atropurpureum* reportan que los valores de proteína total y DIVMS de las gramíneas, en la época seca y lluviosa, fueron bajos 5.0 y 6.4 % para la proteína total y 53 y 36 % para la DIVMS respectivamente. Las leguminosas asociadas presentaron altos contenidos de proteína de 10.0 a 17.5% en ambas épocas en comparación con las gramíneas, la DIVMS en la época seca fue más alta en la leguminosa que en la gramínea con valores de 42.5 a 66.8 % para la leguminosa y 31.8 a 40.4 % para la gramínea en la época de lluvia, los valores de DIVMS fueron similares entre las especies forrajeras 47.5 a 62.1%.

Cuadro 19. Análisis de la calidad nutricional en asociación con variedades de alfalfa del pasto falaris.

TRATAMIENTOS	NITRÓGENO TOTAL %	FOSFORO TOTAL mg/kg	MATERIA ORGÁNICA %	CENIZAS %	CALCIO TOTAL mg/kg
(T 0) falaris sin asociación	3	2603	85	15	6116
(T 1) falaris con var. Cuf	3,3	2803	86	14	6356
(T 2) falaris con var. Ranger	3,2	4285	86	14	5869
(T 3) falaris con var. Rivera	3,1	3723	86	14	5034

Por lo tanto los tratamientos con asociaciones pasto falaris con variedades de alfalfa incrementaron un 10,02% promedio más el tenor proteico del pasto falaris respecto al testigo que es pasto falaris sin asociación.

Estas diferencias también se atribuyen a la diversidad de nutrientes primarios, secundarios, micro elementos y otras sustancias, aportadas por la materia orgánica y el humus presentes en el suelo con anterioridad al estudio; por la liberación de elementos nutritivos fijados en el suelo a través de las actividades desarrolladas por los microorganismos y por el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, que coadyuvaron en el intercambio y disponibilidad de nutrientes entre la solución suelo y las raíces de la planta.

Con los diferentes tratamientos (asociaciones de pasto falaris y variedades de alfalfa), el contenido de proteína fue superior respecto al tratamiento testigo, por la mayor disponibilidad de nitrógeno durante la etapa de crecimiento y previo inicio de la floración, lo que permitió acumular una buena cantidad de nutrientes nitrogenados.

Sin embargo frente al tratamiento testigo (T0), su valor proteico fue menor, por la falta de disponibilidad de nitrógeno. Con relación al tema Mcilroy (1991), señala que la producción de proteína puede ser afectada por la disponibilidad de nutrientes nitrogenados en el suelo, la relación hoja tallo, la fertilidad del suelo, la aplicación

de abonos y las condiciones climáticas; presentando los pastos de las zonas templadas más proteína y menos fibra cruda que los de las zonas tropicales.

De acuerdo a los resultados reportados por el análisis del laboratorio de calidad ambiental de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la UMSA, el contenido de proteína guarda una directa relación con la cantidad de nitrógeno aportado, así los tratamientos con asociaciones generaron mayores porcentajes de proteína respecto al tratamiento testigo. Por lo tanto para incrementar el contenido de proteína de los forrajes potenciales como en el caso del pasto falaris, es imprescindible la aplicación de elementos nutritivos primarios como es el nitrógeno.

Al respecto Juscafresca (1980), afirma que la aplicación de nitrógeno en cantidades adecuadas en las gramíneas de pasto, además de fomentar el desarrollo de las plantas, aumenta el contenido nitrogenado del forraje, mejorando el valor biológico de la proteína bruta y con ello sus principios nutritivos.

Los valores de proteína alcanzados en el presente estudio con los diferentes tratamientos, fueron considerablemente altos como se muestra en la Gráfica 10, con relación a los obtenidos por Alzérreca (1979), quien con la adición de urea en dosis 50 kgN/ha mas riego menciona 11,6% de proteína para el estado tierno del pasto falaris, en condiciones del Altiplano central; Alzérreca y Cardozo (1991), para el estado de madurez fisiológica determinaron 10,6% de proteína.

De manera general se observa que los contenidos de proteína fueron elevados con todos los tratamientos respecto al testigo, en respuesta a las adecuadas características meteorológicas y de fertilidad de los suelos. Sin embargo dichos valores nos son concluyentes, así como los correspondientes al resto de las variables analizadas, ya que el estudio solo comprendió una gestión agrícola, por lo tanto para confirmar o rechazar los mismos con mayor veracidad se deberán efectuar más ensayos en condiciones similares.

6.7.2 Proteína cruda en kg/ha

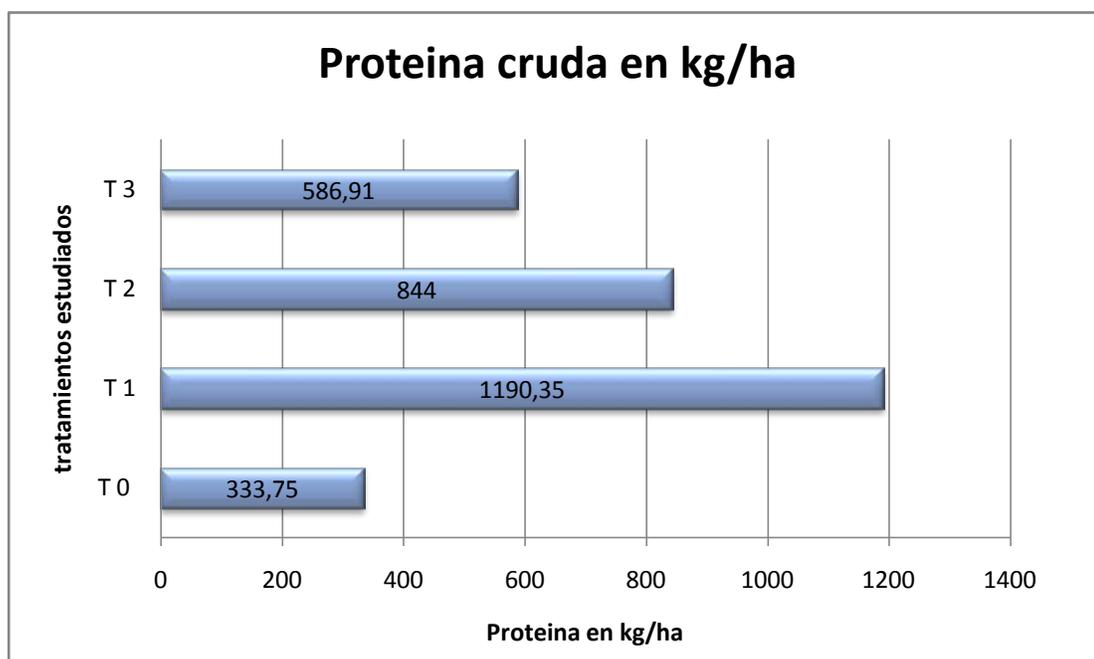
Cuadro 20. Rendimiento de proteína cruda (kg/ha) del pasto falaris, con las diferentes asociaciones de variedades de alfalfa y respecto al testigo (%).

TRATAMIENTOS	% de Proteína Cruda	Proteína Cruda (kg/ha)	Incremento respecto al testigo (%)
Falaris sin asociación (testigo)	18,75	333,75	0
Falaris con alfalfa var. Cuf	20,63	1190,35	356,66
Falaris con alfalfa var. Ranger	20,00	844,00	252,88
Falaris con alfalfa var. Rivera	19,37	586,91	175,85

En cuanto a la producción de proteína cruda en kg Prot/ha se aprecia un contenido de 1190,35 kg/ha en la asociación pasto falaris con variedad Cuf (T1), superando al (T2) pasto falaris asociado con variedad Rangeramericano, en razón de mayor biomasa por unidad de superficie. Por su parte con una cantidad de 844 kgProt/ha la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano (T2) ocupó el segundo lugar, por su menor rendimiento de materia seca. De la misma manera la asociación pasto falaris con variedad Rivera (T3) con una proporción de 586,91 kg Prot/ha alcanzó un mayor porcentaje en el tenor proteico por hectárea, respecto al testigo el cual produjo 333,75 kg Prot/ha debido a su menor producción de materia seca y capacidad para constituir sustancias nitrogenadas.

La composición nutricional de los tratamientos que se detallan en el Cuadro 20, nos permiten efectuar las siguientes consideraciones para cada una de las variables analizadas, que se señalan a continuación, solamente en forma referencial y no definitiva.

Grafico10. Contenido de proteína cruda del pasto falaris con los diferentes tratamientos.



6.7.3 Materia orgánica

Los contenidos de materia orgánica o sustancia seca digestible, en la asociación pasto falaris con variedad Cuf (T1), la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano (T2) y la asociación pasto falaris con variedad Rivera (T3) presentaron un valor igual del 86%. Obtuvieron los valores en promedio más altos, por estar constituidos por una mayor proporción de materia seca y fibra cruda.

Posteriormente pasto falaris sin asociación que es el testigo (T0) con 85%, debido a sus menores contenidos de materia seca, y de la menor disponibilidad de elementos nutritivos, lo cual limitó la presencia de sustancias nitrogenadas en los tejidos de las plantas.

Así mismo se observó que a mayor contenido de cenizas, tanto menor fue el porcentaje de materia orgánica en la biomasa del pasto falaris. Por otra parte a mayor materia orgánica, se incrementaron los valores de proteína cruda.

Alzérreca y Cardozo (1991), señalan valores de 90,00% para este análisis, por lo tanto los reportados en el presente estudio son casi similares.

6.7.4 Ceniza

El mayor contenido de residuos inorgánicos le correspondió al testigo con 15%, como producto del menor contenido de materia orgánica. Posteriormente se ubicaron en valores similares los tratamientos con asociaciones con diferentes variedades de alfalfa con 14%.

Sin embargo, según las afirmaciones de Orskov (1990), las cenizas al estar constituidas por sustancias inorgánicas inertes que carecen de valor energético, pueden ser magnificados por un alto contenido de sílice de los forrajes que no tienen ningún valor nutricional, así como por la presencia de otros elementos como arena o tierra, lo cual es común en las tierras de pradera o pastoreo.

Según Alzérreca y Cardozo (1991), esta forrajera presenta un 8,50% de ceniza en su constitución, por lo tanto los valores obtenidos en el presente estudio con los diferentes tratamientos fueron muy superiores.

6.7.5 Calcio

Este elemento se presentó en mayor proporción en el tratamiento (T1) pasto falaris con variedad Cuf con 0,063%, pero con diferencias mínimas respecto a los demás tratamientos. Estos porcentajes de calcio, son atribuibles a la presencia elevada de carbonatos en el suelo, pero que sin embargo se encuentran dentro del rango de 0,18 a 0,48% indicado por Duthil (1980), para las gramíneas en general y entre 0,02 a 0,36% mencionados por Alzérreca y Cardozo (1991).

Los forrajes con adecuados contenidos de calcio son importantes, por que favorecen a un mejor desarrollo óseo y productivo del ganado bovino principalmente.

6.7.6 Fósforo

Este macro elemento se presentó en una proporción de 0,42%, en el tratamiento (T3) pasto falaris con variedad Ranger americano. Posiblemente porque el fósforo utilizado en su nutrición, provino del humus aplicado en la anterior gestión agrícola y debido a la menor fijación de este elemento por las partículas del suelo arcilloso. Al respecto Duthil (1980), considera que las aportaciones de elementos minerales tienen como primera consecuencia, la elevación de los rendimientos y no necesariamente una concentración de elementos minerales en el forraje. Ya que cuando el suelo presenta un pH extremadamente alto o bajo, el fósforo es fijado, constituyéndose por lo tanto en un regulador de su disponibilidad.

El fósforo tiene gran importancia en el contenido mineral de los forrajes, al proporcionar mejor salud, producción y fertilidad a los minerales. Los valores de fósforo alcanzados con los diferentes tratamientos, estuvieron dentro del rango de 0,70 a 0,33%, mencionados por Alzérreca y Cardozo (1991).

6.8 Identificación de los contenidos de nitrógeno total en el suelo, al inicio y final del sistema asociado de pasto falaris y alfalfa.

6.8.1 Cantidad de Nitrógeno total presente en el suelo antes de la plantación de pasto falaris.

En relación a la nutrición nitrogenada, varias son las alternativas que existen para disminuir o reemplazar el uso de fertilizantes, una de las practicas que mayor interés concito en la última década, es la cobertura viva con leguminosas. Por otro lado, la utilización de las leguminosas, herbáceas o leñosas, asociadas a un cultivo de cosecha o a un forraje, es una práctica tradicional en varias regiones, incluido el Caribe y Latinoamérica en general (Kass y Silvestre, 1997).

Los resultados de la cantidad de nitrógeno total presente en el suelo antes de la plantación de pasto falaris y siembra de alfalfa fueron de 9450 mg/kg. Para el nitrógeno total después de la cosecha de pasto falaris se observa en el Cuadro 21, con el respectivo análisis de varianza y Duncan.

Cuadro 21. Análisis de varianza y prueba de Duncan, de la variable nitrógeno total en el suelo después de la cosecha de pasto falaris (mg/kg).

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	
BLOQUES	9797,89	3	3265,96	1,37	0,3128	NS
TRATAMIENTOS	9735760,39	3	3245253,46	1362,44	0,0001	**
Error	21437,52	9	2381,95			
Total	9766995,8	15				

CV = 28,1 %

TRATAMIENTOS	Medias (mg/kg)	n	E.E.	
Falaris con alfalfa var. Cuf	2380,5	4	24,4	a
Falaris con alfalfa var. Ranger	2231,1	4	24,4	b
Falaris con alfalfa var. Rivera	417,9	4	24,4	c
Falaris sin alfalfa (testigo)	76,75	4	24,4	d

Como se puede observar en el Cuadro 21 el mayor contenido de nitrógeno total en el suelo se observa en el tratamiento 1 (pasto falaris asociado con alfalfa var. Cuf) con 2380.5 mg/kg de nitrógeno total, seguidos del tratamiento 2 (pasto falaris asociado con alfalfa var. Ranger americano) y 3 (pasto falaris asociado con alfalfa var. Rivera) con 2231.1 mg/kg y 417.9 mg/kg, respectivamente y por último el testigo con 76.75 mg/kg siendo el de menor contenido de nitrógeno en el suelo.

La alfalfa tiene potencial como fuente de fijación de nitrógeno atmosférico está en base a su producción, ya que se ha determinado que provee al suelo más de 350 kg/ha de nitrógeno (Álvarez, 1990).

6.8.2 Cantidad de nitrógeno total en el suelo en kg/ha

En el Cuadro 22 muestra los resultados de la cantidad de nitrógeno total presente en el suelo, antes de la siembra y después de la cosecha de pasto falaris (los cálculos realizados se observa en el Anexo 3).

Como se observa en el Cuadro 22 y la Gráfica 11, el tratamiento 1 (pasto falaris asociado con alfalfa var. Cuf) la cantidad de nitrógeno total presente en el suelo

antes de la siembra de pasto falaris de 36.855 kg/ha, al final de la cosecha redujo a 9283.95.kg/ha se sugiere a la absorción de nitrógeno por el pasto falaris y alfalfa.

El tratamiento 2 (pasto falaris asociado con alfalfa var. Ranger americano) la cantidad de nitrógeno antes de la siembra fue de 36855 kg/ha y al final redujo a 8701.29 kg/ha. El tratamiento 3 (pasto falaris asociado con alfalfa var. Rivera) la cantidad de nitrógeno antes de la siembra fue de 36855 kg/ha y al final redujo a 1629.81 kg/ha.

Por último el testigo (pasto falaris sin asociación) la cantidad de nitrógeno antes de la siembra fue de 36855 kg/ha y al final redujo a 299.33 kg/ha.

El estudio hecho en la parcela de investigación se muestra que el tratamiento 1 (pasto falaris asociado con alfalfa var. Cuf) deja una mayor cantidad de nitrógeno total en el suelo para el siguiente año agrícola o forraje.

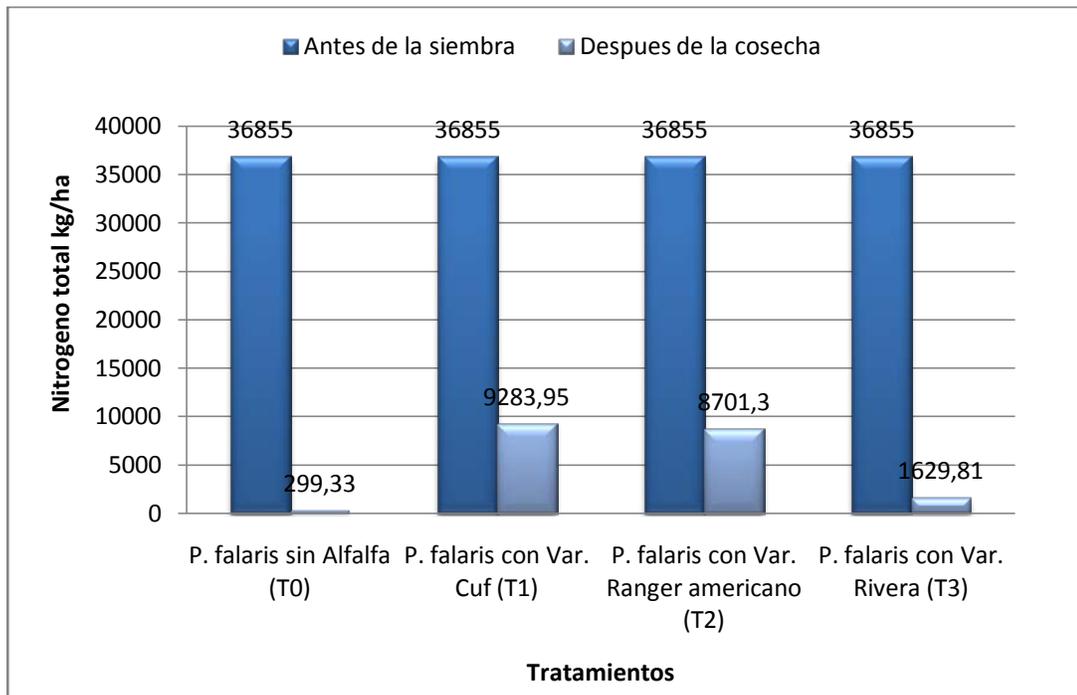
El uso creciente de fertilizantes inorgánicos a partir de la segunda mitad del siglo veinte, ha conducido a una disminución de la aplicación de enmiendas orgánicas (Bøckmanet *al.*, 1990). Sin embargo, actualmente existe un renovado interés en el manejo de residuos de cosecha, puesto que esta práctica mejora la calidad del suelo, y así sustenta su fertilidad y productividad (Kumar y Goh, 2000).

Cuadro 22. Cantidad de nitrógeno total en kg/ha presente en el suelo.

Muestra de suelo	Tratamiento kg/ha			
	Pasto falaris sin Alfalfa (T0)	Pasto falaris con alfalfa var. Cuf (T1)	Pasto falaris con alfalfa var. Ranger americano (T2)	Pasto falaris con alfalfa var. Rivera (T3)
Antes de la siembra	36855.00	36855.00	36855.00	36855.00
Después de la cosecha de pasto falaris	299.33	9283.95	8701.30	1629.81

Fuente: elaboración propia en base a resultados de laboratorio

Grafico11. Nitrógeno total en el suelo en kg/ha



Diversos trabajos señalan la conveniencia de realizar aplicaciones de Nitrógeno durante la etapa de crecimiento, con demanda de nutrientes en los cultivos y forrajes con similares o mejores rendimientos que los obtenidos, con aplicaciones de fertilización realizadas al momento de la siembra o previo a esta y con mayores eficiencias de uso de Nitrógeno, (Raun y Jonson, 1999; Schepers et. al. 1992).

Se conoce que el color de las plantas o cultivos se asocia al estado de nutrición nitrogenado, y que estas en condiciones de deficiencia cambian su coloración y reflejan más luz en todo el aspecto visible (Al-Abbas, et al 1974; Blackmer, 1994) y/o modifican el patrón de reflectancia (MacMurtrey et al 1994). Este comportamiento se asocia con diferencias en la concentración de clorofila (Hong, et al. 1997) entre otros factores y sirve esto de base para el desarrollo de técnicas de monitoreo del estado de nutrición nitrogenado.

En el Altiplano boliviano, se tiene poca referencia sobre gramíneas con referencia a su capacidad en extraer nitrógeno del suelo (Hervé y Mita 2001). Se sabe que la respuesta a los niveles de fertilización de las especies nativas expresada en

materia seca por hectárea es inferior a la de gramíneas introducidos, así mismo la mayor profundidad del sistema radicular de gramíneas introducidas comparado con gramíneas nativas, tendría consecuencias sobre la alimentación hídrica, el potasio y el fósforo, pero no sobre una mejor captación del nitrógeno mineralizado.

6.8.3 Nitrógeno asimilable en el suelo

En el Cuadro 23, se aprecia los datos del contenido de nitrógeno asimilable obtenidos del cálculo de nitrógeno total por una mineralización de nitrógeno asimilable del 2% (Anexo 3) realizadas antes de la siembra de pasto falaris y alfalfa y después de la cosecha de pasto falaris.

El contenido de nitrógeno asimilable en el tratamiento 1 (pasto falaris con var. Cuf) se reduce de 737.1 kg/ha antes de la siembra a 185.65 kg/ha después de la cosecha de pasto falaris, por la absorción del forraje falaris y la evaporación de los nitritos del suelo.

En el tratamiento 2 (pasto falaris con var. Ranger americano) y 3 (pasto falaris con var. Rivera) existe también una disminución de 737.1 kg/ha antes de la siembra a 174.03 kg/ha y 32.6 kg/ha, después de la cosecha de pasto falaris respectivamente, lo que indica que el contenido de nitrógeno asimilable disminuye en gran cantidad después de la cosecha de pasto falaris debido a la absorción del cultivo, también por lixiviación y nitrificación entre otros.

Por último el testigo (pasto falaris sin asociación) disminuye el nitrógeno asimilable de 737.1 kg/ha antes de la siembra a 5.99 kg/ha después de la cosecha de pasto falaris.

Cuando un forraje ya está en pleno desarrollo, todo el amonio y nitrato será absorbido por sus raíces, tan rápidamente como se va produciendo, en cambio la fertilización orgánica es mucho más duradera en cuanto el contenido de nitrógeno y por tanto existirá un efecto residual por más tiempo (Bear, 1988).

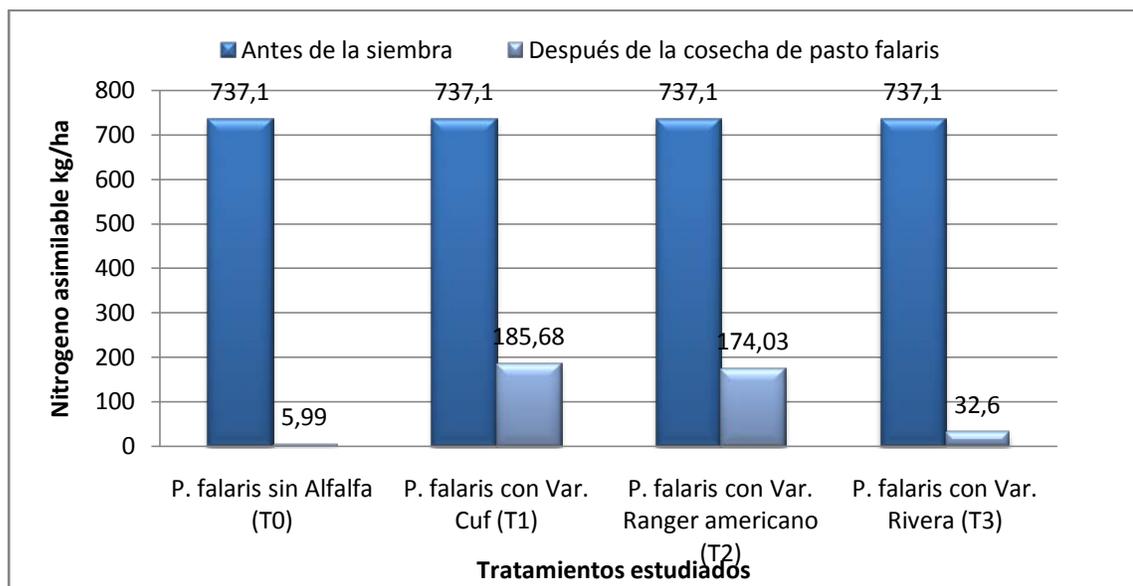
Las leguminosas son una fuente de materia orgánica y nitrógeno, ya que la incorporación de estos al suelo ayuda a un buen desarrollo de las plantas, en ese sentido CIAT (1999), menciona que las leguminosas aportan gran cantidad materia orgánica sin embargo, cualquier residuo orgánico incorporado al suelo es transformado por los microorganismos en forma gradual y con liberación de energía (calor) hasta la liberación de los nutrientes minerales en ese proceso del total de la materia orgánica incorporado al suelo el 65% se pierde como CO₂, H₂O, energía, etc. Pasando a formar parte de las sustancias orgánicas humificadas solo el 35% (Chilon, 1997).

Cuadro 23. Contenido de nitrógeno asimilable en kg/ha presente en el suelo.

Muestra de suelo	Tratamiento kg/ha			
	Pasto falaris sin Alfalfa (T0)	Pasto falaris con alfalfa var. Cuf (T1)	P. falaris con alfalfa var. Ranger americano (T2)	P. falaris con alfalfa var. Rivera (T3)
Antes de la siembra	737.10	737.10	737.10	737.10
Después de la cosecha de pasto falaris	5.99	185.68	174.03	32.60

Fuente: elaboración propia en base a resultados de laboratorio

Grafico12. Nitrógeno asimilable en el suelo en kg/ha



6.9 Relación beneficio / costo

Para la relación beneficio costo, el cálculo de costos, la mano de obra y costos de producción se tomaron los precios vigentes en la población de Patacamaya. Los costos de producción se presentan en el Cuadro 1, Anexo 4 para cada tratamiento con asociación y sin asociación. Se consideró un valor promedio de 27 Bs/qq de materia seca; tomando como referencia los precios ofertados en la zona de estudio para el heno de cebada y avena, los mismos que fluctuaron entre 25 y 30 Bs/qq de materia seca.

El rendimiento medio de materia seca es el total de pasto falaris y de alfalfa que fueron cosechadas por cada tratamiento en kg/ha. En cuanto a la materia seca de alfalfa fueron calculados al final de la cosecha y llevados a laboratorio para su respectivo calculo anexo 5.

El rendimiento ajustado, es el ajuste que se la hace al rendimiento medio en este caso 10%, todo con el fin de reflejar la diferencia entre rendimiento experimental y la que el agricultor podría obtener con la implementación de esta alternativa tecnológica bajo su manejo, al respecto el CYMMYT (1988), como regla general aplica un ajuste entre el 5% al 30%.

Según el Cuadro 2, Anexo 4; el análisis económico nos muestra que el pasto falaris en asociación con variedades de alfalfa y pasto falaris sin asociación para la producción de forraje, basados en los costos de producción para una hectárea, se tiene con el T1(asociación de pasto falaris con variedad Cuf) con Bs/ha 2849,86 de ingreso neto, en el T2(asociación de pasto falaris con variedad Ranger americano) con 1861,7 Bs/ha, en el T3(asociación de pasto falaris con variedad Rivera) con Bs/ha 959,8 y en el T0(pasto falaris sin asociación) con Bs /ha 582,72.

Con relación al beneficio / costo según el Cuadros 2, Anexo 4 es rentable con las diferentes asociaciones de pasto falaris con variedades de alfalfa, excepto en el tratamiento testigo que corresponde a pasto falaris sin asociación. Con la asociación pasto falaris con variedad Cuf (T1) el B/C fue de 2,4 entre tanto con la

asociación pasto falaris con variedad Ranger americano (T2) el B/C fue de 1,9, en cuanto la asociación pasto falaris con variedad Rivera (T3) el B/C fue de 1,47 y por ultimo pasto falaris sin asociación (T0) el B/C fue negativo de 0,6. Estos valores nos indican con cuál de las asociaciones de pasto falaris con variedades de alfalfa nos beneficia en la obtención de mayores ganancias en producción de forraje.

El Cuadro 2, Anexo 4 muestra que la asociación pasto falaris con variedad Cuf (T1) donde obtuvo mayores ingresos económicos de 2849,86 Bs/ha, en la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano (T2) fue de 1861,7 Bs/ha, en la asociación pasto falaris con variedad Rivera (T3) con 959,81 Bs/ha y en el testigo pasto falaris sin asociación (T0) fue de 582,72 Bs/ha en el ingreso neto.

Analizando los beneficios netos, para la producción de forraje en asociaciones de pasto falaris con variedades de alfalfa se obtiene mayor beneficio neto en la asociación pasto falaris con variedad Cuf (T1), seguidas por las asociaciones pasto falaris con variedades Ranger americano (T2) y Rivera (T3), respectivamente y por ultimo pasto falaris sin asociación (T0) siendo esta negativa en el análisis de beneficio netos. El beneficio / costo, tiene relación directa con los factores climáticos, debida a la precipitación de la zona del altiplano.

Se puede observar en la Gráfica 13, la asociación pasto falaris con variedad Cuf es la que obtuvo mayor rendimiento con beneficio costo de 2,4, la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano con 1,9 de beneficio costo, seguida por la asociación pasto falaris con variedad Rivera 1,47 de beneficio costo y por ultimo pasto falaris sin asociación con un beneficio costo de 0,6.

La curva de beneficio/ costo con diferentes asociaciones de pasto falaris con variedades de alfalfa y pasto falaris sin asociación en la Gráfica 13, muestra claramente que con pasto falaris sin asociación (T0) no es rentable lo que indica que no existe ganancias para el productor. En cambio en los tres tratamientos de pasto falaris asociado con variedades de alfalfa si existen ganancias para el productor ya que aumenta el beneficio / costo para los tres tratamientos con

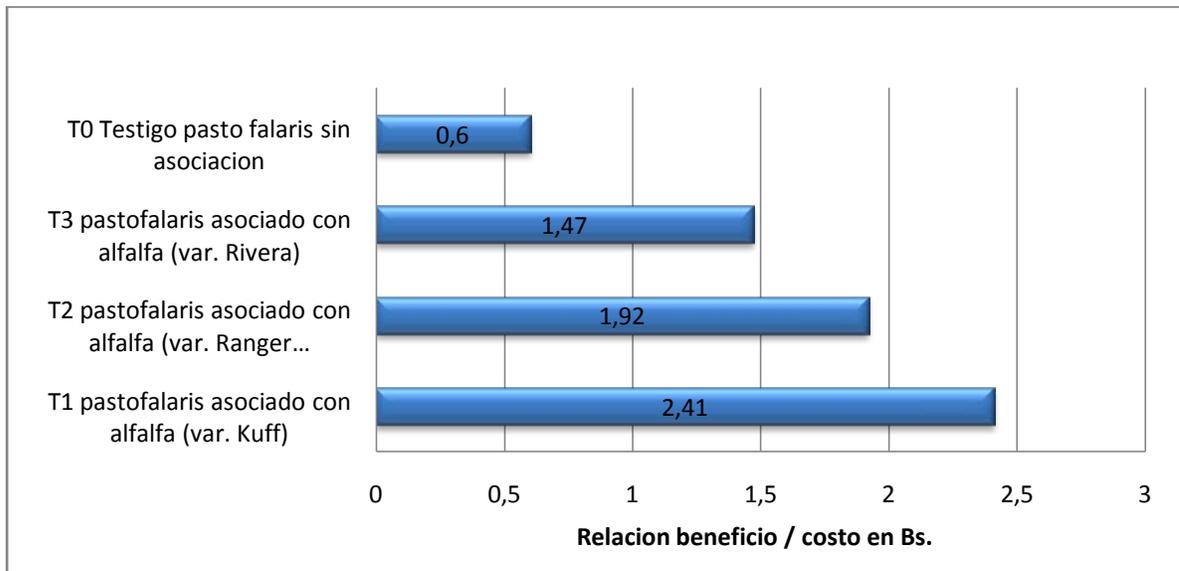
asociación, siendo el que mayor beneficio / costo obtuvo es la asociación pasto falaris con variedad Cuf.

Tomando en cuenta los costos de producción y el beneficio neto, se determinó la relación beneficio costo (B/C), donde todos los tratamientos de asociación tienen valores aceptables excepto el tratamiento testigo que es pasto falaris sin asociación que obtuvo un valor negativo, el valor más alto registrado fue en la asociación pasto falaris con variedad Cuf con 2,4 de beneficio costo. Perrin (1978) menciona que un valor de la relación beneficio / costo mayor a uno es aceptable.

La asociación de pasto falaris con variedades de alfalfa, permitió alcanzar mejores resultados desde el punto de vista económico, debido al efecto inmediato y a su bajo costo.

Un cultivo asociado tiene numerosas ventajas, una de ellas es que al existir dos plantas en el sistema hay mayor diversidad, y ello permite que haya mayor cantidad de organismos benéficos o que en el sistema haya una regulación natural de plagas. Esto genera mayor ventaja económica y mayor protección del suelo, asegura (Aleman, 2003). Por otro lado, existe la posibilidad en el caso de los cultivos asociados, de que si uno de los dos falla y es afectado por algún factor externo, entonces el otro compensa y no hay pérdida total

Grafico13. Relación Beneficio/Costo del pasto falaris asociado con variedades de alfalfa.



7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos y analizados los resultados del ensayo se llegaron a obtener las siguientes conclusiones.

- Entre las características del pasto falaris en asociación con variedades de alfalfa: porcentaje de prendimiento, nitrógeno total en el suelo al inicio y final del sistema asociado, altura de planta, rendimiento de materia seca, número de macollos por planta, diámetro de corona y precocidad, se evidenció que el tratamiento 1 (pasto falaris asociado con variedad Cuf) presenta los mejores niveles de rendimiento del pasto falaris obtenido en campo, donde se observó que existen diferencias significativas en los tratamientos.
- Las mayores alturas de planta promedio e incrementos respecto al testigo correspondieron a la asociación pasto falaris con variedad Cuf con 167,33 cm (95,75%), pasto falaris con variedad Ranger americano con 141,58 cm (65,59%), pasto falaris con variedad Rivera con 131,63 cm (53,95%). Estas dos últimas sin diferencias estadísticas. Así mismo se determinó que a mayores alturas de planta los rendimientos de materia seca también fueron superiores.
- La asociación pasto falaris con variedades de alfalfa, los mayores rendimientos de materia seca correspondieron a la asociación pasto falaris con variedad Cuf con 5770 kgMs/ha, pasto falaris con variedad Ranger americano con 4220 kgMs/ha seguidas por pasto falaris con variedad Rivera con 3030 kgMs/ha estos incrementos debido a la asociación con alfalfa que proporciona mayor contenido de nitrógeno en el suelo, protección de vientos, evitando la pérdida de agua por evaporación y mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo. El testigo pasto falaris sin asociación con 1780 kgMs/ha.
- Los mayores incrementos en la densidad de macollamiento, se obtuvieron con la asociación pasto falaris con variedad Cuf (151,1%), pasto falaris con

variedad Ranger americano (116%); seguidos por la asociación pasto falaris con variedad Rivera (77,93%), todos con respecto al testigo. Al igual que la altura de planta, el número de macollos influyo significativamente en la obtención de una mayor producción de materia seca.

- En tanto que para el diámetro de corona los mayores promedios e incrementos respecto al testigo correspondieron a la asociación pasto falaris con variedad Cuf con 11,87 cm (141,75%), pasto falaris con variedad Ranger americano con 10,69 cm (117,71%); seguidos por la asociación pasto falaris con variedad Rivera con 8,54 cm (73,93%), presentando diferencias estadísticas.
- Tanto los tratamientos de asociación y el testigo sin asociación, no tuvieron ningún efecto sobre la precocidad del pasto falaris, ya que no presentaron diferencias estadísticas, por lo que se establece que esta variable no fue determinante en la producción final obtenida.
- El aporte de la leguminosa alfalfa permitió elevar el tenor proteico del pasto falaris, así la asociación pasto falaris con variedad Cuf elevo el contenido de proteína bruta hasta 20,63% pasto falaris con variedad Ranger americano con 20% y con la asociación pasto falaris con variedad Rivera alcanzó 19,37%; en tanto que para el testigo pasto falaris sin asociación 18,75%.
- Los mayores valores de nitrógeno total presente en el suelo al final del estudio correspondieron a la asociación pasto falaris con variedad Cuf con 9283,95 kg/ha, la asociación pasto falaris con variedad Ranger americano con 8701,3 kg/ha, la asociación pasto falaris con variedad Rivera 299,33 kg/ha y el testigo con 299,33 kg/ha, todos redujeron su valor de 36855 kg/ha de nitrógeno total que se hizo al inicio de la siembra en el suelo. Debido al nitrógeno aportado por la alfalfa, dando como mejor alternativa de asociación la variedad Cuf. En cuanto al nitrógeno asimilable al 2% del total de nitrógeno en el suelo se determinó que pasto falaris con variedad Cuf presento valores de 185,68 kg/ha, pasto falaris con variedad Ranger

americano presento valores de 174,03 kg/ha, pasto falaris con variedad Rivera con 32,6 kg/ha y el testigo con 5,99 kg/ha todos reduciendo su valor de 731,1 kg/ha de nitrógeno asimilable que se hizo al inicio de la siembra.

- Económicamente el tratamiento más rentable por su costo variable (2021,80 Bs.) fue la asociación pasto falaris con variedad Cuf, al haber obtenido el mayor beneficio neto (2849,86 Bs.) y el mejor beneficio / costo (2,41). Sin embargo este beneficio económico es temporal proyectándose un beneficio más efectivo y duradera en las siguientes campañas agrícolas.
- Por lo tanto el mejor tratamiento fue asociación de pasto falaris con alfalfavarietal Cuf, donde se obtuvieron mayores rendimientos.
- El los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula, ya que existen diferencias significativas en el rendimiento de las asociaciones de pasto falaris con variedades de alfalfa.

8. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones establecidas en el ensayo, se recomienda lo siguiente.

- Según los resultados obtenidos y siendo que los agricultores son actores de su propia vida regional se recomienda cultivar el pasto falaris asociado con variedad de alfalfa Cuf que fue la que presento mejor resultado en rendimiento como alternativa de siembra de forraje, para obtener mayores rendimientos y mejor beneficio/costo y una mayor disponibilidad de alimento para el ganado, porque esta asociación soporta las condiciones climáticas más extremas de la zona de estudio.
- Replicar el trabajo durante varias campañas agrícolas en diversos lugares del altiplano con el fin de ajustar su aplicación práctica, de ese modo los resultados se utilizaran con mayor confiabilidad.
- Establecer ensayos similares, en asociaciones en distintas regiones para ver el comportamiento de la acumulación de nitrógeno en condiciones climáticas diferentes y características de suelos distintos.
- Realizar evaluaciones de acumulación de nitrógeno en diferentes etapas de crecimiento de la fenología del forraje y en sus diferentes órganos, beneficiara a valorar el requerimiento nutritivo en las diferentes etapas del desarrollo del forraje.

9. BIBLIOGRAFÍA

ALEMAN F. 2003. Segunda Conferencia Científica Nacional. Cultivos asociados. UNAN-Managua. Pág. 5.

ALZÉRRECA, H. 1979. Respuesta del pasto *Phalaris sp.*, al Riego y Fertilización en el Altiplano Central. In: VI Reunión Nacional. ABOPA. Trinidad (Septiembre- 1979). pp 157-163.

ALZÉRRECA, H. y CARDOZO, A. 1991. Valor de los alimentos para la ganadería andina. IBTA/SR - CRSP. La Paz - Bolivia 82 p.

ALZÉRRECA, H. 1992. Ensayo Comparativo de Forrajes Anuales en tres Localidades del Altiplano. X Reunión Nacional de ABOPA. La Paz, Bolivia. pp 96-100.

APAZA, C.Y. 2004. Efecto de Alturas de Planta a Tres Densidades de Plantación en el Rendimiento de Materia Seca del Pasto Brasileiro (*Phalaris sp.*) en la Estación Experimental Belén.

BARRERA, L. 2001. La fertilidad de los suelos diagnostico y control. Bogotá.

Consultado 24 de oct. 2011. Disponible en:

<http://www.mirat.net./fertilizantes/nutricion/micronutrientes/boro.html>

BARRIENTOS, E. 2002. XIV Reunión de ABOPA (Asociación Boliviana de Producción Animal): Cereales menores en asociación con Leguminosas para Forraje, Bajo condiciones del Altiplano Central de Oruro. ABOPA, CIF-UMSS, Cochabamba, Bolivia. (En línea). Consultado el 5 de agosto de 2005. Disponible en: <http://www.forrajes.umss/XIV.reunion.adopa/forrajes55.html>.

BEAR, F. 1988. El suelo en relación con el aumento de los cultivos. Edición Omega casanova Barcelona España. Pág. 435

BERNAL, J. 1986. Manual de Pastos y Forrajes. Confederación Andina de Ganaderos (CONFAGAN). Universidad Nacional de Colombia, Red Litobrasil. Medellín, Colombia. pp 235.

BERNAL, J. 2005. Manual de Manejo de Pastos Cultivados para Zonas Alto Andinas, Dirección de Crianzas – DGPA. , consultado en línea el 12 agosto del 2015, disponible en [en enjbernal@minag.gob.pe](mailto:enjbernal@minag.gob.pe)

BECKMANN, O.C. O. KAARSTAD, O.H. LIE, AND I. RICHARDS, 1990. Agriculture and fertilizers. A report from Norsk Hydro. p. 245. Tangen Grafiske Senter, Drammen, Norway.

BILLWEDR. 1993. Fisiología vegetal. Edición México Pág. 692.

CAHUAYA, C.S. 2001. Efecto de la Fertilización Química y Organica en el Rendimiento del Rendimiento del Pasto Brasilerio (*Phalaris sp.*) en Choquenaira- Altiplano Central.

CAÑAS, C.R. 1995 Alimentación y Nutrición Animal: Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. pp 49-69.

CENTENO, R. 2010. Programa de Mejoramiento de Praderas Naturales en las Comunidades Zonas de soniqueria. Municipio Colcha-k, Municipio Nor Lipés. Departamento de Potosí. Bolivia. 55 p.

CHILON, E. 1997. Fertilidad de suelos y Nutrición de plantas. Ediciones CIDAT.

CORDERO, R. 1980. Ensayo de Introducción de *Phalaris*. En: Proyecto de Investigaciones Agropecuarias. INFOL, Bolivia. pp 66-85.

DELGADILLO, J. y MENDIETA, H. 1996. Alfalfa (*Medicago sativa* L.). En: Meneses, R; Waainjenberg, H. y Pierola, L. Las leguminosas en la Agricultura Boliviana: Revisión de información. Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-WAU). Cochabamba, Bolivia. pp 299-315.

DUTHIL, J. 1980. Producción de Forrajes Ediciones Mundi Prensa, 3ra edición. Madrid, España. pp 55-106.

EVANS. L.T. 1983. Fisiología de los cultivos Tradicionales Por Héctor Gonzales I. Buenos Aires, Hemisferio sur Pág. 245-275

FAO 1993. Evaluación de la Fertilidad de los Suelos del altiplano. Roma. pp 4-96.

FAO 1996. Un diagnostico en el campo: Principales Factores Limitantes de la Producción Vegetal, Identificación y Recomendaciones. Proyectos Ferti Suelos, Documento de Campo No 12. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cochabamba, abril 1996. Bolivia. pp 1-43.

GOULD, F.W. y SHAW, R. B.1992. Gramíneas Clasificación Sistemática. 1ra edición. AGT. Editor S. A. México. pp 49-82.

HARTMAN, H. T. 1986. Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. 6ta edición. Editorial CECSA. México. pp 500-596

HERVÉ, D. & V. MITA. 2001. Comparación de rendimiento y respuesta al nitrógeno del suelo de variedades de papa amarga y dulce en el altiplano central boliviano. Resúmenes del X Congreso Cultivos Andinos, 4-7/07/01, Jujuy, Argentina, Fundandes-Cip-Condesan-FAO-IDRCCFI. Pág.58-59.

HUBEARD, W.A. y NICOLSON, H.H. 1978. Comparación de la hierba cinta con mezcla de gramíneas y leguminosas bajo riego, como pasto para ovinos. Centro de Ayuda Regional Técnica CAID. México. pp 318-322.

IBNORCA. 2006. Norma Boliviana NB 312020, Cereales – Quinoa en grano – Determinación de Proteínas totales según el método Kjeldahl. La Paz, Bolivia.

JUSCAFRESCA, B. 1980. Forrajes Fertilización y Valor Nutritivo. 2ed. Ed. AEDOS. España. pp 35-87.

KASS, D.C.L., SYLVESTER – BRADLEY, R. 1997. The role of nitrogen fixation and nutrient supply in some agroforestry systems of the Americas. *Soil biology and Biochemistry*, vol. 29, Pág. 775.

KUMAR, K., AND K.M. GOH. 2000. Crop residues and management practices: Effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. *Adv. Agron.* 68:197-319.

LIEBMAN, M. 1985. Sistema de policultivos In II Curso de Educación a Distancia Agroecología y desarrollo rural Perú. Pág. 117-126.

MACMURTREY, J.E., III, E.W.Chappelle, M.S. Kim J.J. Meisinger, and L.A. Corp. 1994. Distinguishing nitrogen fertilization levels in field con (*Zea mays* L.) with actively induced fluorescence and passive reflectance measurements. *Remote Sens Environ.* 47:36-44.

MAGDR-PDLA (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Programa de Desarrollo Lechero del Altiplano).2001. Producción de Forrajes. Tomo I, 2da, ed. La Paz, Bolivia. pp 15-52.

MENDIETA, H. 1979. Introducción del Pasto Brasileiro (*Phalaris* sp.). VI Reunión Nacional de Pastos y Forrajes y IV Reunión Nacional de Ganadería. IBTA, INFOL, ABOPA. Beni - Bolivia. 440 p.

MENDIETA, H. 1982. Asociación de Pasto Brasileiro y Alfalfa Bajo Riego y Secano establecidos en el mismo periodo. In: Informe Anual de Actividades. IBTA. La Paz- Bolivia. pp 110-116.

MENDIETA, H. 1985. Situación de la Producción de Pastos y Forrajes en el Altiplano de Bolivia. En: Seminario Sobre la Situación Actual de la Producción Ganadera de Pastos y Forrajes en Bolivia. ABOPA. Santa Cruz, Bolivia. pp 8-20.

MONSALVE, O. y ARIAS, J. 1982. –Las asociaciones papa-arveja en los andes Colombianos III Congreso Internacional de los cultivos andinos La Paz Bolivia Pág. 457 – 459.

MORENO A. 2007. Elementos nutritivos. Asimilación, funciones, toxicidad e indisponibilidad en los suelos. Edit. Libros en Red. Pág. 88.

MUSLERA, E. y RATERA, C. 1984. Praderas y Forrajes. Producción y Aprovechamiento. Mundi - Prensa. Madrid España. pp 100 -104.

NICOLAS L. 2003. Cultivos asociados. Universidad Nacional Agraria UNA. Managua. Pag. 3.

NICORA, E. 1987. Los Géneros de Gramíneas de América Austral. ED. Hemisferio Sur. Argentina. P 8-170.

OLIVEIRA A., N. A. DE; RODRIGUEZ, J. D.; ZAMBELO DE P, S. 2000. Analise de crescimento na cultura da batata a diferentes lâminas de irrigacao. Pesq. Agrop. Bras. 35(5). Pág. 901.

ORSKOV, E.R. 1990. Alimentación de los Rumiantes. Ed. ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España. pp 40-75.

PIJNENBORD, et Al 1996. Fijación biológica de nitrógeno pp 67-96. Meneses R. Waaijenberg II Y Pierola L. Ed. Las leguminosas en la agricultura boliviana. Proyecto Rhizobiología Bolivia Cochabamba Bolivia 434 pp.

PERRIN, R.1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. CIMMYT, México D.F.

PUCH, R. 1980. Respuesta a la Fertilización Nitrogenada y Fosfatada del Phalaris. Informe Anual Estación Experimental de Belén. IBTA. La Paz, Bolivia. pp 60-62.

PUCH, R. 1983. Respuesta del Pasto Brasileiro (Phalaris sp.) Al Riego y Fertilización en el Altiplano Norte In: VI Reunión Nacional de Ganadería ABOPA. Y VII Reunión Nacional de Pastos y Forrajes (Potosi, Mayo, 1983). Pp 215-225.

RAUN, W.R. AND G.V. 1999.Improving nitrogen use efficiency for cereal production.Agron. J. 91:357-363. Sadler E.J. W:J. Busscher, P.J. Bauer and D.L.

Karlen. 1998. Spatial scale requirements for precision farming: A Case of Study in the Southeastern USA. Agron J. 90: Pág. 191-197.

REYES, P. 1990. El maíz y su cultivo, Editorial G.G.T. Primera edición, México Pág. 460.

REYES, M. 1990. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales. Bl., 1-2001. Ed. CIAGROS. Fac. De Agronomía, Universidad San Carlos. Guatemala. 31 p.

RODRÍGUEZ, F. 1999. Barreras Vivas para la Conservación del Suelo y Agua en Laderas. Serie Ficha Técnica 1199. Cochabamba - Bolivia. 3 p.

RODRÍGUEZ, F. y MALDONADO, R. 1999. Experiencias en barreras Vivas con Falaris. Proyecto Laderas - UMSS y AGRECOL Andes. Cochabamba - Bolivia. 14 p.

RODRIGUEZ, F. A. 2001. Multiplicación de Falaris en Viveros Familiares. PROFOCE- UMSS. Cochabamba, Bolivia. pp4

ROJAS, F. 2013. Botánica Sistemática. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía UMSA. La Paz, Bolivia.

RUSSELL E. Y WILD A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pág.63-64-65.

SÁNCHEZ, C. 2004. Cultivo y producción de Pastos, Forrajes y Alfalfa. Ed, RIPALME. Lima, Perú. 135 p.

SEFO, SAM. Semillas Forrajeras. Con sede en Tiquipaya, a 13 km de la ciudad de Cochabamba. Se encuentra la planta de Acondicionamiento y el control de calidad de la semilla.

SILVA O.; C. A. DA. 2000. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. Pesq.Agrop. Bras. 35 Pág. 939

TORRICO M. 2000. Cereales (avena y cebada) asociadas con leguminosa en tres comunidades de Cochabamba. Tesis de grado de Agronomía. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. Pág. 27.

TREJOS, M. VEGA, G. 1990. Características del suelo, Fertilidad y nutrición del rosal. Asociación de floricultores de Cochabamba Bolivia 130 pp.

URBANO, D. 2000. Uso del pasto brasilero en las Zonas Altas Merideñas. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Mérida, Venezuela. pp 4

ZARATE, R. 1982. El cultivo de Phalaris tuberosa: Descripción de la parte vegetativa da la Phalaris tuberosa. Boletín No. Huancayo, Perú. pp2.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis físico del suelo, antes de la siembra y después de la cosecha.

Análisis físico de suelo antes de la siembra		En la siembra		Capa arable
Propiedades Físicas	Unidad	0 – 15	15 – 30	0 - 30
Arcilla	%	17	15	16
Limo	%	28,2	24,2	26,2
Arena	%	54,8	60,8	57,8
Sumatoria %	%	100	100	100

Análisis físico de suelo después de la siembra		B1		B2		B3		Capa arable
Prop. Físicas	unidad	0- 15	15- 30	0- 15	15- 30	0- 15	15- 30	0- 30
Arcilla	%	18	18,2	16,8	18	18,6	23,6	18,87
Limo	%	23,2	28,6	32	20	31	25,2	26,67
Arena	%	58,8	53,2	51,2	62	50,4	51,2	54,47
Sumatoria %	%	100	100	100	100	100	100	100

Anexo 2. Protocolo: Determinación de nitrógeno total.

a. Preparación de muestras.

Las muestras obtenidas del cultivo se colocaron a la estufa a una temperatura de 70° C por 24 horas, para obtener los valores en función a la materia seca.

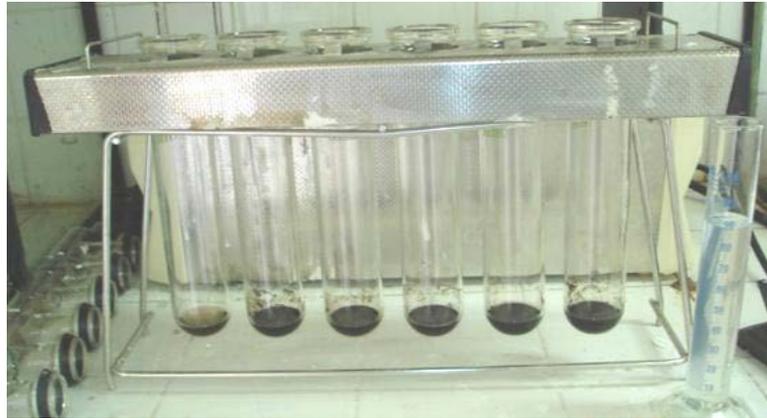
Posteriormente se procedió al molido, con la ayuda de morteros de cerámica, el material finalmente molido se los pasó por dos tamices, obteniendo como último muestras pulverizadas uniformemente. Obtenida las muestras se procede al análisis respectivo.

b. Procedimiento Método Kjeldahl.

Este análisis se realizó con el método Kjeldahl indicado en las normas de IBNORNA (NB 312020), al cual se realizaron algunas modificaciones, siguiendo recomendaciones de la FAO por Greenfield y Southgate (2003).

1. Muestra. Se pesó 0,1g de muestra (M.S.) sobre una balanza analítica de precisión de 0,001g (para los próximos pesos se usó la misma balanza).

2. Digestión. Primero se preparó una mezcla catalizadora con 0,25g de Sulfato cúprico y 5g de Sulfato de potasio. Dentro de los matraces de kjeldahl se colocaron las muestras más la mezcla catalizadora, luego se adicionó 8ml de Ácido sulfúrico concentrado. Los matraces se conectaron al aparato de Kjeldahl por 3 horas y 30 minutos aproximadamente.



Digestor de Kjeldahl.

3. Se dejó enfriar el producto obtenido, luego se agregó con cuidado la cantidad necesaria de una solución de Hidróxido de sodio al 30% hasta neutralizar el Ácido (el medio se hace fuertemente alcalino que se detecta por formación de un precipitado pardo oscuro, eliminado por efecto de la ebullición).

4. Antes de iniciar el proceso de la destilación, en un matraz erlenmeyer se coloca 5ml de una solución de ácido bórico e indicador azul de metilo. Para luego colocar el matraz erlenmeyer en el terminal del equipo de destilación de modo que el terminal libere la solución destilada en la solución bórica.



Matraces con solución de ácido bórico.

5. *Destilación:* se conecta el matraz de Kjeldahl al destilador. El indicador de Ácido bórico se pone un color celeste-verde cuando empieza a destilarse el NH_3 por arrastre en corriente de vapor. Se sigue destilando hasta que el equipo indique la culminación en un tiempo de 2 minutos, obteniendo el producto de la destilación.



Destilador de Kjeldahl.

6. Titulación. Se tituló el producto de la destilación con 0.05N de Ácido sulfúrico hasta producir el cambio de color del indicador a un color rojo, el cual indica el punto final de la titulación. Se anota el volumen gastado.



Reacción del indicador producto de la titulación.

7. Blanco: con fines comparativos se realiza un blanco de reactivos, siguiendo las mismas indicaciones pero sin colocar muestra en el matraz. Se anota el volumen gastado.

Los volúmenes obtenidos después de las titulaciones se remplazaron a las siguientes fórmulas:

$$\%N = \frac{(Vm - Vb) * 1,4007 * N}{m}$$

$$N \text{ mg/kg} = \frac{(Vm - Vb) * N * 14 * 1000}{m}$$

Dónde:

Vm = Volumen de ácido gastado en la titulación de la muestra en ml.

Vb = Volumen de ácido gastado en la titulación del blanco en ml.

N = Normalidad del ácido.

m = Masa de la muestra en g.

Anexo 3. Cálculo de nitrógeno en porcentaje a kg/ha y nitrógeno total a nitrógeno asimilable

1.- Cálculo de peso de suelo

Profundidad = 0.30 m

Largo = 100 m

Ancho = 100 m

$Dap = 1.30 \text{ g/cc} = 1300 \text{ kg/m}^3$

Volumen de suelo = 3000 m^3

$1300 \text{ kg} \text{-----} 1 \text{ m}^3$

$X \text{-----} 3000 \text{ m}^3/\text{ha}$

$X = 3900000 \text{ kg de suelo/ha}$

2.- Cálculo de nitrógeno total de porcentaje a kg/ha antes de la siembra para los cuatro tratamientos (pasto falaris sin asociación, ´pasto falaris + Cuf, pasto falaris + Ranger americano y pasto falaris + Rivera)

Nitrógeno = 0.00945 kg Nt/kg de suelo
0.00945 kg Nt----- 1kg de suelo
X----- 3900000 kg de suelo/ha
X = 36855 Kg de nitrógeno total/ha

3.- Calculo de nitrógeno total de porcentaje a kg/ha después de la cosecha de pasto falaris

Tratamiento 1= Pasto falaris asociado con alfalfa var. Cuf

Nitrógeno = 0.0023805 kg Nt/kg de suelo

0.0023805 kg Nt----- 1 kg de suelo
X----- 3900000 kg de suelo/ha
X = 9283.95 kg de nitrógeno total/ha.

Tratamiento 2= Pasto falaris asociado con alfalfa var. Ranger americano

Nitrógeno = 0.0022311 kg Nt/kg de suelo

0.0022311 kg Nt----- 1 kg de suelo
X----- 3900000 kg de suelo/ha
X = 8701.29 kg de nitrógeno total/ha.

Tratamiento 3= Pasto falaris asociado con alfalfa var. Rivera

Nitrógeno = 0.0004179 kg Nt/kg de suelo

0.0004171 kg Nt----- 1 kg de suelo
X----- 3900000 kg de suelo/ha
X = 1629.81 kg de nitrógeno total/ha.

Tratamiento 0= Pasto falaris sin asociación

Nitrógeno = 0.00007675 kg Nt/kg de suelo

0.00007675 kg Nt----- 1 kg de suelo
X----- 3900000 kg de suelo/ha
X = 299.33 kg de nitrógeno total/ha.

4.-Calculo de nitrógeno total a nitrógeno asimilable con 2% de mineralización de nitrógeno

4.1.- calculo de nitrógeno asimilable antes de la siembra

36855 Kg de nitrógeno total/ha-----100%

X -----2%

$$X = 737.1 \text{ kg nitrógeno asimilable/ha}$$

4.2.- calculo de nitrógeno asimilable después de la cosecha de pasto falaris

Tratamiento 1= Pasto falaris asociado con alfalfa var. Cuf

9283.95 kg de nitrógeno total/ha -----100%

X-----2%

$$X = 185.68 \text{ kg nitrógeno asimilable/ha}$$

Tratamiento 2= Pasto falaris asociado con alfalfa var. Ranger americano

8701.29 kg de nitrógeno total/ha -----100%

X----- 2%

$$X = 174.03 \text{ kg nitrógeno asimilable/ha}$$

Tratamiento 3= Pasto falaris asociado con alfalfa var. Rivera

1629.81 kg de nitrógeno total/ha -----100%

X----- 2%

$$X = 32.60 \text{ kg nitrógeno asimilable/ha}$$

Tratamiento 0= Pasto falaris sin asociación

299.33 kg de nitrógeno total/ha -----100%

X----- 2%

$$X = 5.99 \text{ kg nitrógeno asimilable/ha}$$

Anexo 4. Costos de producción de pasto falaris en asociación con variedades de alfalfa.

Cuadro 1. Análisis de costos de producción, por hectárea (en Bs/ha).

COSTOS DE PRODUCCIÓN					
ESTRUCTURA DE COSTOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	TRATAMIENTO TESTIGO	TRATAMIENTO ASOCIADO
1. MANO DE OBRA:					
1.1. Preparación de terreno	Jornal	3	80	240	240
1.2. Plantación Incorporación de Esquejes y siembra de alfalfa	Jornal	3	80	240	240
1.3. Labores Culturales: deshierbe, Riego	Jornal	2	80	160	160
1.4. Cosecha corte manual	Jornal	3	80	240	240
2. INSUMOS:					
2.1. Esquejes	kg/ha	58	1	58	58
2.2. Semilla de alfalfa	kg/ha	15	36	540	540
3. Maquinaria					
3.1. Tractor arada	Horas	3	120	360	360
COSTO PARCIAL				1298	1838
IMPREVISTOS 10%				129,8	183,8
COSTO TOTAL				1427,8	2021,8

Cuadro 2. Relación beneficio / costo de la asociación pasto falaris con variedades de alfalfa.

COSTOS DE PRODUCCION				
TRATAMIENTOS	COSTOS DE PRODUCCION (Bs/ha)	INGRESOS BRUTOS (Bs)	INGRESO NETO (Bs)	B/C
T1 pasto falaris asociado con alfalfa (var. Kuf)	2021,8	4871,66	2849,86	2,41
T2 pasto falaris asociado con alfalfa (var. Ranger Americano)	2021,8	3883,5	1861,7	1,92
T3 pasto falaris asociado con alfalfa (var. Rivera)	2021,8	2981,61	959,81	1,47
T0 testigo pasto falaris sin asociacion	1427,8	865,08	-582,72	0,6

Anexo 5. Datos tomados en alfalfa y datos obtenidos mediante ANVA

Los datos tomados en alfalfa para materia seca, fueron necesarios para la elaboración de costos de producción.

- **Rendimiento de materia seca (M.S.)**

Este parámetro fue el único medido en alfalfa para el respectivo cálculo de análisis económico, tomando como prioridad al pasto falaris en el resto de las variables. Se determinó la materia seca en el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de Agronomía dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A). Se tomaron muestras al azar de un kilogramo de materia fresca por unidad experimental, de la cual una vez cuarteado, se obtuvo submuestras de 200 gramos, para ser llevado a la estufa a 75 °C durante 48 horas, hasta peso constante. Por diferencia de peso húmedo y peso seco se hallaron los valores de materia seca expresadas en kg/ha, de acuerdo a la metodología recomendada por Cañas (1995).

$$\%MS = \text{peso de forraje (gr)} * 100 / \text{peso húmedo de forraje (gr)}$$

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
BLOQUES	15126,92	3	5042,31	0,85	0,5141	NS
TRATAMIENTOS	2662606,17	2	1331303,08	225,14	<0,0001	**
Error	35479,83	6	5913,31			
Total	2713212,92	11				

TRATAMIENTOS	Medias (kg/ha)	n	E.E.	
(T1) Alfalfa var. Cuf	4254	4	38,45	a
(T2) Alfalfa var. Ranger Americano	3770,75	4	38,45	b
(T3) Alfalfa var. Rivera	3105	4	38,45	C

Anexo 6. Fotografías

Foto 1. Porcentaje de prendimiento



Foto 2. Rendimiento del pasto brasilero



Foto 3. Cosecha del pasto falaris



Anexo 7. Datos de los análisis de varianza realizados en el presente estudio.

- **Porcentaje de prendimiento**

Tratamiento	Pasto Phalaris	Variedad de alfalfa	BLOQUES	% PRENDIMIENTO
T0	Phalaris	sin alfalfa	1	96,7
T1	Phalaris	Var. Cuf	1	99,99
T2	Phalaris	Var. Ranger americano	1	98,6
T3	Phalaris	Var, Rivera	1	99,12
T0	Phalaris	sin alfalfa	2	97,87
T1	Phalaris	Var. Cuf	2	99,7
T2	Phalaris	Var. Ranger americano	2	98,59
T3	Phalaris	Var, Rivera	2	99,45
T0	Phalaris	sin alfalfa	3	97,68
T1	Phalaris	Var. Cuf	3	99,97
T2	Phalaris	Var. Ranger americano	3	98,98
T3	Phalaris	Var, Rivera	3	96,69
T0	Phalaris	sin alfalfa	4	97,58
T1	Phalaris	Var. Cuf	4	99,88
T2	Phalaris	Var. Ranger americano	4	98,97
T3	Phalaris	Var, Rivera	4	99,13

- **Numero de macollos**

Pasto Phalaris	Variedad de alfalfa	BLOQUES	NUMERO DE
Phalaris	sin alfalfa	1	37,3
Phalaris	Var. Cuf	1	89,5
Phalaris	Var. Ranger americano	1	73,4
Phalaris	Var, Rivera	1	59,9
Phalaris	sin alfalfa	2	31,2
Phalaris	Var. Cuf	2	91,3
Phalaris	Var. Ranger americano	2	75,1
Phalaris	Var, Rivera	2	62,5
Phalaris	sin alfalfa	3	35,3
Phalaris	Var. Cuf	3	88,2
Phalaris	Var. Ranger americano	3	78,4
Phalaris	Var, Rivera	3	63,2
Phalaris	sin alfalfa	4	32,2
Phalaris	Var. Cuf	4	98,5
Phalaris	Var. Ranger americano	4	77,8
Phalaris	Var, Rivera	4	64,4

- **Diámetro de corona**

Tratamiento	Pasto Phalaris	Variedad de alfalfa	BLOQUES	diámetro de
T0	Phalaris	sin alfalfa	1	4,7
T1	Phalaris	Var. Cuf	1	13,5
T2	Phalaris	Var. Ranger americano	1	9,98
T3	Phalaris	Var, Rivera	1	8,55
T0	Phalaris	sin alfalfa	2	4,89
T1	Phalaris	Var. Cuf	2	11,67
T2	Phalaris	Var. Ranger americano	2	10,65
T3	Phalaris	Var, Rivera	2	8,95
T0	Phalaris	sin alfalfa	3	4,43
T1	Phalaris	Var. Cuf	3	11,65
T2	Phalaris	Var. Ranger americano	3	8,99
T3	Phalaris	Var, Rivera	3	6
T0	Phalaris	sin alfalfa	4	5,01
T1	Phalaris	Var. Cuf	4	12,45
T2	Phalaris	Var. Ranger americano	4	11,12
T3	Phalaris	Var, Rivera	4	7,1

- **Rendimiento de materia seca de pasto falaris**

Tratamiento	Pasto Phalaris	Variedad de alfalfa	BLOQUES	MATERIA SECA
T0	Phalaris	sin alfalfa	1	1,52
T1	Phalaris	Var. Cuf	1	5,58
T2	Phalaris	Var. Ranger american	1	4,45
T3	Phalaris	Var, Rivera	1	4
T0	Phalaris	sin alfalfa	2	2,1
T1	Phalaris	Var. Cuf	2	4,88
T2	Phalaris	Var. Ranger american	2	5,77
T3	Phalaris	Var, Rivera	2	2,05
T0	Phalaris	sin alfalfa	3	1,18
T1	Phalaris	Var. Cuf	3	5,67
T2	Phalaris	Var. Ranger american	3	2,68
T3	Phalaris	Var, Rivera	3	3,28
T0	Phalaris	sin alfalfa	4	2,33
T1	Phalaris	Var. Cuf	4	6,95
T2	Phalaris	Var. Ranger american	4	3,97
T3	Phalaris	Var, Rivera	4	2,79

- **Altura de planta**

Tratamiento	Pasto Phalaris	Variedad de alfalfa	BLOQUE	ALTURA DE L
T0	Phalaris	sin alfalfa	1	89,5
T1	Phalaris	Var. Cuf	1	165,8
T2	Phalaris	Var. Ranger americ	1	140,6
T3	Phalaris	Var, Rivera	1	136,8
T0	Phalaris	sin alfalfa	2	73,5
T1	Phalaris	Var. Cuf	2	165,8
T2	Phalaris	Var. Ranger americ	2	148,3
T3	Phalaris	Var, Rivera	2	127,9
T0	Phalaris	sin alfalfa	3	98,6
T1	Phalaris	Var. Cuf	3	148,5
T2	Phalaris	Var. Ranger americ	3	140,9
T3	Phalaris	Var, Rivera	3	132,3
T0	Phalaris	sin alfalfa	4	80,4
T1	Phalaris	Var. Cuf	4	189,2
T2	Phalaris	Var. Ranger americ	4	136,5
T3	Phalaris	Var, Rivera	4	129,5

- **Precocidad**

Tratamiento	Pasto Phalaris	Variedad de	BLOQUES	PRECOCIDAD
T0	Phalaris	sin alfalfa	1	94
T1	Phalaris	Var. Cuf	1	87
T2	Phalaris	Var. Ranger	1	88
T3	Phalaris	Var, Rivera	1	89
T0	Phalaris	sin alfalfa	2	91
T1	Phalaris	Var. Cuf	2	89
T2	Phalaris	Var. Ranger	2	87
T3	Phalaris	Var, Rivera	2	85
T0	Phalaris	sin alfalfa	3	90
T1	Phalaris	Var. Cuf	3	86
T2	Phalaris	Var. Ranger	3	82
T3	Phalaris	Var, Rivera	3	88
T0	Phalaris	sin alfalfa	4	93
T1	Phalaris	Var. Cuf	4	85
T2	Phalaris	Var. Ranger	4	83
T3	Phalaris	Var, Rivera	4	86

- **Nitrógeno total**

Tratamiento	Pasto Phalaris	Variedad de	BLOQUES	NITROGENO
T0	Phalaris	sin alfalfa	1	403,3
T1	Phalaris	Var. Cuf	1	2326,7
T2	Phalaris	Var. Ranger	1	2250,5
T3	Phalaris	Var, Rivera	1	1980,8
T0	Phalaris	sin alfalfa	2	430,6
T1	Phalaris	Var. Cuf	2	2486,5
T2	Phalaris	Var. Ranger	2	2289,5
T3	Phalaris	Var, Rivera	2	1896,5
T0	Phalaris	sin alfalfa	3	421,8
T1	Phalaris	Var. Cuf	3	2398,3
T2	Phalaris	Var. Ranger	3	2184,6
T3	Phalaris	Var, Rivera	3	1926,8
T0	Phalaris	sin alfalfa	4	415,9
T1	Phalaris	Var. Cuf	4	2310,5
T2	Phalaris	Var. Ranger	4	2199,8
T3	Phalaris	Var, Rivera	4	1899,7

- **Materia seca de alfalfa**

Tratamiento	Pasto Phal	Variedad de	BLOQUES	MATERIA SEC
T1	Phalaris	Var. Cuf	1	4350
T2	Phalaris	Var. Ranger a	1	3800
T3	Phalaris	Var, Rivera	1	3150
T1	Phalaris	Var. Cuf	2	4250
T2	Phalaris	Var. Ranger a	2	3750
T3	Phalaris	Var, Rivera	2	3050
T1	Phalaris	Var. Cuf	3	4310
T2	Phalaris	Var. Ranger a	3	3699
T3	Phalaris	Var, Rivera	3	3130
T1	Phalaris	Var. Cuf	4	4106
T2	Phalaris	Var. Ranger a	4	3834
T3	Phalaris	Var, Rivera	4	3090