

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



TRABAJO DIRIGIDO

**ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE UN ÁREA VERDE CON
FESTUCA ROJA (*Festuca rubra*) EN LA CIUDAD DE
COCHABAMBA-BOLIVIA**

Mauricio Guillermo Mirabal Alvarado

LA PAZ – BOLIVIA

2006

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

**ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE UN ÁREA VERDE CON
FESTUCA ROJA (*Festuca rubra*) EN LA CIUDAD DE
COCHABAMBA-BOLIVIA**

**Trabajo dirigido presentado como requisito
parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo**

Mauricio Guillermo Mirabal Alvarado

ASESOR

Ing. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera _____

TUTOR

Ing. Lily Alvestegui Bustillo _____

Comité Revisor:

Ing. Hugo Mendieta Pedraza _____

Ing. Frida Maldonado de Kalam _____

Ing. David Callisaya Gutierrez _____

**Vo.Bo. DECANO
FACULTAD DE AGRONOMÍA – U.M.S.A.**

LA PAZ – BOLIVIA

2006

INDICE GENERAL

Contenido	ii
Lista de cuadros	vi
Lista de Figuras	viii
Lista de Gráficas	viii
Lista de Anexos	viii
Resumen	ix

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivo General	2
1.4 Objetivos Específicos	2
1.5 Metas	2
1.6 Variables de respuesta	2
2. SECCION DIAGNOSTICA	3
2.1 Especificaciones del trabajo dirigido para 400 m ² de superficie	3
a) Fase 1: <i>fase inicial de preparación de terreno</i>	3
b) Fase 2: <i>preparado del suelo</i>	3
c) Fase 3: <i>instalación del sistema de riego</i>	3
d) Fase 4: <i>nivelación del terreno</i>	3
e) Fase 5: <i>evaluación de riego</i>	3
f) Fase 6: <i>eliminación de malezas, fertilización de fondo y prevención de enfermedades</i>	4
g) Fase 7: <i>siembra</i>	4
h) Fase 8: <i>riego</i>	4
i) Fase 9: <i>germinación</i>	5
j) Fase 10: <i>corte de césped</i>	5
2.2 Descripción metodológica	5
2.2.1 Señalización y retirado de tepes	5
2.2.2 Roturación de la capa arable del suelo	6
2.2.3 Ruptura de la capa dura	6
2.2.4 Rediseño del sistema de riego	6
2.2.5 Rellenado del terreno	6
2.2.6 Muestreo de suelo	7
2.2.7 Cálculo de fertilizante para el suelo	7
2.2.8 Incorporación del fertilizante	7
2.2.9 Nivelado final del terreno	7
2.2.10 Evaluación del sistema de riego	7

2.2.11 Aplicación de herbicida	8
2.2.12 Aplicación de fungicida	8
2.2.13 Siembra	9
2.2.14 Cubierta de semilla	9
2.2.15 Riego	9
2.2.16 Germinación	10
2.2.17 Frecuencia de riego	10
2.2.18 Cobertura vegetal y altura de la hoja bandera	10
2.2.19 Corte de césped	11
2.2.20 Muestreo de materia verde	11
2.2.21 Muestreo de suelo	12
3. SECCION PROPOSITIVA.	12
3.1 Fase 1: fase inicial de preparación de terreno	12
3.2 Fase 2 y Fase 3: Preparado de suelo e instalación del sistema de riego	13
3.3 Fase 4: Nivelación del terreno	15
3.3.1 Cálculo de cantidad de fertilizantes para 400 m ²	16
a) Cálculo para potasio en 400 m ²	17
b) Cálculo para Fósforo en 400 m ²	17
c) Cálculo para nitrógeno en 400 m ²	17
3.4 Fase 5: Evaluación de riego	18
3.4.1 Evaluación N° 1	18
a) Coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU) en porcentaje	22
b) Uniformidad de distribución (UD) en porcentaje	22
c) Precipitación media	22
d) Pluviometría media recogida	22
e) Tasa de aplicación (qr)	22
f) Eficiencia de aplicación (Ea)	23
3.4.2 Evaluación N° 2	24
3.4.3 Evaluación N° 3	27
3.4.4 Cálculo de frecuencia y tiempo de riego	30
a) Velocidad de infiltración básica	30
b) Tasa de aplicación promedio	31

c) Tiempo de escorrentía promedio	31
3.5 Fase 6: Prueba de germinación, eliminación de malezas, fertilización del suelo y prevención de enfermedades	32
3.5.1 Prueba de germinación	32
3.5.2 Aplicación de herbicida	32
3.5.3 Nivelación del terreno	32
3.5.4. Fertilización del suelo	33
3.5.5. Aplicación de fungicida	33
3.6 Fase 7: Siembra	33
3.7 Fase 8: riego	34
3.7.1 Tensiometría	34
3.7.2 Tiempo y frecuencia de riego	35
a) requerimiento de lámina de agua por el cultivo	35
b) Cálculo de la lámina de riego neta (Zn)	36
c) Cálculo de la lámina de riego bruta (Zb) a aplicar	36
d) Tasa de aplicación (qr)	36
e) Tiempo de riego (tr)	36
f) Frecuencia de riego por oportunidad de riego (For)	37
3.7.3 Problemas causados por la precipitación pluvial	38
3.8 Fase 9: Germinación	39
3.8.1 Altura de crecimiento, cobertura vegetal y porcentaje de germinación	39
3.9 Fase 10: corte de césped	40
3.9.2 Fertilización nitrogenada para 400 m ²	41
3.9.2.1 Cálculo de nitrógeno disponible en el suelo.	42
a) Cantidad de Nitrógeno total del suelo (Nts) por 400 m ²	43
b) coeficiente de mineralización	43
3.9.2.2 Cantidad de nitrógeno foliar (Nft)	43
3.9.3 Segunda fertilización nitrogenada para 400 m ²	44
3.9.4 Reinicio del riego por aspersión	45
3.9.5 Reajuste de tiempo para corte de césped	45
3.9.6 muestreo del suelo	45
3.10. Resultados y discusiones	46

3.10.1 Comparación de los resultados de los análisis del suelo original y suelo preparado	46
3.10.1.1 Características del suelo original	47
a) Interpretación de los análisis físico – químico del suelo original	48
3.10.1.2 Características del suelo preparado	49
a) Interpretación del análisis físico – químico del suelo preparado	50
b) Salinidad del suelo preparado	52
c) Fertilidad del suelo preparado	52
d) Contenido de materia orgánica en el suelo preparado	52
e) Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo preparado	53
3.10.2 Deshierbe químico y manual	54
3.10.3 Porcentaje de germinación	55
3.10.4 Cobertura vegetal	56
3.10.5 Altura de hoja bandera	57
3.10.6 Frecuencia de corte de césped	59
3.10.7 Correlación entre la altura de hoja y la cobertura foliar	60
a) Correlación entre la altura de hoja y la cobertura foliar antes del primer corte de césped	60
b) Correlación de la altura de hoja y cobertura foliar antes y después del primer corte de césped	61
3.10.8 Índice de área foliar	62
3.10.9 Rendimiento en materia verde y seca	65
3.10.9.1 Rendimiento en materia verde	66
3.10.9.2 Rendimiento en materia seca	68
3.10.9.3 Relación entre la cantidad de materia seca y la absorción de nutrientes	71
a) Cantidad de materia seca en relación a la cantidad de nitrógeno absorbido.	71
b) Cantidad de materia seca en relación a la	

cantidad de potasio absorbido	75
c) Cantidad de materia seca en relación a la cantidad de fósforo absorbido	76
3.10.10 Contenido de NPK en el suelo y en la materia seca.	76
3.10.10.1 Contenido de nitrógeno en el suelo	76
3.10.10.2 Contenido de nitrógeno en el suelo y en la materia seca	78
3.10.10.3 Contenido de nitrógeno en relación al rendimiento de materia seca	80
3.10.10.4 Relación de uso del nutriente nitrógeno	81
3.10.10.5 Contenido de fósforo en el suelo y en la materia seca	82
3.10.10.6 Contenido de potasio en el suelo y en la materia seca	83
3.10.11 Rango de requerimiento de nutrientes NPK	84
3.10.12 Relación carbono nitrógeno	85
3.10.13 Cronograma de mantenimiento para festuca roja	85
a) Altura de corte de césped	86
b) Fertilización	86
c) Riego	86
d) Aereado	86
e) Control de malezas, plagas y/o enfermedades	87
3.10.14 Cronograma anual de mantenimiento	87
4. SECCIÓN CONCLUSIVA	89
4.1 Conclusiones	89
4.2 Recomendaciones	90
5. LITERATURA CITADA	90
6. ANEXOS	93
LISTA DE CUADROS	
Cuadro 1 Características de boquillas de aspersores Rain Bird T 1800	16
Cuadro 2 Datos de campo de la evaluación de riego 1	21
Cuadro 3 Cálculos matemáticos de la caracterización de riego 1	23

Cuadro 4 Datos de campo de la evaluación de riego 2	26
Cuadro 5 Cálculos matemáticos de la caracterización de riego 2	27
Cuadro 6 Datos de campo de la evaluación de riego 3	29
Cuadro 7 Cálculos matemáticos de la caracterización de riego 3	30
Cuadro 8 Datos de los cálculos realizados para tiempo y frecuencia de riego	37
Cuadro 9 Resumen de cortes de césped y muestreo de hierba cortada	41
Cuadro 10 Análisis físico – químico de suelos	42
Cuadro 11 Análisis bromatológico de festuca roja	42
Cuadro 12 Datos de nitrógeno disponible en el suelo	43
Cuadro 13 Datos de contenido de nitrógeno en materia seca de festuca roja	44
Cuadro 14 Informe de análisis de suelo original	48
Cuadro 15 Interpretación del análisis de suelo original	48
Cuadro 16 Calificación del suelo original	49
Cuadro 17. Informe de análisis de suelo preparado	50
Cuadro 18. Interpretación del análisis de suelo preparado	51
Cuadro 19 Calificación del suelo preparado	51
Cuadro 20 Contenido de nutrientes del suelo preparado	53
Cuadro 21 Cobertura vegetal de festuca roja	55
Cuadro 22 Altura de hoja bandera	58
Cuadro 23 Frecuencia de corte de césped	60
Cuadro 24. Correlación de la altura de hoja bandera vs. Cobertura vegetal antes de la frecuencia de corte de césped	61
Cuadro 25: Correlación entre la altura de hoja y cobertura vegetal	62
Cuadro 26. Índice de área foliar	64
Cuadro 27 Rendimiento en materia verde de festuca roja	67
Cuadro 28 Rendimiento en materia seca de festuca roja	68
Cuadro 29 Rendimiento de materia seca con respecto a materia verde de festuca roja	69
Cuadro 30 Interpolación del rendimiento de materia verde y seca	71
Cuadro 31 Resumen del análisis bromatológico de festuca roja	72
Cuadro 32 Resumen del análisis bromatológico de festuca roja en	

kilogramos para 400 m ²	73
Cuadro 33 Interpolación de los datos de análisis bromatológico de festuca roja en kilogramos para 400 m²	74
Cuadro 34 Resumen del contenido NPK en tres muestras de suelo	77
Cuadro 35 Resumen del contenido de NPK del suelo en kilogramos para 400 m²	77
Cuadro 36 Estimación del contenido de nitrógeno en el suelo en base al análisis de suelo y análisis bromatológico de festuca roja	79
Cuadro 37 Relación carbono nitrógeno en festuca roja	85
Cuadro 38 Cronograma anual de mantenimiento para festuca roja	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Disposición de los pluviómetros relativa a los aspersores	20
Figura 2 Disposición de los pluviómetros relativa a los aspersores	25
Figura 3 Disposición de los pluviómetros relativa a los aspersores	28

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Cobertura foliar de festuca roja	56
Gráfica 2 Altura de hoja bandera de festuca roja	58
Gráfica 3 Índice de área foliar	64
Gráfica 4 Rendimiento en materia verde de festuca roja	68
Gráfica 5 Rendimiento en materia seca de festuca roja	69
Gráfica 6 Rendimiento de materia verde y seca de festuca roja	70
Gráfica 7 contenido de NPK en materia seca de Festuca roja	74
Gráfica 8 Cantidad de materia seca de Festuca roja	75

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Rediseño del sistema de riego
Anexo 2. Informes de análisis de suelos
Anexo 3. Áreas de medición de humedad del suelo
Anexo 4. Informes de análisis bromatológico de Festuca roja

RESUMEN

El presente trabajo dirigido fue realizado en los jardines del Templo de la Corporación del Obispado Presidente de la Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días, teniéndose como objetivo el establecer y mantener un área verde con la especie festuca roja (*Festuca rubra*).

El trabajo se inició con la eliminación del kikuyo (*Penissetum clandestinum*), posteriormente se eliminó la capa arable, que fue sustituida por un sustrato compuesto de limo, arena, chala de arroz, estiércol descompuesto de gallina y turba en una proporción de 6:4:2:2:1.

En el transcurso del trabajo se reinstaló el sistema de riego por aspersión habiéndose calibrado el mismo para su uso posterior.

En el mes de enero del 2005 se procedió a la siembra de la festuca roja con una densidad de 663 kg/ha.

En el transcurso del trabajo se tomaron en cuenta las siguientes variables de respuesta: comparación de los resultados de los Análisis físico – químico de muestras de suelo antes, durante y después del ensayo; el tiempo de germinación al 51% de emergencia, la cobertura vegetal y longitud de hoja bandera; el rendimiento en materia verde por metro cuadrado de superficie; el rendimiento en materia seca por metro cuadrado de superficie y la frecuencia de corte de césped.

Como resultados del trabajo, se obtuvo un lecho de tierra apropiado para el establecimiento de la festuca roja, se consiguió un césped de color verde oscuro y apariencia saludable; la especie *Penissetum clandestinum*, no se convirtió en un problema en el establecimiento del área verde con festuca roja; el tiempo de germinación al 51% de emergencia se dio en un lapso de tiempo de siete días, la cobertura vegetal al 100% se consiguió en 74 días, siendo la frecuencia de corte de 7, 5 días en promedio; finalmente, se logró elaborar un plan de mantenimiento anual para la especie establecida.

En conclusión, se estableció con éxito el área verde con festuca roja; el lecho de tierra que se preparó, permitió un establecimiento rápido del área verde con una buena profundidad de raíces y un contenido de nutrientes básicos moderado.

El rendimiento de materia seca de festuca roja, tiene una relación directamente proporcional al rendimiento de materia verde recolectada y el plan de mantenimiento aplicado de acuerdo a la bibliografía consultada, arrojó resultados que podrán ser utilizados para el determinar el futuro comportamiento del área verde establecida con festuca roja

1. INTRODUCCION

1.1 Descripción del problema

En el año 2000 fueron entregados como obra terminada, los jardines del Templo de la Corporación del Obispado Presidente de la Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días (C.O.P.I.J.S.U.D.), con un área total de césped de 10000 metros cuadrados aproximadamente; que incluía tres especies cespitosas que en el transcurso de cuatro años fueron invadidas casi en su totalidad por el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Se probaron diversos métodos de mantenimiento para poder convivir con la especie invasora y lograr los objetivos de la institución en cuanto al área verde; pero, a causa de la diversidad de relieve y microclima presente en los jardines, tales objetivos no pudieron cumplirse en un 100%, requiriéndose buscar otra alternativa para lograr un verdor parejo y saludable en los jardines de la institución.

1.2 Justificación

En los jardines de la institución C.O.P.I.J.S.U.D., se tiene como objetivo tener un área de césped prolijo y de un verde oscuro todo el año, situación que hasta hoy ha resultado difícil por el comportamiento del kikuyo; el cual, entra en dormancia y se torna de un color amarillo en la época de invierno y en condiciones de sombra (Ortho's, 1999); por tanto, el presente trabajo dirigido tiene como propósito eliminar el kikuyo de 400 metros cuadrados de superficie y sembrar Festuca roja; la cual, posee cualidades de apariencia y manejo aptas para obtener los resultados esperados por el objetivo ya señalado.

1.3 Objetivo General

- Establecer y mantener un área verde con la especie Festuca roja (*Festuca rubra*) en los jardines de la institución C.O.P.I.J.S.U.D. en la ciudad de Cochabamba – Bolivia.

1.4 Objetivos Específicos

- Conseguir un adecuado lecho de tierra para sembrar una nueva área verde.
- Establecer un área verde de la especie Festuca roja (*festuca rubra*).
- Aplicar un plan de mantenimiento para el área a establecer.

1.5 Metas

- Establecer y mantener 400 metros cuadrados de área verde con la especie Festuca roja.
- Erradicar la presencia de kikuyo antes de la siembra de Festuca roja.
- Lograr un área verde uniforme en emergencia, tamaño y color verde oscuro hasta el quinceavo corte de césped.

1.6 Variables de respuesta.

Para el presente trabajo se tomaron en cuenta las siguientes variables de respuesta:

- Comparación de los resultados de los Análisis físico - químico de muestras de suelo antes, durante y después del ensayo.
- Tiempo de germinación al 51% de emergencia.
- Cobertura vegetal y longitud de hoja bandera.
- Rendimiento en materia verde por metro cuadrado de superficie
- Rendimiento en materia seca por metro cuadrado de superficie
- Frecuencia de corte de césped.

2. SECCION DIAGNOSTICA

2.1 Especificaciones del trabajo dirigido para 400 m² de superficie

El trabajo se ejecutó en ocho fases:

a) Fase 1: *fase inicial de preparación de terreno*; se marcó la posición de los aspersores del sistema de riego con estacas de madera; se removió el tepe de kikuyo con azadones y se limpió el área de siembra con rastrillos, palas y carretillas.

En esta fase se realizó un muestreo del suelo hasta una profundidad de 20 cm (Chilón, 2004), la muestra fue enviada al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de San Simón; de donde se obtuvo, un informe de análisis físico - químico.

b) Fase 2: *preparado del suelo*; donde se removió el terreno con picotas; se tamizó parte de la tierra del lugar; se uso agua – nivel, estacas e hilo de poliamida (hilo de pescar) para el nivelado de la profundidad del terreno; posteriormente para rellenar el terreno, se usó tierra preparada compuesta de limo, arena, chala de arroz, estiércol descompuesto de gallina y turba en una proporción de 6:4:2:1:1

En esta fase se realizó un muestreo del suelo hasta una profundidad de 30 cm, la muestra fue enviada al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de San Simón, de donde se obtuvo, un informe de análisis físico - químico.

c) Fase 3: *instalación del sistema de riego*; para esto, se usaron picos y palas; tubería pvc esquema 40 de 1, $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgadas, acoples, aspersores de la serie 1800 (Rain bird), limpiador y cemento para pvc (Rain Bird, 2002).

d) Fase 4: *nivelación del terreno*, para ello se usaron agua - nivel, estacas, hilo de poliamida, barras de metal, palas, rastrillos (Christians, 2002).

e) Fase 5: *evaluación de riego*, se escogieron tres áreas del terreno para realizar la evaluación de riego, que consistió en recoger en pluviómetros, la precipitación de agua proveniente de los aspersores.

Cada prueba tuvo una duración de 15 minutos y con los resultados obtenidos se calculó el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU), La uniformidad de distribución (UD), la precipitación media (Pm), la precipitación media recogida (Hm), la tasa de aplicación (Qr) y la eficiencia de aplicación (Ea) (Torrejón, 2001).

f) Fase 6: *eliminación de malezas, fertilización del suelo y prevención de enfermedades*, en esta fase y antes de la siembra, se eliminaron las malezas y la presencia de kikuyo con el herbicida Gramoxone, cuyo nombre técnico es Paraquat (100 cc/mochila)

Con los resultados del análisis de suelos, se hizo un cálculo de la cantidad de fertilizante a incorporar en el suelo y se aplicó 175 kg de urea por hectárea, que equivalen a 7 kg de urea (46-00-00) por 400 metros cuadrados; posteriormente se rastrilló el terreno y se aplicó a la superficie del suelo húmedo el fungicida captan (60 g/mochila).

g) Fase 7: *siembra*, el mismo día de la siembra y antes de la misma, se hizo un muestreo del suelo.

La siembra se realizó con semilla de Festuca roja (26,5 kg/ 400 m² ó 663 kg/ ha); para ello, se usaron: distribuidores de semilla para la siembra; rastrillos de alambre para cubrir la semilla; rodillo para asentar la semilla y una capa aproximada de 2 a 3 mm de turba cernida para la cubierta final de la semilla (Christians, 2002)

h) Fase 8: *riego*, se realizó una evaluación de riego, con cuyos resultados, se hizo el cálculo de frecuencia y tiempo de riego.

Concluida la fase cinco se procedió a regar diariamente, suspendiéndose el riego en caso de precipitación pluvial.

Cuando las primeras hojas del césped alcanzaron aproximadamente los 2,5 cm de altura, se reformuló el tiempo y frecuencia de riego para cubrir el requerimiento del cultivo de 25,5 mm de agua por semana (Ortho's, 1999).

Para determinar la humedad del suelo, se utilizó un tensiómetro de jardinería.

i) Fase 9: *germinación*, en esta fase se cuantificó en condiciones de campo: el tiempo en que la germinación de la semilla de festuca roja alcanzó el 51% de emergencia, la longitud de la hoja bandera hasta antes de la primera siega y el porcentaje de cobertura vegetal, para ello se utilizó una cinta métrica y un medidor de cobertura vegetal respectivamente.

j) Fase 10: *corte de césped*, cada vez que el césped alcanzaba una altura comprendida entre los 7,5 a 8 cm de altura se procedía a cortar el mismo haciendo uso de la segadora de césped (Grassfarm, 2003).

Se tomaron muestras de un kilogramo de cada corte de césped; el peso de la muestra fue medido con un dinamómetro de bolsillo (romana).

En esta fase se realizó un muestreo del suelo hasta una profundidad de 25 cm, la muestra fue enviada al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de San Simón, de donde se obtuvo, un informe de análisis físico - químico.

2.2 Descripción metodológica

2.2.1 Señalización y retiro de tepes

Haciendo uso de estacas de madera, se procedió a señalar la ubicación de los aspersores; posteriormente para eliminar la mayor cantidad de rizomas y semilla de kikuyo; con la ayuda de azadones, se quitaron tepes de kikuyo de aproximadamente 9 cm de espesor.

En esta etapa se realizó un muestreo del suelo de acuerdo al método de Chilón (1994), que consistió en tomar varias muestras de suelo en zig-zag, luego se mezclaron todas las muestras y se realizó un cuarteo, tomando una muestra al azar de aproximadamente un kilogramo de peso, la muestra elegida se colocó en una bolsa de papel previamente identificada.

La muestra fue enviada al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de San Simón, de donde se obtuvo el informe de análisis de fertilidad (ver anexo 2, N° Lab. 1050).

2.2.2 Roturación de la capa arable del suelo.

La capa arable del suelo fue roturada y la mayor parte de ella desechada del área de ensayo, quedando una porción de tierra del lugar, que posteriormente fue cernida y usada como relleno de base.

2.2.3 Ruptura de la capa dura

Posteriormente al roturado y extracción de la capa arable del suelo, se procedió a la ruptura de la capa dura del suelo hasta los 30 cm de profundidad; la capa de suelo removida fue desechada.

Se utilizaron estacas, agua – nivel e hilo de poliamida para uniformizar la profundidad de suelo a extraerse y suavizar la pendiente; luego se procedió a remover nuevamente el suelo hasta 15 cm de profundidad con el fin de proporcionar drenaje al sitio.

2.2.4 Rediseño del sistema de riego.

Para el rediseño del sistema de riego primeramente se descubrieron las tuberías y accesorios del sistema enterrado en el área de ensayo; posteriormente y de acuerdo al plano ya existente del sistema de riego (Ver anexo N° 1), se procedió a ejecutar el rediseño tomando en cuenta las características de cada aspersor y sus boquillas.

Luego de que cada parte del sistema de riego fue ubicado en su respectivo lugar, se procedió a cubrir y señalar las tuberías y accesorios del sistema con una capa de arena de aproximadamente 10 cm de espesor y una cinta amarilla que indica precaución.

2.2.5 Rellenado del terreno

Se rellenó el terreno con una mezcla consistente en limo, arena, chala de arroz, turba y estiércol descompuesto de gallina en las siguientes proporciones: 6:4:2:1:1.

Con la ayuda de rastrillos se procedió al primer nivelado del área.

2.2.6 Muestreo de suelo.

Luego del rellenado y nivelado preliminar, se hizo un muestreo de suelo; la muestra fue enviada al laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de San Simón, de donde se obtuvo un informe de análisis físico químico del suelo (Ver Anexo 2, N° LAB. 1060)

2.2.7 Cálculo de fertilizante para el suelo.

Con los datos del análisis físico – químico del suelo se procedió a calcular la cantidad de fertilizante a añadirse al suelo, según el método enseñado por Chilón (1994).

El informe de análisis de suelo reportó un nivel alto de los nutrientes fósforo y potasio; añadiéndose al suelo solo nitrógeno en forma de urea al 46 %, en una cantidad de 7 kg para llegar a un nivel requerido por el cultivo de 4 kg de nitrógeno para 400 metros cuadrados o 100 kg de nitrógeno por hectárea (Ruiz, 2003).

2.2.8 Incorporación del fertilizante.

Con la ayuda de un aspersor de fertilizante, se aplicó urea al 46 % en toda la superficie del terreno; posteriormente, se incorporó el fertilizante con la ayuda de un pequeño rotovator de dos tiempos y azadones hasta una profundidad aproximada de 15 cm.

2.2.9 Nivelado final del terreno.

Con la ayuda de rastrillos, estacas e hilo de pescar, se procedió a nivelar el terreno de forma definitiva.

2.2.10 Evaluación del sistema de riego.

Posterior al nivelado del suelo, se activó el sistema de riego y se reguló la

dirección de salida de agua de las boquillas de cada aspersor, se observó la distribución de agua sobre la superficie, y se limpió el sistema con la ayuda de la presión del agua emergente.

De acuerdo a lo observado se reubicó un aspersor y se añadió otro para mejorar la distribución de agua sobre la superficie del suelo.

Se dejó asentar el suelo por un espacio de 4 semanas, tiempo en el cual, se regó y se hizo una evaluación del sistema de riego; la evaluación consistió primeramente en recoger el agua que distribuía cada aspersor por áreas y por tiempo, utilizando recipientes (pluviómetros), ubicados en diferentes posiciones del radio de alcance del aspersor (Christians, 2002).

Se realizaron tres pruebas en tres diferentes áreas del terreno; cada prueba tuvo una duración de 15 minutos.

Con los resultados obtenidos y de acuerdo al método utilizado por Torrejón (2001), se procedió a la caracterización del riego, calculándose el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU), La uniformidad de distribución (UD), la precipitación media (Pm), la precipitación media recogida(Hm), la tasa de aplicación (Qr) y la eficiencia de aplicación (Ea).

Posteriormente y de acuerdo a lo recomendado por el ingeniero Apaza, supervisor asignado por la institución para el presente trabajo dirigido, se observó y se midió el tiempo en que se formaba el espejo de agua sobre la superficie del terreno y que señalaba el inicio de escorrentía; posteriormente, se obtuvo por tablas la velocidad de infiltración básica (VIB)

2.2.11 Aplicación de herbicida.

En el tiempo en que se asentaba el suelo, germinaron diferentes especies de malezas; las cuales, fueron eliminadas con la aplicación del herbicida de contacto Paraquat (Gramoxone) en una dosis de 100 cc por 20 litros de agua para una superficie de 400 m².

2.2.12 Aplicación de fungicida.

Para prever el posible ataque de hongos en la etapa de germinación de la festuca roja, se procedió a aplicar a toda el área el fungicida Captan en una dosis

de 60 gramos por 20 litros; para ello, primeramente se rastrillo el terreno, luego se regó por el espacio de dos minutos para humedecer la superficie del suelo y finalmente se aplicó el fungicida con una mochila de fumigación de 20 litros de capacidad.

2.2.13 Siembra.

Diez días antes de la siembra, se realizó una prueba de germinación con tres repeticiones; para la prueba se usaron tres cajas petri, papel filtro y tres muestras de 100 semillas de festuca roja.

Un día después de la aplicación del fungicida, se procedió a preparar el terreno para la siembra utilizando un rastrillo de alambre para remover la superficie del suelo.

Para una mejor distribución de la semilla sobre la superficie del terreno, el total de semilla a sembrarse fue dividido en dos lotes de aproximadamente 13, 25 kg.

Cada lote fue sembrado con la ayuda del distribuidor de semilla; el primer lote de semilla fue distribuido en dirección norte a sur y el segundo lote en dirección este a oeste.

2.2.14 Cubierta de semilla.

Para cubrir la semilla, se rastrillo suavemente el suelo con la ayuda de rastrillos de alambre, posteriormente, el área rastrillada fue cubierta con turba cernida; el espesor de la capa de turba fue de aproximadamente de 2 a 3 mm, finalmente para permitir un mejor contacto de la semilla con el suelo, se apisonó el terreno con la ayuda de un rodillo.

2.2.15 Riego.

Antes de aplicar riego al área sembrada, se procedió a medir la humedad del suelo a una profundidad de 5 cm con la ayuda de un tensiómetro de jardinería.

Con los datos obtenidos de la evaluación de riego, se programó el sistema de riego de la siguiente manera:

Se tomó en cuenta el promedio de la tasa de aplicación (qr) y la velocidad de infiltración básica (VIB); se aplicaron 1,82 mm de agua por 2 minutos, con una frecuencia de riego de 60 minutos; el riego se iniciaba a las 6 de la mañana y terminaba a las 6 de la tarde; siendo el total aplicado de 21,84 mm de agua por jornada de trabajo diaria.

Como la siembra fue realizada en época de lluvias, el riego por aspersión se suspendía cada vez que se presentaba lluvia en la zona del ensayo.

2.2.16 Germinación.

Desde el inicio de la germinación, se observó a los siete días después de la siembra la uniformidad de aparición de la primera hoja de festuca roja y se determinó por simple observación en que espacio de tiempo emergió el 51 por ciento o más de la semilla sembrada.

2.2.17 Frecuencia de riego.

Cuando el césped alcanzó en promedio los 2,5 cm de altura, se reformuló la frecuencia de riego a dos veces por semana de la siguiente manera:

Se tomaron en cuenta los resultados del análisis de suelo, la evaluación de riego, el requerimiento de agua por el cultivo, es decir, 25,5 mm de agua cada 7 días (Christians, 2002); luego se calculó la lámina de riego bruta a aplicar y la frecuencia de riego.

Se tuvieron dos oportunidades de riego por semana, En Cada oportunidad de riego se aplicó una lámina bruta de 16,35 mm de agua divididos en 3 golpes de riego de 6 minutos con una frecuencia de riego de 60 minutos.

El riego se realizó por la noche y se suspendió en caso de lluvia.

2.2.18 Cobertura vegetal y altura de la hoja bandera.

Un día después de haberse observado la germinación de la festuca roja, se procedió a calcular el porcentaje de cobertura vegetal en un metro cuadrado de superficie; se tomaron doce muestras al azar.

La cobertura vegetal se midió con una frecuencia de tres días hasta el primer corte de césped; posteriormente, se midió la cobertura foliar después de cada corte de césped, lográndose un 100 por ciento de cobertura vegetal en el décimo corte de césped.

Para medir la altura de la hoja bandera, se colocaron al azar en el área sembrada, 60 palitos de helado, sobre los cuales, se marcaba y se medía la altura diaria alcanzada por la hoja bandera de la festuca roja.

La altura de la hoja bandera se midió diariamente hasta el primer corte de césped

2.2.19 Corte de césped.

Cuando el césped alcanzó una altura promedio de 8 cm se procedió al primer corte a 5 cm de altura.

El corte se realizó con una segadora de césped a tracción marca Honda, el césped cortado se recolectó en bolsas plásticas.

Luego del primer corte, se colocaron en el área de ensayo y al azar, 30 palitos de helado para contabilizar el tiempo de repique; cada palito presentaba una marca a 7,5 cm de altura.

Cada vez que la mayor parte del césped alcanzaba una altura promedio de 7,5 a 8 cm, se procedía al corte del mismo.

Antes de cada corte se retiraban los palitos de helado y se los volvía a colocar después de cada corte de césped.

2.2.20 Muestreo de materia verde.

En todo el tiempo que duró el ensayo, se realizaron 15 cortes de césped con una frecuencia promedio de 7,5 días; la materia verde extraída de cada corte, fue pesada y registrada para su posterior evaluación.

De cada corte por medio, se tomó una muestra de hierba cortada; la cual, fue enviada al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de San Simón, de donde se obtuvo un informe de análisis bromatológico que comprendía materia seca, contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y la relación carbono – nitrógeno.

El total de muestras enviadas al laboratorio fue de ocho y cada muestra pesaba un kilogramo.

2.2.21 Muestreo de suelo.

En la fase final del ensayo, luego del último corte de césped, se realizó un muestreo de suelo de acuerdo al método de Chilón (1994), que consiste en sacar muestras de pan de tierra al azar en zig-zag para posteriormente mezclar y realizar el cuarteo respectivo obteniéndose una muestra de suelo de un kilogramo de peso. Para el muestreo de suelo, se retiró la cobertura foliar de aproximadamente 3 cm de espesor y se extrajo el pan de tierra a una profundidad de 25 cm.

Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de San Simón, de donde se obtuvo, un informe de análisis físico – químico de suelos para determinar la extracción aparente de nutrientes del suelo.

3. SECCION PROPOSITIVA.

3.1 Fase 1: fase inicial de preparación de terreno.

En fecha 18 al 19 de noviembre del 2004 se inició la fase 1 de las labores de establecimiento de un área de césped con festuca roja (*Festuca rubra*) en los predios del Templo de la corporación del Obispado Presidente de La Iglesia de Jesucristo De Los Santos De Los Últimos Días (C.O.P.I.J.S.U.D).

En esta fase se retiraron 400 metros cuadrados de tepe de kikuyo (*Penissetum clandestinum*).

Se midió la profundidad de la capa arable en tres puntos del área a establecer siendo el promedio de 9 cm de profundidad y se tomó una muestra de suelo



3.2 Fase 2 y Fase 3: Preparado de suelo e instalación del sistema de riego.

Estas dos fases tuvieron una duración de 20 días en su ejecución, donde se realizó el removido de terreno de 400 metros cuadrados.



Posteriormente se procedió al removido de la capa dura del suelo con la ayuda de picotas.

Se pusieron estacas con hilo de poliamida para dar el nivel a excavar, de igual manera se procedió a usar el agua nivel para establecer las cotas de referencia y dar la profundidad a cavar, así mismo, se procedió a descubrir las tuberías de riego.



Posteriormente se hizo una inspección de acuerdo a líneas de nivel de la profundidad de excavación, encontrándose en una profundidad de 30 cm aproximadamente el 80% del terreno.

El 26 de noviembre se comenzó con la fase tres de las especificaciones del trabajo dirigido al mismo tiempo que se continuó con el removido de la cada dura del suelo; se colocaron dos nuevos aspersores y se reubicaron algunos aspersores del circuito de riego número 8 área sur de acuerdo a rediseño (ver anexo 1).



En esta fase se hizo la compra de 30 metros cúbicos de chala de arroz mezclado con estiércol descompuesto de gallina en una relación de 2:1, se compraron 10 metros cúbicos de arena y 10 metros cúbicos de limo, material que fue mezclado con la ayuda de la pala del tractor.

Posteriormente y con la ayuda de carretillas, se rellenó el área de 400 metros cuadrados con la tierra preparada.



En fecha 7 de diciembre se terminó de rellenar el área de ensayo y se procedió a cubrir el terreno con turba a un espesor de 4 cm, utilizándose 14 metros cúbicos del mencionado material.

Seguidamente, se procedió a mezclar la turba con la tierra preparada haciendo uso del rotovalor y azadones;

La relación final de la mezcla de tierra preparada con la adición de la turba fue de 6:4:2:1:1, a continuación, se hizo un muestreo de suelo.

3.3 Fase 4: Nivelación del terreno

Esta fase tuvo una duración de 20 días, donde se inició con el nivelado del área de 400 metros cuadrados haciéndose uso de barras de metal e hilo de nivel.

Posteriormente se procedió a la corrección de posición de boquillas y cambio de las mismas en los aspersores del sistema de riego; las características de las boquillas utilizadas se describen en el cuadro 1

Al observar la distribución de agua sobre el terreno; se encontró que una pequeña zona, al este del área de ensayo, no era mojada por los aspersores y se procedió a incluir un aspersor más para cubrir esta deficiencia.

Cuadro 1 Características de boquillas de aspersores Rain Bird T 1800

Ítem	Tipo de boquilla	Cantidad	Presión a la que trabaja (bar)	Radio de cobertura (m)	Precipitación (mm/h)
1	12 H	1	2,1	3,7	47
2	15 Q	1	2,1	4,6	43
3	15 H	12	2,1	4,6	43
4	15 VAN	3	2,1	4,6	43
5	U 15 H	5	2,1	4,6	43
6	15 F	5	2,1	4,6	43
7	15 TT	1	2,1	4,6	43
8	15 T	1	2,1	4,6	43
9	15 SST	3	2,1	4,6	43

Fuente: Rain Bird catálogo, 2002

En la quincena comprendida entre el 19 de diciembre del 2004 y el 2 de enero del 2005 se observó la emergencia de varias especies de maleza, incluida la de kikuyo (*Penissetum clandestinum*).



en esta fase se procedió a realizar el cálculo de la cantidad de nutrientes del suelo de acuerdo a los resultados del análisis físico – químico (ver anexo 2 N° lab. 1060), para determinar la cantidad de fertilizantes que se iba a añadir al terreno.

3.3.1 Cálculo de cantidad de fertilizantes para 400 m².

Según el método de Chilón (1994), tenemos el siguiente cálculo para

fertilizantes:

a) Cálculo para potasio en 400 m².

Datos de acuerdo a análisis de suelos

K intercambiable: 2,27 meq/100gr S^o

Dap: 1,43 gr/cc ó 1,43 tn/m³

Prof.: 0,30 m

Cálculo:

Masa de suelo: Ms^o =Dap x v

$$Ms^o = 1,43 \times 400 \times 0,30$$

$$Ms^o = 171,6 \text{ tn}$$

1 meq K = 0,039 gr K/ 100 gr S^o

$$2,27 \text{ meq K} = 0,08853 \text{ gr K} / 100 \text{ gr S}^o \text{ ó } \text{kg K}/0,1 \text{ kg S}^o$$

$$8,853 \times 10^{-5} \text{ kg K} / 0,1 \text{ kg S}^o \times 171600 \text{ kg S}^o = 151,92 \text{ kg K intercambiable}$$

151, 92 kg K X 0,5 (K disponible para cultivos)= **75,96 kg K intercambiable y disponible para el cultivo**

$$75,96 \text{ kg K} \times 1,2 = \mathbf{91.15 \text{ kg K}_2\text{O}}$$

b) Cálculo para Fósforo en 400 m²

Datos

P disponible: 97,2 ppm

$$97,2 \text{ kg P} \text{ ----- } 10^6 \text{ kg S}^o$$

$$X \text{ ----- } 171600 \text{ kg S}^o$$

$$X = \mathbf{16,68 \text{ kg P}} \times 2,29 = \mathbf{38,20 \text{ kg P}_2\text{O}_5}$$

El requerimiento presiembra promedio para festuca es de 7,2 kg P₂O₅ y 10 kg K₂O (Ruiz, 2004), por tanto tenemos un excedente de estos nutrientes en el suelo, siendo innecesario el aportar mas potasio y fósforo al área a sembrar.

c) Cálculo para nitrógeno en 400 m²

Datos

Nitrógeno total: 0,093 %

$$0,093 \text{ tn N} \text{ ----- } 100 \text{ tn S}^o$$

$$X \text{ ----- } 171,6 \text{ tn S}^o$$

$$X = 159,59 \text{ kg Nitrógeno total en el suelo}$$

Chilón (1994), menciona que el coeficiente de mineralización en regiones templadas para un terreno franco arenoso es aproximadamente el 2 % por tanto:

$$\text{Kg N disponibles} = 159,59 \times 0,02 = 3,2 \text{ kg N disponible/año}$$

Para el período inicial del cultivo que será de tres meses tendremos:

$$3,2 \text{ kg Nd} \text{ ----- } 12 \text{ meses}$$

$$X \text{ ----- } 3 \text{ meses}$$

$$X = 0,8 \text{ kg de nitrógeno disponible}$$

El requerimiento de nitrógeno para festuca en presiembra en 400 metros cuadrados es de 4 kg (Ruiz, 2004):

$$4 \text{ kg} - 0,8 \text{ kg} = 3,2 \text{ kg de nitrógeno para adicionar}$$

Usando la urea como fuente tenemos:

$$3,2 \text{ kg N} \text{ ----- } 46\%$$

$$X \text{ ----- } 100\%$$

$$X = \mathbf{7 \text{ kg urea}}$$

3.4 Fase 5: Evaluación de riego

En fecha 5 de enero, se inicio la evaluación de riego usándose el método de Torrejón (2001), que consistió en el uso de pluviómetros repartidos equitativamente en un área comprendida entre tres aspersores, habiéndose obtenido los siguientes datos y cálculos de pluviometría:

3.4.1 Evaluación Nº 1

Los datos generales son:

- fecha: 5 de enero de 2005
- Nº de polígono: 1
- Superficie de parcela: 400 m²
- Cultivo: Festuca roja
- Tipo de riego: cobertura total fija por aspersión
- Marco de riego: 4,6 x 4,6 m
- Datos de los aspersores:
Tipo: cabezal fijo
Marca y modelo: Rain Bird 1800 T

Boquillas: U15H

Altura del tubo porta boquilla: 0,4 m

Presión en el aspersor: 2,6 atm

Caudal del aspersor aforado: 0,50 m³/h

Radio del aspersor: 4,6 m

- Datos del pluviómetro:

Cantidad: 21 pluviómetros usados

Diámetro: 0,095 m

Distancia entre pluviómetros: 0,91 m

Fotografías de la disposición de los pluviómetros

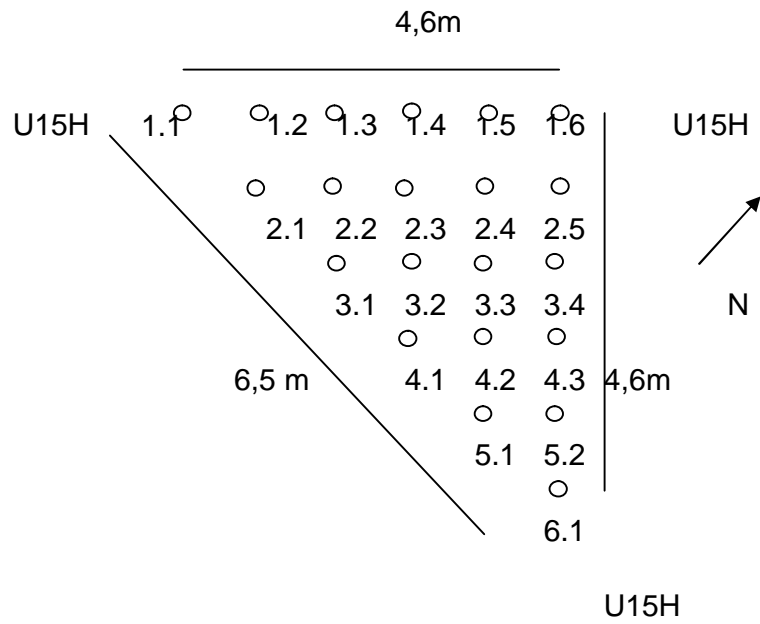


Figura 1 Disposición de los pluviómetros relativa a los aspersores

Croquis de la evaluación de riego EV1

Distancia entre pluviómetros: 0,91 m

Nº de pluviómetros: 21



Cuadro 2. Datos de campo de la evaluación de riego 1

Datos de campo		
pluviómetro i	Vi (ml)	Vi-Vm (ml)
Fila Columna		
1.1	40	22,38
1.2	70	7,62
1.3	50	12,38
1.4	60	2,38
1.5	100	37,62
1.6	50	12,38
2.2	160	97,62
2.3	50	12,38
2.4	50	12,38
2.5	150	87,62
2.6	55	7,38
3.3	50	12,38
3.4	55	7,38
3.5	65	2,62
3.6	55	7,38
4.4	50	12,38
4.5	50	12,38
4.6	50	12,38
5.5	30	32,38
5.6	50	12,38
6.6	20	42,38

La cantidad de agua fue medida en un recipiente graduado en mililitros, siendo:

i el nº de pluviómetro

Vi el volumen en cc recogido en cada pluviómetro

| Vi - Vmed | el valor absoluto de la diferencia entre el volumen recogido en cada pluviómetro y la media de los volúmenes recogidos en cada pluviómetro

Para la caracterización del riego se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

a) Coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU) en porcentaje

$$CU = \left(1 - \frac{\sum |V_i - V_{med}|}{n * V_{med}}\right) 100$$

Donde,

V_i : volumen recogido en cada pluviómetro en ml

V_{med} : media de los volúmenes recogidos en cada pluviómetro en ml,

n : número total de pluviómetros

b) Uniformidad de distribución (UD) en porcentaje

$$UD = \frac{V_{med \frac{1}{4}}}{V_{med}} \times 100$$

Donde,

$V_{med \frac{1}{4}}$: media de la 4ª parte de valores más bajos del total

V_{med} : media del conjunto de valores

c) Precipitación media

Es la altura media recogida en el ensayo, en mm

$$P_m = \frac{V_{med}}{S} \times 1000$$

Donde,

V_{med} : media de los volúmenes recogidos en cada pluviómetro, en ml

S : superficie del pluviómetro en mm^2

d) Pluviometría media recogida

Es la altura media recogida por unidad de tiempo, en mm/h

$$h_m = \frac{P_m \times 60}{t}$$

Donde,

P_m : Precipitación media, en mm

t : Tiempo de duración del ensayo, en minutos

e) Tasa de aplicación (qr)

Es la altura media aplicada por unidad de tiempo, en mm/h

$$q_r = \frac{q}{S_l \times S_m} \times 2000$$

Donde,

q : Caudal aforado en el aspersor de ensayo, en m^3/h

S_l : Separación entre líneas de aspersores (ramales), en m

Sm: separación entre aspersores dentro de un ramal, en m

f) Eficiencia de aplicación (Ea)

Es la relación entre la altura recogida y el agua aplicada, en porcentaje

$$Ea = \frac{hm}{qr} \times 100$$

Siendo,

hm, la altura media recogida por unidad de tiempo, en mm/h

qr, la altura media aplicada por unidad de tiempo, en mm/h

Cuadro 3 Cálculos matemáticos de la caracterización de riego N° 1

n	21
$\sum Vi - Vmed$	466,18
n * Vmed	1310,00
$\frac{\sum Vi - Vmed }{n * Vmed}$	0,36
CU (%)	64,41
Vtotal (ml)	1310,00
Vmed (ml)	62,38
V1/4 (ml)	210,00
Vmed1/4 (ml)	42,00
UD (%)	67,33
S (mm²)	7088,22
Pm (mm)	8,80
t (min)	15
hm (mm/h)	35,20
q (m³/h)	0,50
qr (mm/h)	47,26
Sl(m)	4,60
Sm(m)	4,60
Ea (%)	74,48

3.4.2 Evaluación N° 2

Los datos generales son:

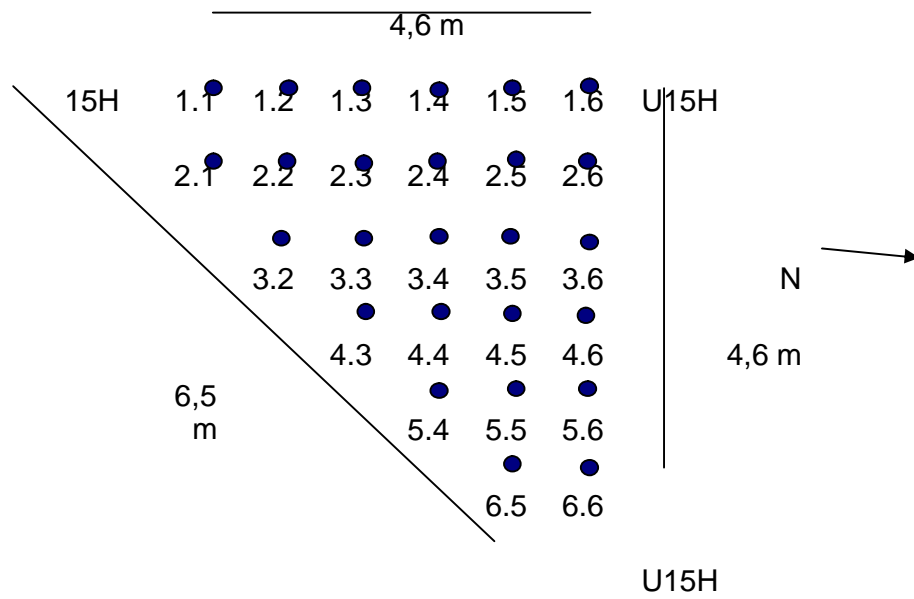
- fecha: 6 de enero de 2005
- Nº de polígono: 2
- Superficie de parcela: 400 m²
- Cultivo: Festuca roja
- Tipo de riego: cobertura total fija por aspersión
- Marco de riego: 4,6 x 4,6 m
- Datos de los aspersores:
 - Tipo: cabezal fijo
 - Marca y modelo: Rain Bird 1800 T
 - Boquillas: U15H, 15H
 - Altura del tubo porta boquilla: 0,4 m
 - Presión en el aspersor: 2,6 atm
 - Caudal del aspersor aforado: 0,65 m³/h
 - Radio del aspersor: 4,6 m
- Datos del pluviómetro:
 - Cantidad: 26 pluviómetros usados
 - Diámetro: 0,095 m
 - Distancia entre pluviómetros: 0,91 m

Figura 2 Disposición de los pluviómetros relativa a los aspersores

Croquis de la Evaluación de riego EV2

Distancia entre pluviómetros: 0,91 m

No de pluviómetros: 26



Cuadro 4 Datos de campo de la evaluación de riego 2

Datos de campo		
pluviómetro i	Vi (ml)	 Vi-Vm (ml)
Fila Columna		
1.1	50	20,58
1.2	80	9,42
1.3	80	9,42
1.4	60	10,58
1.5	75	4,42
1.6	50	20,58
2.1	70	0,58
2.2	70	0,58
2.3	70	0,58
2.4	80	9,42
2.5	150	79,42
2.6	35	35,58
3.2	90	19,42
3.3	90	19,42
3.4	120	49,42
3.5	60	10,58
3.6	35	35,58
4.3	105	34,42
4.4	70	0,58
4.5	35	35,58
4.6	40	30,58
5.4	50	20,58
5.5	60	10,58
5.6	120	49,42
6.5	90	19,42
6.6	35	35,58

De acuerdo a las fórmulas usadas en la evaluación 1, se obtuvieron los siguientes resultados para la evaluación 2:

Cuadro 5 Cálculos matemáticos de la caracterización de riego 2

N	26
$\sum V_i - V_{med} $	467,90
n * Vmed	1869,92
$\frac{\sum V_i - V_{med} }{n * V_{med}}$	0,25
CU (%)	75,00
Vtotal (ml)	1870,00
Vmed (ml)	71,92
V1/4 (ml)	290,00
Vmed1/4 (ml)	41,43
UD (%)	57,61
S (mm²)	7088,22
Pm (mm)	10,15
t (min)	15
hm (mm/h)	40,60
q (m³/h)	0,58
qr (mm/h)	54,82
Sl(m)	4,60
Sm(m)	4,60
Ea (%)	74,06

3.4.3 Evaluación Nº 3

Los datos generales son:

- fecha: 7 de enero de 2005
- Nº de polígono: 3
- Superficie de parcela: 400 m²
- Cultivo: Festuca roja
- Tipo de riego: cobertura total fija por aspersión
- Marco de riego: 4,6 x 4,6 m
- Datos de los aspersores:

Tipo: cabezal fijo

Marca y modelo: Rain Bird 1800 T

Boquillas: U15H, 15H

Altura del tubo porta boquilla: 0,4 m

Presión en el aspersor: 2,6 atm

Caudal del aspersor aforado: 0,65 m³/h

Radio del aspersor: 4,6 m

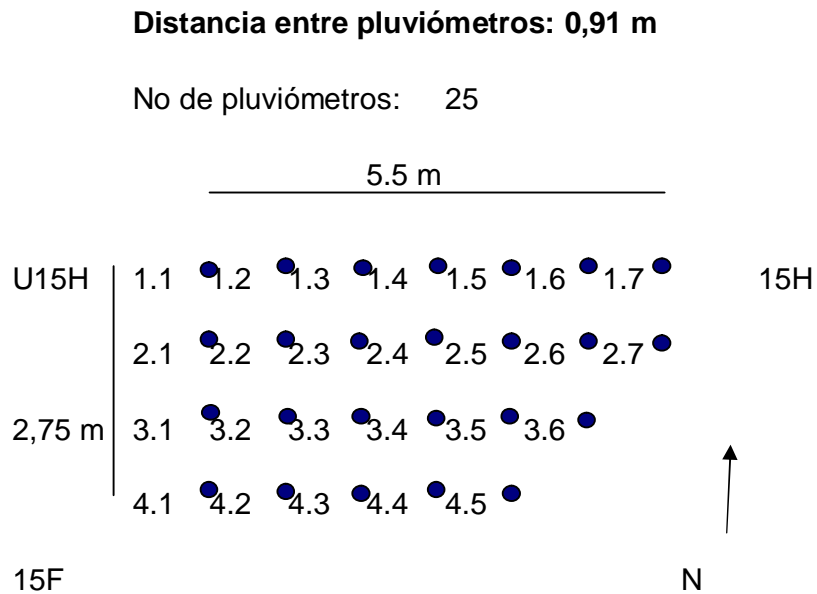
- Datos del pluviómetro:

Cantidad: 25 pluviómetros usados

Diámetro: 0,095 m

Distancia entre pluviómetros: 0,91 m

Figura 3 Disposición de los pluviómetros relativa a los aspersores



Cuadro 6 Datos de campo de la evaluación de riego 3

Datos de campo		
Pluviómetro i	Vi (ml)	Vi-Vm (ml)
Fila Columna		
1.1	40	44,80
1.2	110	25,20
1.3	115	30,20
1.4	125	40,20
1.5	90	5,20
1.6	60	24,80
1.7	40	44,80
2.1	120	35,20
2.2	85	0,20
2.3	55	29,80
2.4	60	24,80
2.5	60	24,80
2.6	80	4,80
2.7	130	45,20
3.1	130	45,20
3.2	125	40,20
3.3	85	0,20
3.4	75	9,80
3.5	55	29,80
3.6	60	24,80
4.1	105	20,20
4.2	115	30,20
4.3	90	5,20
4.4	70	14,80
4.5	40	44,80

De acuerdo a las fórmulas usadas en la evaluación 1, se obtuvieron los siguientes resultados para la evaluación 3:

Cuadro 7 Cálculos matemáticos de la caracterización de riego 3

N	25
$\sum V_i - V_{med} $	645,20
n * Vmed	2120,00
$\frac{\sum V_i - V_{med} }{n * V_{med}}$	0,30
CU (%)	70
Vtotal (ml)	2120,00
Vmed (ml)	84,80
V1/4 (ml)	290,00
Vmed1/4 (ml)	48,33
UD (%)	57,00
S (mm²)	7088,22
Pm (mm)	12,00
t (min)	15
hm (mm/h)	48,00
q (m³/h)	0,65
qr (mm/h)	61,44
Sl(m)	4,60
Sm(m)	4,60
Ea (%)	78,12

4.4.4 Cálculo de frecuencia y tiempo de riego

Para calcular la frecuencia y tiempo que habría de regarse el área sembrada, se tomó en cuenta la necesidad de mantener siempre húmeda la superficie del suelo (Grassfarm, 2003), la velocidad de infiltración básica (VIB), la tasa de aplicación promedio (qr) y el tiempo promedio de inicio de escorrentía.

a) Velocidad de infiltración básica

Cuenca (1989), menciona que la velocidad de infiltración básica para un

suelo franco arenoso con densidad aparente de 1,4 g/cc, capacidad de campo de 15%, y punto de marchitez permanente de 6 %, es de 13 mm/h; teniendo en cuenta que los resultados del análisis de laboratorio (ver anexo 2, LAB N° 1060), se aproximan a los valores antes señalados, tendríamos una tasa de infiltración aproximada de 13 mm/h.

b) Tasa de aplicación promedio

Los resultados de la tasa de aplicación (q_r) en la evaluación de riego fueron: 47,26mm/h, 54,82 mm/h y 61,44 mm/h, siendo el promedio de 54,5 mm/h; Chipana (1996), señala que la tasa de aplicación deberá seleccionarse en base a la velocidad básica de infiltración (VIB), debiendo ser el valor q_r menor a VIB.

En nuestro caso, el valor de q_r es mayor que VIB, por tanto, se calculó el valor de q_r en base a diez minutos, siendo este de 9 mm.

Se realizó una prueba de nueve minutos de riego, observándose escorrentía a los 4 minutos después de haber activado el sistema de aspersión.

c) Tiempo de escorrentía promedio

A sugerencia del ingeniero Apaza, supervisor del proyecto, se observó en que tiempo después de haber activado el sistema de riego se iniciaba la escorrentía en el área de ensayo que presentaba la mayor pendiente (14%).

Para determinar en qué momento se iniciaba la escorrentía, se observó la aparición del espejo de agua que se formaba sobre la superficie del suelo y que precedía al inicio de escorrentía.

Se realizaron cuatro observaciones con una frecuencia de riego de 30 minutos, se observó la formación del espejo de agua a los cuatro, tres, dos y medio y dos minutos de riego, obteniéndose un valor promedio de tiempo de escorrentía de 2,87 minutos.

En base a los resultados obtenidos y señalados anteriormente, se optó por dar un tiempo de riego de dos minutos con una frecuencia de riego de 60 minutos, siendo la tasa de aplicación promedio de 1,82 mm por dos minutos.

En fecha 17 de enero se programó el sistema de riego desde las seis de la mañana hasta las 6 de la tarde con el tiempo y frecuencia de riego señalados

anteriormente, observándose en las doce horas de ensayo, que no se presentó escorrentía y que la superficie del suelo siempre se mantuvo húmeda.

3.5 Fase 6: Prueba de germinación, eliminación de malezas, fertilización del suelo y prevención de enfermedades

3.5.1 Prueba de germinación

En fecha 10 de enero, se realizó la prueba de germinación de semilla de festuca roja con tres repeticiones, utilizando tres cajas petri, papel filtro y tres muestras de 100 semillas cada una.

La prueba duró 8 días, al cabo de los cuales, se obtuvo un porcentaje promedio de germinación de la semilla de festuca roja igual a 76%.

Las cajas de prueba fueron observadas por tres días adicionales, donde las semillas restantes no germinaron.

3.5.2 Aplicación de herbicida

En fecha 12 de enero se aplicó a toda el área de trabajo el herbicida de contacto Gramoxon en una dosis de 100 ml por 20 litros de agua, observándose el efecto del herbicida una hora después de su aplicación.

3.5.3 Nivelación del terreno

En fecha 14 de enero, debido a las lluvias, se formaron varias cárcavas en el área de ensayo.

En esta fecha, se realizó el segundo nivelado del terreno, rastrillándose toda el área y rellenándose con tierra preparada los lugares que fueron afectados por el agua de lluvia.



3.5.4. Fertilización del suelo

De acuerdo a los resultados obtenidos del cálculo de cantidad de fertilizante a añadir al suelo, se realizó el fertilizado del suelo con 7 kg de urea a toda el área usándose el aspersor de fertilizante; posterior a la aplicación se rastrilló toda el área para cubrir el mismo.



3.5.5. Aplicación de fungicida.

Para la aplicación del fungicida primeramente se rastrillo ligeramente el terreno; posterior al rastrillado se regó el área y se aplicó captan en una dosis de 60 gramos por 400 metros cuadrados (APIA, 1990), aplicándose 20 litros de preparado a toda el área; terminado este proceso se regó el área por dos minutos para ayudar a la penetración del fungicida.

3.6 Fase 7: Siembra

En fecha 20 de enero y antes de la siembra, se sacó una muestra de suelo

para ser llevada al laboratorio; posteriormente se realizó la siembra a una densidad de 663 kg de festuca por hectárea, habiéndose obtenido este dato de la prueba de germinación resultante en un 76%, usándose en este caso 26,5 kg de semilla para 400 metros cuadrados.



Luego de la siembra realizada con un distribuidor de semilla, se usaron rastrillos de alambre para cubrir la semilla.



Seguidamente, se cubrió toda el área sembrada con dos cubos de turba cernida; el espesor de turba aplicada fue de aproximadamente 2 a 3 mm.

Finalmente se usó un rodillo para permitir el mejor contacto de la semilla con la tierra.

Este día se produjo una llovizna persistente por toda la mañana; por lo cual, no se activó el sistema de riego.

3.7 Fase 8: riego

3.7.1 Tensiometría

en fecha 21 de enero, se procedió a medir la humedad del suelo con el

tensiómetro de jardinería cuya escala va del 1 al 10, donde el punto 5 indica necesidad de riego, obteniéndose como resultado escala 6 y 7 de humedad en el área de 350 metros cuadrados a una profundidad de 5 cm.



En el área de 50 metros cuadrados se obtuvo un 8 en el nivel de humedad del suelo, esta lectura de humedad de suelo se realizó en diversos lugares del área de ensayo como se señala en el plano (ver anexo 3), estas mediciones se realizaron hasta el 31 de enero manteniéndose los valores de nivel de humedad del suelo en un promedio de 7

3.7.2 Tiempo y frecuencia de riego

Christians (2002), señala que luego de la siembra el terreno debe regarse frecuentemente hasta que el césped alcance una altura de 2,5 cm, para luego modificar el riego a dos veces por semana.

Luego de la siembra se reanudó el tiempo y frecuencia de riego como fue establecido anteriormente, es decir, a dos minutos de riego con una frecuencia de 60 minutos, iniciándose el programa de manera diaria a las seis de la mañana y concluyendo el mismo a las seis de la tarde.

El programa de riego se suspendió cada vez que hubo precipitación pluvial.

Para la modificación del riego a una frecuencia de dos veces por semana, se tomo en cuenta los siguientes datos:

a) requerimiento de lámina de agua por el cultivo.

El requerimiento de lámina de agua para la festuca roja es de 25,5 mm por semana (Christians, 2002); dividiéndose este requerimiento en dos aplicaciones por semana.

b) Cálculo de la lámina de riego neta (Zn)

$$Zn = (Ucc - Upmp) \times dap \times Pr \times f \times 10$$

donde,

Ucc: fracción gravimétrica del agua del suelo a capacidad de campo.

Upmp: fracción gravimétrica de agua del suelo a punto de marchitez permanente.

dap: densidad aparente del suelo en gr/cc

Pr: profundidad radicular efectiva en cm, que para el presente ensayo fue de 25 cm, en razón de que Christians (2002) y Ortho's (1999), señalan que a una mayor profundidad de riego se logrará una mayor densidad y longitud radicular.

f: representa el grado de absorción de agua de los cultivos, generalmente asume valores entre 0,4 y 0,7; el primer valor para cultivos sensible al déficit hídrico y el segundo valor para cultivos resistentes al déficit hídrico (Chipana, 1996)

Para el cultivo de festuca roja, el valor f aproximado es de 0,5 (Christians, 2002; Ortho's, 1999)

c) Cálculo de la lámina de riego bruta (Zb) a aplicar

$$Zb = Zn / Ea$$

donde,

Ea: es la eficiencia de aplicación promedio del sistema de riego en porcentaje

d) Tasa de aplicación (qr)

El valor promedio de la tasa de aplicación, de acuerdo a la evaluación de riego, es de 54,5 mm/h

e) Tiempo de riego (tr)

$$tr = \frac{Zb \times 60}{qr}$$

Cuadro 8 Datos de los cálculos realizados para tiempo y frecuencia de riego

Ucc	0,1448
Upmp	0,0759
dap (gr/cc)	1,43
Pr (cm)	25,00
f	0,5
Zn (mm)	12,35
Ea	0,7555
Zb (mm)	16,35
qr (mm/h)	54,51
Tr (min)	18,00

Con los datos anteriores, se calculó la frecuencia de riego por oportunidad de riego con una VIB igual a 13 mm/h (Cuenca, 1989; citado por Chipana, 1996)

f) Frecuencia de riego por oportunidad de riego (For)

La frecuencia general de riego fue de dos veces por semana (Christians 2002), considerándose cada aplicación de riego a la semana como una oportunidad de riego.

La frecuencia por oportunidad de riego se calculó tomando en cuenta que la tasa de aplicación (qr), debería ser menor o igual a la velocidad de infiltración básica (VIB) (Chipana, 1996).

La tasa de aplicación (qr), se dividió entre la VIB, obteniéndose un valor de 4,2, que resulta ser el número de fraccionamiento del riego (Rain Bird, 2001), El tiempo de riego se dividió entre el número de fraccionamiento del riego, dando un valor de 4,28 minutos, correspondiendo este valor al tiempo de riego por fracción de riego.

Debido a que el programa del tablero digital del sistema de riego, no toma en cuenta valores fraccionarios de tiempo, se probó ajustar el programa a 3

fracciones de riego de 6 minutos cada uno y con una frecuencia de riego de una hora.

Cabe recalcar, que para el presente ensayo, no se tomó en cuenta la evapotranspiración del cultivo (ETc), por no contar con el equipo y datos necesarios para calcular la evapotranspiración específica para el cultivo en estudio; por tal situación se consideró 60 minutos como el tiempo de frecuencia.

El 3 de marzo se realizó una prueba de riego con el tiempo y frecuencia de riego programados con anterioridad; la prueba se realizó en el transcurso de la mañana, siendo el día nublado.

Durante la prueba no se produjo escorrentía; al final de la prueba y en varios sectores del terreno, se midió la humedad del suelo hasta 20 cm de profundidad con la ayuda del tensiómetro de jardinería, dando un valor promedio de 7 en una escala comprendida del 1 al 10, siendo el valor 5 el indicador de necesidad de riego y 8 el valor que indica el inicio de exceso de riego.

3.7.3 Problemas causados por la precipitación pluvial

en fecha 23 y 24 de enero, cayó una lluvia torrencial, que ocasionó la aparición de varias cárcavas de diferente dimensión y profundidad.



Se procedió a rellenar las cárcavas con tierra preparada y se sembraron nuevamente las áreas afectadas; al revisar el terreno, se pudo observar que en las áreas que no fueron afectadas por la lluvia las semillas sembradas, ya presentaban radícula.



3.8 Fase 9: Germinación

En fecha 26 de enero se notó la emergencia de la festuca roja llegando a una altura de 2 a 3 mm.



Se colocaron al azar y en todo el terreno de prueba, 30 palitos de helado marcados a una altura de 7,5 cm, que es la altura a la que se realizó posteriormente el corte de césped (Christians, 2002)

3.8.1 Altura de crecimiento, cobertura vegetal y porcentaje de germinación.

En fecha 27 de enero se hizo la primera medición de altura de crecimiento, usándose para ello una regla y los palitos de helado; la medición de altura fue realizada diariamente.

Seguidamente se midió la cobertura vegetal, usándose una cuadrícula de 1 metro cuadrado de superficie y de 100 centímetros cuadrados por cuadro, se tomaron 12 muestras para dicho efecto. La medición de cobertura foliar fue realizada cada tres días, y luego del primer corte de césped cada siete días.

Se observó también que más del 51% de la semilla había germinado, viéndose el campo de un color verde oscuro.



En fecha 30 de enero se observó que la mayoría de las muestras medidas alcanzaron los 2,5 cm de altura.

En esta fecha no se procedió a la activación del sistema de riego a dos veces por semana, debido a que las lluvias, mantuvieron el terreno húmedo.

3.9 Fase 10: corte de césped

En fecha 14 de febrero se realizó el primer corte de césped; se usó para este trabajo una segadora de tracción marca Honda; el corte se realizó a 5 cm de altura.

Para la recolección de la hierba cortada se usaron bolsas plásticas, cada vez que la bolsa recolectora de la segadora se llenaba, se recogió la hierba cortada para ser pesada con un dinamómetro de bolsillo (romana).



De la hierba cortada, se extrajo una muestra de un kilo para ser llevada al laboratorio para análisis de materia seca, contenido de nitrógeno, fósforo y

potasio a fin de saber la extracción del cultivo de estos nutrientes y obtener la relación carbono – nitrógeno con el objetivo de usar el césped segado para la posible elaboración de compost.



Posterior al primer corte de césped se realizaron 14 cortes más, de los cuales se extrajeron ocho muestras de hierba cortada como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 9 Resumen de cortes de césped y muestreo de hierba cortada

Fecha de corte	No de corte	Fecha de muestreo	Materia verde (kg/400 m ²)	Materia verde (kg/ha)
14/02/05	1	√	46,00	1150,00
21/02/05	2		26,75	668,75
26/02/05	3	√	18,75	468,75
02/03/05	4		14,00	350,00
07/03/05	5	√	25,00	625,00
14/03/05	6		25,00	625,00
21/03/05	7	√	27,00	675,00
28/03/05	8		30,00	750,00
04/04/05	9	√	30,00	750,00
11/04/05	10		28,00	700,00
18/04/05	11	√	26,00	650,00
25/04/05	12		27,00	675,00
04/05/05	13	√	26,25	656,25
16/05/05	14		26,00	650,00
30/05/05	15	√	20,00	500,00
TOTAL			395,75	9893,75

3.9.2 Fertilización nitrogenada para 400 m²

3.9.2.1 Cálculo de nitrógeno disponible en el suelo.

En fecha 2 de marzo se obtuvieron 14 kg de materia verde en 400 metros cuadrados; notándose en el área de ensayo la presencia de varias regiones verde amarillentas, siendo necesaria la fertilización nitrogenada, de acuerdo a los resultados obtenidos y detallados a continuación:

Los resultados del análisis de suelos de la muestra tomada un día antes de la siembra son:

Cuadro 10 Análisis físico – químico de suelos

Nº Laboratorio	42
Profundidad	0-30
Densidad aparente g/cc	1,43
Nitrógeno total (Nt) %	0,106
Fósforo disponible ppm	116,6
Potasio meq/ 100 g	1,53

Fuente: Lab. Suelos y Aguas, U.M.S.S, 2004

Los resultados de la primera muestra de materia verde son los siguientes:

Cuadro 11 Análisis bromatológico de festuca roja

Nº Laboratorio	49
Materia seca	15,33
Nitrógeno total %	3,19
Fósforo total %	0,93
Potasio, cationes en %	3,04

Fuente: Lab. Suelos y Aguas, U.M.S.S, 2005

Chilón (1994), menciona que para el cálculo de nitrógeno disponible en el suelo, se debe tomar en cuenta:

a) Cantidad de Nitrógeno total del suelo (Nts) por 400 m²

$$Nts = Nt \times ms \times 1000$$

Donde,

Nt: es el nitrógeno total en porcentaje del análisis de suelo

ms: es la masa del suelo en tn

b) coeficiente de mineralización

Que es la cantidad de nitrógeno que se convierte en nitrato por área y por tiempo.

Para el presente trabajo, se tomó un coeficiente de mineralización mínimo de 2% correspondiente a regiones templadas y a un suelo de textura franco arenosa donde los valores aproximados del coeficiente de mineralización oscilan entre el 2 y 3 % por año.

$$Ntsd = Nts \times cm$$

Donde,

Ntsd: es el nitrógeno total disponible en el suelo en kg/ha/año

cm: es el coeficiente de mineralización

Para 400 metros cuadrados y un tiempo de 19 días comprendidos desde la germinación hasta el primer corte de césped, se obtuvieron los siguientes resultados de nitrógeno disponible:

Cuadro 12 Datos de nitrógeno disponible en el suelo

Nt (%)	0,106
ms (tn)	171,60
Nts (kg)	181,90
cm	0,02
Ntsd (kg)	0,1894

3.9.2.2 Cantidad de nitrógeno foliar (Nft)

$$\text{Nft} = \frac{\text{mv} \times \text{ms} \times \text{Nf}}{10000}$$

donde,

Nft: es el nitrógeno foliar total en kilogramos

mv: es la materia verde recolectada de 400 metros cuadrados

ms: es la materia seca en porcentaje

Nf: es el nitrógeno foliar de la muestra en porcentaje

Los resultados de cantidad total de nitrógeno en materia seca para 400 metros cuadrados fueron:

Cuadro 13 Datos de contenido de nitrógeno en materia seca de festuca roja

mv (kg)	46,00
ms (%)	15,33
Nf (%)	3,19
Nft (kg)	0,2250

La diferencia entre el nitrógeno total disponible en el suelo (Ntsd) y la cantidad de nitrógeno foliar total (Nft), dio un déficit de nitrógeno en el suelo de 0,0356 kg; se sumó este valor a Nft, resultando 0,2606 kg de nitrógeno, que representaría el requerimiento del cultivo.

Se tomó en cuenta el valor de 0,2061 kg de nitrógeno para calcular la cantidad de urea (46%) a agregar al suelo, dándose un resultado de 0,566 kg; se redondeó este valor a 0,6 kg de urea por 400 m² ó 15 kg/ha que fueron aplicados con el distribuidor de fertilizante y abundante riego en fecha 2 de marzo.

3.9.3 Segunda fertilización nitrogenada para 400 m²

En fecha 18 de abril, se observó una menor cantidad de materia verde recolectada y algunos lugares del césped con apariencia amarillenta.

Se decidió fertilizar nuevamente el área con urea; para ello, se tomó el promedio de consumo de cuatro cortes analizados, siendo el promedio consumido

por la festuca roja 0,1818 kg de nitrógeno; este dato se multiplicó por cuatro, que corresponde a cuatro semanas de observación del consumo del nitrógeno disponible; siendo este dato de 0,7272 kg de nitrógeno que corresponden a 1,58 kg de urea.

Para la aplicación de urea, redondeamos este dato de 1,58 kg del fertilizante a 1,60 kg de urea ó 40 kg/ha, aplicándose en su totalidad luego de realizado el corte de césped de la mencionada fecha; posteriormente, se regó abundantemente el área para facilitar la disolución y penetración del nutriente en el suelo.

3.9.4 Reinicio del riego por aspersión

En fecha 3 de marzo, se realizó la medición de humedad del suelo con la ayuda del tensiómetro de jardinería; el resultado promedio de esta medición fue de 5,5 en una escala del 1 al 10, indicando este valor la necesidad de riego.

El sistema de riego fue programado para activarse por la madrugada de los días miércoles a partir de las 4:00 horas y por la noche de los días sábados, a partir de las 7:00 horas

El tiempo y frecuencia de riego fueron los descritos en la fase ocho del presente informe.

3.9.5 Reajuste de tiempo para corte de césped

De acuerdo al cronograma de trabajo que se tiene en la institución C.O.P.I.J.S.U.D., se pidió un reajuste en el tiempo de corte a una vez por semana.

El cronograma de trabajo semanal establecido por la institución (2001), menciona que el corte de las áreas verdes debe realizarse los días lunes y martes a fin de tener un césped uniforme en el corte y evitar en lo posible, la presencia de maquinaria visible para usuarios y visitantes, cuya afluencia de visita es mayor a partir de los días miércoles a domingos.

3.9.6 Muestreo del suelo

En fecha 30 de mayo, se realizó un muestreo de suelos de acuerdo al método de Chilón, retirando capas de tepe y extrayendo muestras de suelo a una profundidad de 25 cm.

La muestra fue llevada al laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de san Simón para su respectivo análisis de fertilidad.

Posteriormente, se hizo una comparación visual, entre el césped establecido y el área verde compuesta de kikuyo presentándose marcadas diferencias de color y presentación que se muestran a continuación:



3.10. Resultados y discusiones

3.10.1 Comparación de los resultados de los análisis del suelo original y suelo preparado.

El manual del proyecto para el establecimiento de áreas de césped de C.O.P.I.J.S.U.D. (1997), informa que las características edáficas del suelo para el establecimiento de áreas verdes son las siguientes:

El suelo debe ser de fertilidad media a alta, suelto, drenado, franco arenoso con una profundidad mínima de 30 cm, libre de malezas y que contenga las siguientes características:

- a. Rango de acidez / alcalinidad – pH 5,5 a 7,7
- b. Conductividad eléctrica (C.E.) – menor que 0,400 mmhos/cm
- c. Porcentaje de materia orgánica (M.O.)– mayor o igual a 2
- d. Porcentaje de nitrógeno total (Nt)– mayor que 0,10
- e. Fósforo disponible (P) – mayor que 11 ppm
- f. Potasio intercambiable (K)– mayor que 0.33 meq / 100 g de suelo

Ruiz (2004), menciona que el requerimiento promedio de nutrientes de inicio para la festuca es de 100 -180 – 250 de NPK por hectárea, que equivalen a 0,1 % de nitrógeno, 18 ppm de fósforo y 0,25 meq de potasio por 100 gramos de suelo para un área de 400 metros cuadrados, ó 2,5%, 450 ppm y 6,25 meq por hectárea respectivamente.

En base a las anteriores especificaciones, se hizo la evaluación del suelo original y el suelo preparado

3.10.1.1 Características del suelo original

Para conseguir un adecuado lecho de tierra para la siembra de festuca roja (*Festuca rubra*), y de acuerdo a las características y requerimientos del cultivo, se eliminó el área verde original que consistía en una mezcla de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Pasto azul Kentucky (*Poa pratensis*), además se eliminó la mayor parte de la capa arable del área a fin de evitar la presencia de rizomas de kikuyo.

La profundidad de la capa arable en promedio fue de 18 cm, encontrándose por debajo de esta capa, piedra y arena compactada que fue difícil de remover.

Además del manual del proyecto C.O.P.I.J.S.U.D. (1997); Christians (2002), Ortho's (1999) y centros de consulta como Grassfarm (2003) e Infojardin (2005), indican que la profundidad de la capa arable para establecer un área verde de césped debe ser de 30 cm de profundidad como mínimo; además, debe ser un

suelo suelto y bien drenado; por tal razón, se extrajeron en promedio 13 cm de este material compactado, removiéndose el resto a una profundidad aproximada de 15 cm a fin de proporcionar un mejor drenaje en el área que presenta una pendiente máxima de 25 % y una pendiente mínima de 2.9%.

En la parte más baja del terreno la profundidad de la capa arable era mayor a los 30 cm, por lo que se extrajeron como tierra de desecho solo 20 cm y a partir de esa profundidad se removieron 20 cm más; de los cuales, se tomó la capa de 10 cm restantes para cernir y luego expandir como base sobre el terreno a rellenar a fin de disminuir en algo los costos de tierra preparada.

Se realizó un muestreo de suelo de la capa arable original, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 14. Informe de análisis de suelo original

Fecha de muestreo:		18/11/2004	
% Arcilla	25	CE mmhos/cm	0,234
% Limo	23	Potasio meq/100g	0,55
% Arena	52	MO %	3,68
Textura	FA – F	Nitrógeno total %	0,154
DAP g/cm3	1,42	Fósforo disponible ppm	10,6
PH	7,3		

Fuente: Laboratorio de suelos y aguas, *U.M.S.S, 2004 (ver anexo 2, N° Lab. 1050)*

a) Interpretación de los análisis físico – químicos del suelo original

Las normas de interpretación del Laboratorio de suelos y aguas de la facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de San Simón (2004), señalan lo siguiente:

Cuadro 15 Interpretación del análisis de suelo original

Fecha de muestreo:		08/12/2004			
pH	7,3	Débilmente alcalino	MO %	3,68	Moderado
CE mmhos/cm	0,234	No salino	Nitrógeno %	0,154	Moderado
Potasio meq/100g	0,55	Moderado	Fósforo ppm	10,6	Moderado

Fuente: Lab. De Suelos y aguas, U.M.S.S, 2004 con arreglo propio.

Comparando el cuadro número 15 con los requerimientos indicados en el manual del proyecto C.O.P.I.J.S.U.D. (1997) y Ruiz (2004), se obtiene el siguiente cuadro de calificación:

Cuadro 16 Calificación del suelo original

Requerimientos del suelo para 400 m²		Análisis del suelo original	Calificación
Profundidad (cm)	≥ 30	17	No aceptable
Textura	FA	FA-F	aceptable
pH	5,5 – 7,7	7,3	aceptable
C.E. (mmhos/cm)	< 0,400	0,234	aceptable
M.O. (%)	≥ 2	3,68	aceptable
Nt (%)	≥ 0,10	0,154	aceptable
P (ppm)	≥ 11 ó ≥ 18	10,6	No aceptable
K (meq/100g)	≥ 0,25 ó ≥ 0,66	0,55	aceptable

Fuente: elaboración propia, 2005

Como se observa en el cuadro número 16, el suelo original no califica en dos de los requerimientos establecidos, siendo el principal de ellos la profundidad;

además, el suelo original presentaba restos de rizomas y semilla de kikuyo, que favorecería a la aparición abundante de esta maleza en el caso de haberse usado el suelo original para el establecimiento del área verde con festuca roja; por ello, se tuvo que cambiar la capa arable del suelo.

3.10.1.2 Características del suelo preparado

La tierra preparada consistía en una mezcla de limo, arena, chala de arroz, estiércol descompuesto de gallina y turba, en una proporción de 6:4:2:1:1; siendo el resultado de la muestra de suelos el siguiente:

Cuadro 17 Informe de análisis de suelo preparado

Fecha de muestreo:		08/12/2004	
% Arcilla	14	Magnesio meq/100g	2,5
% Limo	16	Sodio meq/100g	1,59
% Arena	70	Potasio meq/100g	2,27
Textura	FA	TBI meq/100g	11,36
DAP g/cm³	1,43	CIC meq/100g	10,20
CC	14,48	%SATB	100
PMP	7,59	Hierro ppm	2,9
PH	6,7	MO %	1,34
CE	2,520	Nitrógeno total %	0,093
Calcio meq/100g	5,0	Fósforo disponible ppm	97,2

Fuente: Laboratorio de suelos y aguas, U.M.S.S, 2004 (ver anexo 2, N° Lab. 1060)

a) Interpretación del análisis físico – químico del suelo preparado

Las normas de interpretación del Laboratorio de suelos y aguas de la facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de San Simón (2004), señalan las normas de interpretación del cuadro 18

Comparando el cuadro 18 con los requerimientos indicados en el manual del proyecto C.O.P.I.J.S.U.D. (1997) y Ruiz (2004), se observa, que el suelo preparado no cumple los requerimientos de conductividad eléctrica, materia orgánica y nitrógeno total (ver cuadro 19); por lo cual, se procedió a la enmienda de los mismos.

Cuadro 18. Interpretación del análisis de suelo preparado

Fecha de muestreo:		08/12/2004			
pH	6,7	Neutro	CIC meq/100g	10,20	Bajo
CE mmhos/cm	2,520	Fuertemente salino	%SATB	100	Muy alto
Calcio meq/100g	5,0	Moderado	Hierro ppm	2,9	Moderado
Magnesio meq/100g	2,5	Moderado	MO %	1,34	Bajo
Sodio meq/100g	1,59	Bajo	Nitrógeno %	0,093	Bajo
Potasio meq/100g	2,27	Muy alto	Fósforo ppm	97,2	Muy alto
TBI meq/100g	11,36	Moderado			

Fuente: Lab. De Suelos y aguas, U.M.S.S, 2004 con arreglo propio.

Cuadro 19 Calificación del suelo preparado

Requerimientos del suelo para 400 m²		Análisis del suelo preparado	Calificación
Profundidad (cm)	≥ 30	30	Aceptable
Textura	FA	FA	Aceptable
pH	5,5 – 7,7	6,7	Aceptable
C.E. (mmhos/cm)	< 0,400	2,520	No aceptable
M.O. (%)	≥ 2	1,34	No aceptable
Nt (%)	≥ 0,10	0,093	No aceptable
P (ppm)	≥ 11 ó ≥ 18	97,2	Aceptable
K (meq/100g)	≥ 0,25 ó ≥ 0,66	2,27	Aceptable

b) Salinidad del suelo preparado

Como se observa en el cuadro 18, el suelo presentó una fuerte salinidad, situación que fue disminuida con un riego a capacidad de campo antes de la siembra, y por las lluvias que saturaron el suelo antes y después de la siembra; siendo el último resultado de conductividad eléctrica, de la muestra de suelo que se extrajo al finalizar el ensayo de campo, de 0,207 mmhos/cm que corresponde a un suelo no salino (ver anexo 2, N° Lab. 309)

c) Fertilidad del suelo preparado

En cuanto a la fertilidad del suelo, el centro de análisis de fertilidad Fertiberia (2000), informa que los valores medios de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) para suelos franco arenosos oscilan entre 10 a 15 meq/100 g, siendo el suelo preparado de fertilidad media, correspondiendo este valor a un rango aceptable, de acuerdo al manual del proyecto C.O.P.I.J.S.U.D. (1997)

d) Contenido de materia orgánica en el suelo preparado

De acuerdo a la interpretación del contenido de materia orgánica en el suelo preparado, este presenta un nivel bajo.

Además del Manual de Proyecto para el establecimiento de césped (C.O.P.I.J.S.U.D., 1997); el centro de consulta Agronegocios (2004), informan que el requerimiento mínimo de materia orgánica para cualquier tipo de césped es de 2%; por tanto y calculando la cantidad necesaria en volumen a añadir para llegar a este nivel se obtuvieron los siguientes resultados:

Un porcentaje de 1,34% de materia orgánica representa a 1,608 metros cúbicos de la misma presentes en 120 metros cúbicos de tierra preparada en 400 metros cuadrados de superficie y 30 cm de profundidad de capa arable, requiriéndose incrementar una capa de 2 mm de espesor de turba para llegar al nivel de 2% de materia orgánica.

Este incremento de materia orgánica fue realizado al cubrir la semilla en la etapa de siembra con aproximadamente 3 mm de turba cernida.

Tomando este dato de 2% de materia orgánica para recalculer la capacidad de intercambio catiónico del suelo y con un promedio de 200 meq por 100 g de materia orgánica (Chilón, 1994), tenemos 4 meq/100g S^o adicionales, dando un total de 14,2 meq/100 g S^o, que corresponde también a un suelo de fertilidad media.

e) Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo preparado

En el cuadro número 18, se observa un bajo nivel de nitrógeno total; se realizaron los cálculos para incrementar el nivel del nitrógeno total, añadiéndose, tres días antes de la siembra, 7 kg de úrea para un requerimiento inicial del cultivo de 4 kg de nitrógeno para 400 metros cuadrados (Ruiz, 2004)

De acuerdo a la interpretación de resultados del análisis del cuadro 18 y la calificación del cuadro 19, no fue necesario añadir fertilizantes ricos en fósforo y potasio debido a que se presentaron en un nivel alto en el suelo, habiendo excedido el requerimiento de fertilización del suelo.

El mismo día de la siembra, se realizó un muestreo de suelo a fin de conocer el nivel de NPK de inicio, dándose los siguientes resultados:

Cuadro 20. Contenido de nutrientes del suelo preparado

Potasio meq/100g	Fósforo disponible ppm	Nitrógeno total %
1,53	116,6	0,106

Fuente: Lab. Suelos y aguas U.M.S.S., 2005 (Ver anexo 2, N° Lab. 42)

De acuerdo a la interpretación de análisis del laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de San Simón, el nitrógeno total, pasó de un nivel bajo a moderado,

ingresando este valor de nitrógeno total en el rango de aceptabilidad establecido por los requerimientos de Ruiz (2004) y del Manual de Proyecto C.O.P.I.J.S.U.D. (1997)

Christians (2002), menciona que cuando el césped alcanza aproximadamente 2,5 cm de altura, puede presentar un color amarillo en las hojas y señala que esta apariencia amarilla se conoce como clorosis, debida a una deficiencia de nitrógeno; por lo tanto, Christians (2002), recomienda que a las cuatro o seis semanas después de la siembra, se debe añadir al suelo fertilizantes ricos en nitrógeno para prevenir la deficiencia de este elemento.

En nuestro caso la apariencia amarillenta del césped se presentó entre la cuarta y quinta semana después de la siembra y que correspondió al segundo corte de césped; habiéndose fertilizado en el rango de tiempo señalado por Christians (2002)

En el transcurso del ensayo se hicieron dos fertilizaciones, tomando como parámetro de referencia la cantidad de materia verde recolectada por corte, el color del césped, el contenido de nitrógeno foliar y el cálculo de la cantidad aparente de nitrógeno en el suelo en base al análisis foliar.

El análisis de los mencionados parámetros se observa más adelante.

Christians (2002), menciona que el nutriente más importante en una fertilización del suelo es el fósforo ya que influye en el buen desarrollo de las raíces.

El análisis de suelo muestra un nivel alto de contenido de fósforo, por lo cual, no fue necesario añadir al suelo fertilizantes ricos en este elemento.

Como se observa en el cuadro 17y comparando con el cuadro 20, se nota una disminución notable de potasio, esto posiblemente debido a la lixiviación del elemento por las lluvias y riego (Ortiz, 1984); mas aún, el contenido de potasio en el suelo se halló en el rango de aceptabilidad establecido por Ruiz (2004) y el Manual de Proyecto C.O.P.I.J.S.U.D. (1997).

3.10.2 Deshierbe químico y manual

Ocho días antes de la siembra, se aplicó el herbicida de contacto Paraquat (Gramoxone); con el cual, se eliminó la presencia de kikuyo y otras malezas.

Después de la emergencia de la festuca roja, concretamente luego de realizado el tercer corte de césped, se observó la presencia de algunos plantines de kikuyo, que fueron erradicados manualmente.

Durante el transcurso del ensayo, después de cada corte de césped, se realizó una inspección del terreno para localizar la posible presencia de kikuyo, no encontrándose la mencionada especie en ninguna de las inspecciones realizadas a partir del cuarto corte de césped y hasta el último corte de césped correspondiente al presente trabajo dirigido.

3.10.3 Porcentaje de germinación

La emergencia de la primera hoja de festuca roja, se inició el 26 de enero del 2005; observándose una emergencia mayor al 51 % en fecha 27 de enero.

El tiempo de espera entre la fecha de siembra y la fecha de emergencia a más del 51 % fue de ocho días.

Ortho's (1999) y Christians (2002), indican que el tiempo de emergencia de la festuca roja es de 7 a 14 días. Habiéndose logrado en ocho días una emergencia uniforme a excepción de las áreas del terreno que fueron afectadas por la escorrentía de agua producida por la precipitación pluvial.

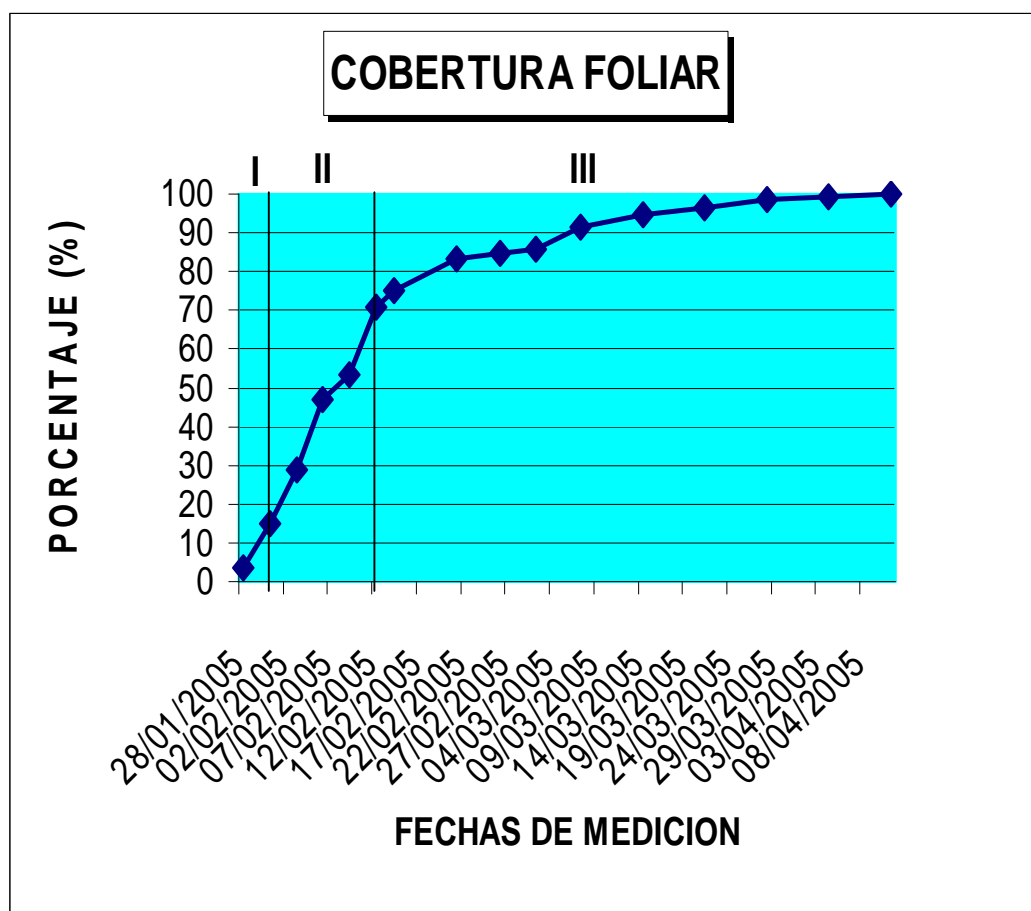
3.10.4 Cobertura vegetal

Se obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro 21.

Cuadro 21. Cobertura vegetal de festuca roja

Fecha	28/01	31/01	03/02	06/02	09/02	12/02	14/02	21/02
Promedio Cobertura Foliar (%)	3,65	14,88	28,95	46,86	53,55	70,66	75,22	83,13
Fecha	26/02	02/03	07/03	14/03	21/03	28/03	04/04	11/04
Promedio Cobertura Foliar (%)	86,52	87,69	92,56	94,78	96,32	98,45	99,20	100,00

Gráfica 1 Cobertura vegetal de festuca roja



El centro de consulta Seed superstore (2005), informa que la festuca roja presenta un desarrollo, macollaje y formación de estolones acelerado.

En la gráfica 1 se observan tres fases que describen la curva de crecimiento de cobertura vegetal; en la primera fase que comprende los tres primeros días, el número de hojas es pequeño y las plantas realizan menor fotosíntesis, su crecimiento es lento y utilizan para su sostén parte de los carbohidratos almacenados en la semilla y raíz primaria (Nuñez, 2004)

En la segunda fase, que comprende los siguientes 13 días, la festuca roja presenta un crecimiento acelerado, alcanzando el 70 % de cobertura vegetal; este crecimiento acelerado se debe a una mayor cantidad de hojas que realizan mayor fotosíntesis, el almacenamiento de carbohidratos es mayor, así mismo como la aparición de macollos (Nuñez, 2004)

En la tercera fase, que comprende los restantes 57 días, el crecimiento se torna lento; esto debido en a que por causa de la frecuencia de corte de césped, la planta utiliza sus reservas para cicatrizar las heridas causadas por el corte de césped y para regenerar el crecimiento de la lámina foliar (Bernal, 2005)

En esta tercera fase y después del segundo corte, el incremento de cobertura vegetal disminuye notablemente, coincidiendo esta disminución de incremento con la apariencia verde amarillenta que presentó el cultivo en las áreas superiores de la pendiente del terreno.

Hähndel (1986), menciona que la fertilización nitrogenada en césped, produce un incremento en la cobertura vegetal, produciendo una capa foliar más densa, presentando el césped una mejor apariencia en cuanto a su color y densidad.

En fecha dos de marzo, donde el césped presentaba una apariencia verde amarillenta, se llevó a cabo la primera fertilización nitrogenada, observándose después de cinco días un notable incremento de la cobertura vegetal y una apariencia verde oscura del césped, corroborándose así lo mencionado por Hähndel (1986).

En la gráfica 1, se observa que posteriormente a la fertilización nitrogenada, el incremento de la cobertura vegetal después de cada corte se sostiene en valores casi constantes hasta alcanzar el cien por ciento de cobertura.

3.10.5 Altura de hoja bandera.

En fecha 28 de enero del 2005, se inició la medición de altura de la hoja bandera en forma diaria hasta el 14 de febrero, fecha en la que se realizó el primer corte de césped; habiéndose obtenido los resultados que se muestran en el cuadro 22.

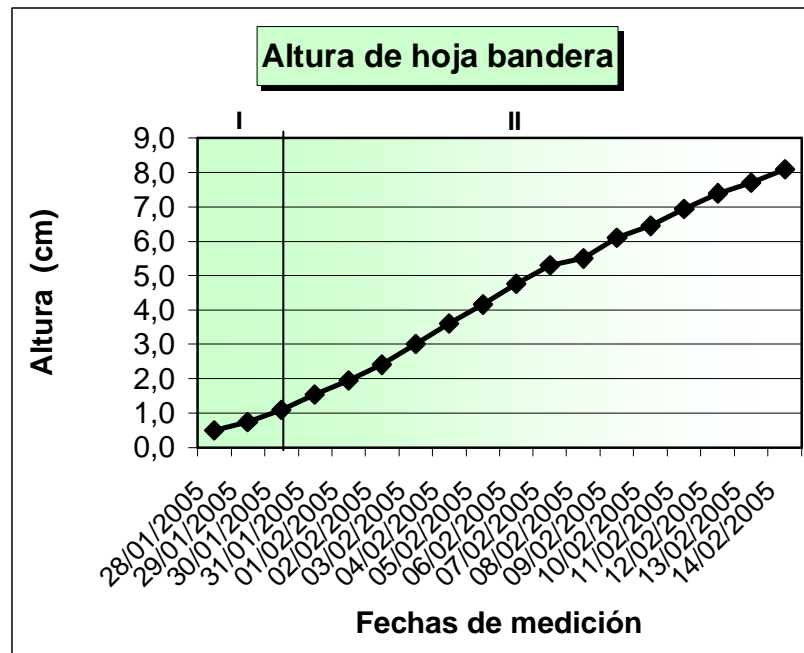
Como se muestra en la gráfica 2, elaborado en base a los datos del cuadro 22, el crecimiento de la hoja bandera presenta tendencia sigmoidea, ya que al principio las hojas crecen lentamente. Luego sigue una etapa de gran crecimiento denominada por Voisin, "llamarada de crecimiento" (Beguet y Bavera 2001).

Quiceno (2002), menciona que en el crecimiento de la hoja, se distinguen tres etapas; la primera denominada Etapa I o de crecimiento lento, que en el presente caso comprende los tres primeros días y la Etapa II o de crecimiento rápido, que corresponde al resto de los días mostrados en la gráfica 2.

Cuadro 22 Altura de hoja bandera

Fecha	28/01	29/01	30/01	31/01	01/02	02/02	03/02	04/02	05/02
Altura promedio hoja bandera (cm)	0,5	0,8	1,1	1,6	2,0	2,4	3,0	3,6	4,2
Fecha	06/02	07/02	08/02	09/02	10/02	11/02	12/02	13/02	14/02
Altura promedio hoja bandera (cm)	4,8	5,3	5,5	6,1	6,5	7,0	7,4	7,7	8,1

Gráfica 2 Altura de hoja bandera de festuca roja



El mismo autor menciona una tercera etapa que comprende el desarrollo reproductivo y que no corresponde a los objetivos y variables de respuesta evaluados en el presente ensayo.

Quiceno (2002), señala que la Etapa I de crecimiento lento se caracteriza por que los valores de cobertura vegetal son bajos, la fotosíntesis es menor que la respiración y existe el uso de la reserva nutritiva de la semilla.

El mismo autor señala también, que la Etapa II de crecimiento rápido, se caracteriza por la proliferación de macollos, mayor cobertura vegetal, restitución de reservas debido a la fotosíntesis y alta producción de hojas.

Los datos de la gráfica 2, corroboran lo señalado por Quiceno (2002)

A partir del 14 de febrero, el crecimiento de la hoja bandera se interrumpió por el corte de césped, iniciándose luego del primer corte de césped, la medición de la frecuencia de corte de césped.

3.10.6 Frecuencia de corte de césped.

A partir del 14 de febrero se procedió a la medición de la frecuencia de corte de césped, que comprende, el tiempo en que la altura de rebrote de festuca roja alcanza aproximadamente 7,5 a 8 cm en promedio para su respectivo corte a

una altura de 5 cm (Christians, 2002), obteniéndose los resultados mostrados en el cuadro 23.

En el cuadro mencionado, se observa que el primer corte de césped se realizó a los 19 días después de la emergencia, presentándose después una variación en la frecuencia de corte de césped entre el segundo y quinto corte, esto debido en parte a las características propias de la especie, que de acuerdo a varios autores como Christians (2002), Ortho's (1999), Manrique (2004); mencionan que la festuca roja (*Festuca rubra*), presenta un alto índice de crecimiento y cobertura vegetal, en su fase de establecimiento.

A partir del sexto corte de césped, que presentó un 94,78% de cobertura vegetal (cuadro 20), y hasta el doceavo corte de césped, la frecuencia de corte de césped fue constante, mostrándose una competencia más o menos uniforme entre la mayoría de los plantines del cultivo.

La altura promedio de corte entre el sexto y doceavo corte de césped fue de 8 cm, debido a que en la institución C.O.P.I.J.S.U.D., se tiene un itinerario de mantenimiento de césped establecido de 7 días para la frecuencia de corte.

Cuadro 23. Frecuencia de corte de césped

Nº de corte	Fecha de corte	Días al corte	Días al corte acumulado	Altura de corte promedio (cm)
1	14/02/2005	19	19	7,5
2	21/02/2005	7	26	7,5
3	26/02/2005	5	31	7,5
4	02/03/2005	4	35	7,5
5	07/03/2005	5	40	7,5
6	14/03/2005	7	47	8
7	21/03/2005	7	54	8
8	28/03/2005	7	61	8
9	04/04/2005	7	68	8
10	11/04/2005	7	75	8
11	18/04/2005	7	82	8
12	25/04/2005	7	89	8
13	04/05/2005	9	98	7,5
14	16/05/2005	12	110	7,5
15	30/05/2005	14	124	7,5
	Promedio	7,5		7,7

A partir del doceavo corte de césped, se presentó nuevamente una variación en la frecuencia de corte, posiblemente debido al cambio de estación,

que produjo una variación de temperatura mínima, la cual, pudo influir en el crecimiento del césped.

3.10.7 Correlación entre la altura de hoja y la cobertura foliar.

a) Correlación entre la altura de hoja y la cobertura foliar antes del primer corte de césped.

Con los resultados de la altura de hoja promedio y la cobertura foliar promedio, se obtuvieron los valores del cuadro 24

El crecimiento de la hoja bandera presenta una relación directa con la cobertura foliar, observándose un 0,94 de coeficiente de correlación, lo que implica que, la proporción de crecimiento de la hoja bandera es casi similar a la proporción de crecimiento de la cobertura vegetal.

Cuadro 24. Correlación de la altura de hoja bandera vs. cobertura vegetal antes de la frecuencia de corte de césped.

Fecha	Altura Promedio (cm)	Cobertura foliar promedio %
28/01/2005	0,5	3,65
31/01/2005	1,6	14,88
03/02/2005	3,0	28,95
06/02/2005	4,8	46,86
09/02/2005	6,1	53,55
12/02/2005	7,4	70,66
<i>Coeficiente de correlación: 0,94</i>		
<i>Ecuación de regresión lineal: $Y = 9,4096X - 0,2724$</i>		
<i>donde Y: cobertura vegetal y X: altura</i>		

(calculado en planilla Excel, Microsoft 2000)

Flores (1987), indica que para que exista un acelerado desarrollo foliar tanto en altura como en cobertura, la tasa de fotosíntesis debe ser mucho mayor a la tasa de respiración, esto debido a una intensidad de luz mayor que se produce generalmente en días calurosos y que se traduce en una alta intercepción de luz solar por la lámina foliar y que explica la relación directa que existe entre la longitud de hoja y la cobertura vegetal.

El mismo autor, indica también que el incremento de la altura de hoja y la cobertura vegetal, esta estrechamente relacionado con el aumento de peso de la pastura, y que este aumento se redistribuye en toda la planta para aumentar su tamaño y la cantidad de otros órganos.

b) Correlación de la altura de hoja y cobertura foliar antes y después del primer corte de césped

Después del primer corte de césped, se obtuvieron datos de cobertura vegetal que fueron correlacionados con la altura de hoja promedio y que se muestran en el cuadro 25.

Cuadro 25: Correlación entre la altura de hoja y cobertura vegetal

Fecha	Altura de hoja promedio (cm)	Promedio cobertura vegetal (%)
28/01/2005	0,5	3,65
31/01/2005	1,6	14,88
03/02/2005	3	28,95
06/02/2005	4,8	46,86
09/02/2005	6,1	53,55
12/02/2005	7,4	70,66
14/02/2005	8,1	75,22
21/02/2005	7,5	83,13
26/02/2005	7,5	84,52
02/03/2005	7,5	85,69
07/03/2005	7,5	92,56
14/03/2005	8	94,78
21/03/2005	8	96,32
28/03/2005	8	98,45
04/04/2005	8	99,20
11/04/2005	8	100,00
<i>Coeficiente de correlación: 0,96</i>		
Ecuación de regresión Lineal: $Y = 12,2095 X - 6,9277$		
donde Y: cobertura vegetal; X= longitud de hoja		

Calculado en planilla Excel, Microsoft 2000, elaboración propia, 2005

En el cuadro 25, se observa que la cobertura vegetal alcanzó un 100% en un espacio de tiempo igual a 73 días, observándose un incremento de correlación, lo que corrobora la estrecha relación entre la longitud de hoja y la cobertura vegetal que fue mencionada por Flores (1987).

Se observa en el cuadro 25, que los incrementos de cobertura vegetal luego del primer corte son menores a los obtenidos antes del primer corte.

Quiceno (2002), indica que el corte o remoción del follaje en una pastura, produce en principio un lento crecimiento, consumo de reservas, disminución de la intensidad fotosintética y absorción de nutrientes del suelo por las raíces.

Explicándose de esta manera, el bajo y casi constante incremento de cobertura vegetal.

3.10.8 Índice de área foliar.

Habiéndose analizado los valores de altura de hoja y cobertura vegetal, se procedió a calcular el índice de área foliar que parece tener estrecha relación con la masa foliar como se explica a continuación:

Flores (1987), señala que la superficie de hojas por unidad de superficie, se denomina índice de área foliar (IAF) y que tiene relación con el incremento de peso en una pradera de gran densidad.

Beguet y Bavera (2001), mencionan que la relación estrecha entre el crecimiento de la hoja y la cobertura vegetal se traduce en el índice del área foliar (IAF), que se refiere a la superficie de hojas presentes por metro cuadrado de suelo.

Flores (1987), menciona también, que el IAF es de suma importancia en el mejor aprovechamiento de la energía solar por parte de la pastura, donde a mayor IAF se utilizará mayor cantidad de energía luminosa y mayor será el aumento de peso.

El mismo autor, indica que el IAF óptimo para las pasturas en general es de 9 a 10; además indica que la altura de las hojas y la cobertura foliar están directamente involucrados en el cálculo del IAF.

De acuerdo a lo anterior, en el cuadro 26 y en la gráfica 3 se muestran los índices de área foliar obtenidos en el ensayo.

La gráfica 3 presenta tendencia sigmoïdal, acompañada de tres etapas o fases.

En la primera etapa o fase, que comprende un período de siete días, existen pocas hojas que puedan interceptar la luz solar y las plantas requieren mayor energía para crecer (Bernal, 2005), además en esta fase el cultivo hace uso de las reservas contenidas en la semilla (Quiceno, 2002), y la absorción de fósforo y potasio es mayor para promover el desarrollo radicular según como indica Christians (2002).

La segunda etapa o fase, que comprende un período de 11 días, con una cobertura vegetal de 28 a 70 %; se caracteriza porque las hojas tienen mayor capacidad para capturar energía solar y la fotosíntesis es elevada, iniciándose el almacenaje de nutrientes en las raíces (Bernal, 2005)

En esta etapa o fase, la proliferación de macollos es mayor y el ancho de la

Cuadro 26. Índice de área foliar

Fecha	Altura promedio (cm)	Cobertura vegetal Promedio (%)	IAF
28/01/05	0,5	3,65	0,02
31/01/05	1,6	14,88	0,24
03/02/05	3	28,95	0,87
06/02/05	4,8	46,86	2,25
09/02/05	6,1	53,55	3,27
12/02/05	7,4	70,66	5,23
14/02/05	8,1	75,22	6,09
21/02/05	7,5	83,13	6,23
26/02/05	7,5	84,52	6,34
02/03/05	7,5	85,69	6,43
07/03/05	7,5	92,56	6,94
14/03/05	8,0	94,78	7,58
21/03/05	8,0	96,32	7,71
28/03/05	8,0	98,45	7,88
04/04/05	8,0	99,20	7,94
11/04/05	8,0	100,00	8,00

Gráfica 3: Índice de área foliar

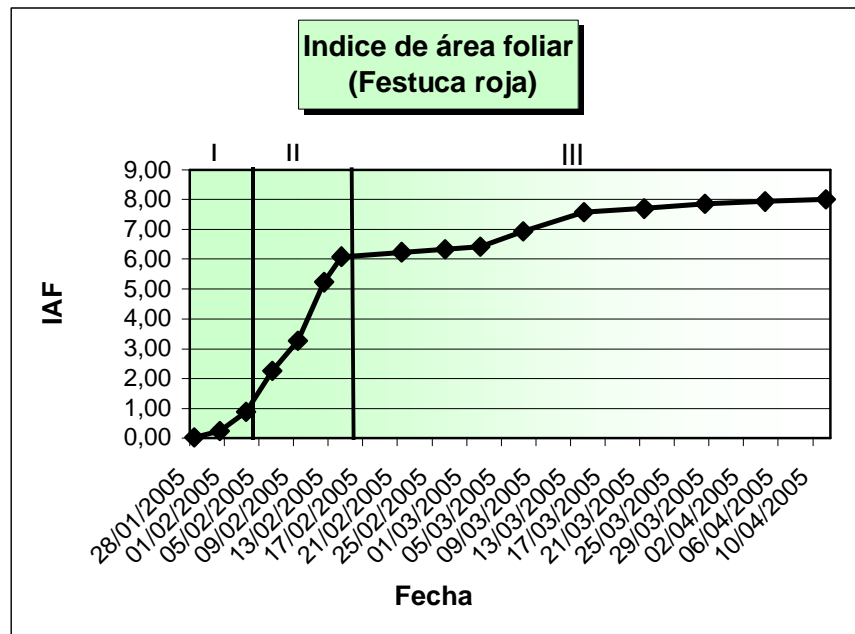


lámina foliar se incrementa, requiriendo el cultivo mayor cantidad del nutriente nitrógeno por la elevada eficiencia fotosintética que se presenta en esta fase o etapa (Quiceno, 2002 y Christians, 2002)

La tercera etapa o fase, que comprende un período de 56 días, se caracteriza porque existe una mayor cobertura vegetal y las hojas proyectan mayor sombra entre sí; existiendo una mayor competencia por los nutrientes del suelo y por la energía solar (Bernal, 2005 y Lopetegui, 2001))

En esta fase o etapa, el desgaste producido por el corte de césped genera un mayor uso de energía para promover el crecimiento de la lámina foliar (Quiceno, 2002)

En esta fase se observa la aparición de hojas muertas, que es consecuencia de la senescencia de las hojas del césped, donde el cultivo requiere el uso de energía para promover la aparición y desarrollo de nuevas hojas (Quiceno, 2002 y Bernal, 2005).

Flores (1987), indica que el IAF es de suma importancia, ya que influye en el mejor aprovechamiento de la energía solar para un mayor aumento de peso, siendo un IAF óptimo aquel que permita llegar a un equilibrio entre la mayor cantidad de hojas para interceptar toda la luz y la creciente demanda de energía para satisfacer los requerimientos respiratorios de las hojas inferiores.

El mismo autor, indica, que el mejor IAF para pasturas oscila entre 5 y 10; en nuestro caso y a una cobertura vegetal promedio de 70,66% con una altura promedio de hojas de 7,4 se obtuvo un IAF de 5 y a medida que la cobertura vegetal llegó al 100% en un lapso de 2 y medio meses y a una altura de corte que osciló entre los 7,5 a 8 cm para bajar a 5 cm de altura (Christians, 2002 y Ortho's, 1999) se mantuvo este IAF en un valor aproximado de 5 a 8.

Con estos valores de IAF se observó un césped de apariencia sana y de un verde intenso.

3.10.9 Rendimiento en materia verde y seca

Velasco (2001), menciona que existe una estrecha relación entre el IAF y el incremento de peso y que el rendimiento, que en este caso es la relación de gramos de materia verde o materia seca por metro cuadrado por día, depende en proporción directa del índice de área foliar, esto indica que a un IAF óptimo, la tasa de crecimiento será mayor.

3.10.9.1 Rendimiento en materia verde

Para un área verde de festuca roja de 400 metros cuadrados, se obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro 27 y en la gráfica 4.

En la gráfica mencionada, se observa que el primer corte de césped, con relación a los demás presenta una mayor cantidad de materia verde recolectada, Espinoza (1996), señala que esto es normal en gramíneas debido a la fase temprana de crecimiento del cultivo, y que, a partir del segundo corte, el cultivo logra cumplir el ciclo normal de crecimiento.

En el cuadro 27, se observa que el rendimiento en materia verde del segundo corte y los rendimientos de la secuencia de cortes de césped comprendidos entre el quinto y catorceavo corte de césped, presentaron valores aproximados de cantidad de materia verde producida.

En el mismo cuadro, se observa que el promedio del total del rendimiento de materia verde fue de 26,38 kg por 400 metros cuadrados, 65,9 gr/m², ó 659,6 kg/ha observándose en estos períodos de corte, un color verde intenso y apariencia saludable del césped.

Apráz (2005), en un ensayo realizado en pasturas, menciona haber encontrado una relación directa entre el índice de área foliar y la producción de materia verde y materia seca, que se explica por el hecho de que una mayor cobertura vegetal aumenta el aprovechamiento de la luz incidente que la planta utiliza en sus procesos de fotosíntesis.

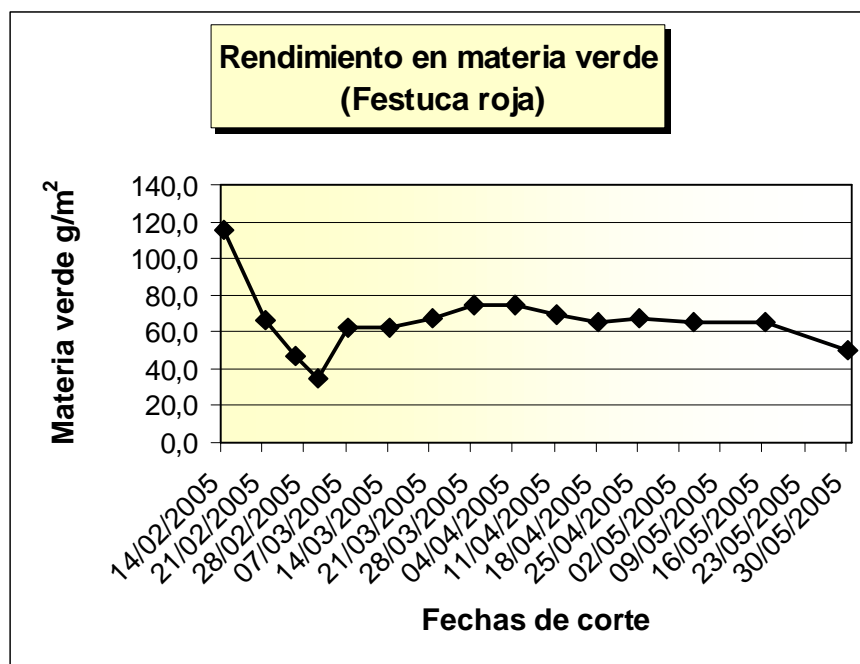
En el presente ensayo y a partir del quinto corte de césped, los valores del IAF antes de cada corte se mantuvieron en un valor promedio de 7 y 8 (ver cuadro 26), con cuyos resultados, el rendimiento de materia verde de festuca roja aportó valores aproximados entre sí, corroborándose lo mencionado por Apráz (2005)

En el cuadro 27, se observa que en el tercer y cuarto corte de césped la cantidad de materia verde disminuye, esto debido posiblemente a la presencia de áreas verde amarillentas que se presentaron en las regiones de pendiente alta del terreno, donde se presentó un déficit de nitrógeno disponible para la planta denominado clorosis (Christians, 2002).

Cuadro 27. Rendimiento en materia verde de festuca roja

Fecha de corte	No. de corte	Días al corte	Altura de corte promedio (cm)	Materia verde (kg)	Materia verde (g/m ²)
14/02/05	1	19	7,5	46,00	115,00
21/02/05	2	7	7,5	26,75	66,88
26/02/05	3	5	7,5	18,75	46,88
02/03/05	4	4	7,5	14,00	35,00
07/03/05	5	5	7,5	25,00	62,50
14/03/05	6	7	8	25,00	62,50
21/03/05	7	7	8	27,00	67,50
28/03/05	8	7	8	30,00	75,00
04/04/05	9	7	8	30,00	75,00
11/04/05	10	7	8	28,00	70,00
18/04/05	11	7	8	26,00	65,00
25/04/05	12	7	8	27,00	67,50
04/05/05	13	9	7,5	26,25	65,63
16/05/05	14	12	7,5	26,00	65,00
30/05/05	15	14	7,5	20,00	50,00
Promedio		7,5	7,7	26,38	65,96
Total				395,75	989,38

Gráfica 4 Rendimiento en materia verde de festuca roja



Entre estos dos cortes de césped se nota a su vez una disminución en el incremento de la cobertura vegetal.

Apráez (2004), indica que en ensayos realizados en pasturas, encontró que la aplicación de abonos ricos en nitrógeno influyeron notablemente en el incremento del índice de área foliar.

Hähndel (1986), menciona que en ensayos de fertilización nitrogenada en césped de festuca roja, se notó una relación estrecha entre la cantidad de materia verde recolectada y el nitrógeno disponible en el suelo; corroborándose entonces, que el déficit de nutriente nitrógeno influyó principalmente, en la disminución de la materia verde recolectada del área verde establecida con festuca roja.

La producción total de materia verde para este trabajo fue de 989,38 g/m², en 99 días y 15 cortes de césped, que equivalen a 9,89 tn/ha.

3.10.9.2 Rendimiento en materia seca.

Para un área verde de festuca roja de 400 metros cuadrados, se obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro 28.

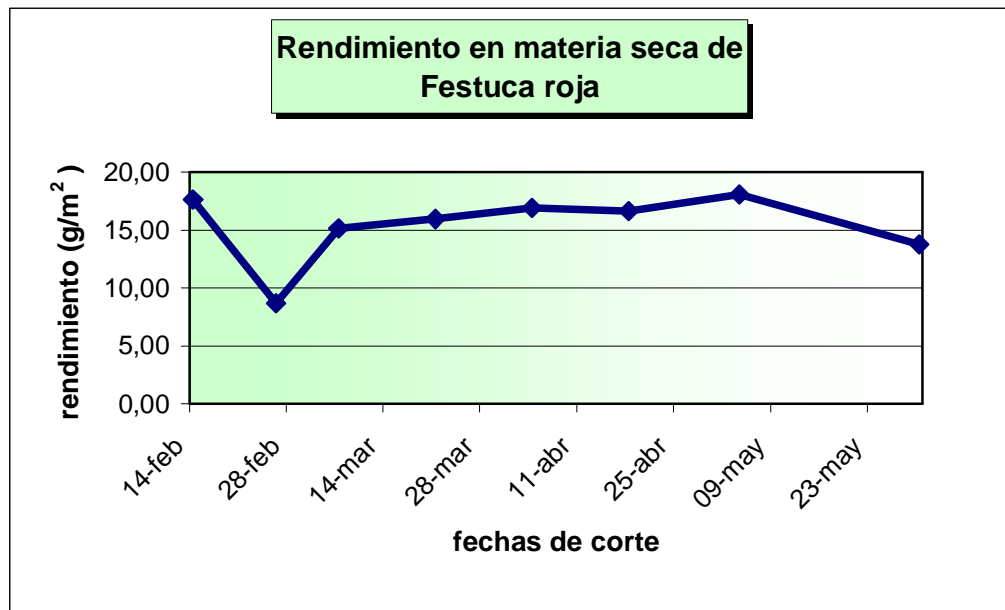
Comparando la gráfica 5 con la gráfica 4, se observa que existe una tendencia similar de la línea trazada de rendimiento en materia verde y materia

seca, dándose a entender que podría existir una relación estrecha entre el rendimiento de materia verde y seca, debido a la relación directa que existe entre el IAF y la cantidad de materia verde y seca recolectada de festuca roja (Velasco 2001).

Cuadro 28 Rendimiento en materia seca de festuca roja

fecha de corte	materia seca (kg)	Materia seca (g/m ²)
14/02/2005	7,05	17,63
26/02/2005	3,47	8,68
07/03/2005	6,05	15,13
21/03/2005	6,38	15,95
04/04/2005	6,75	16,88
18/04/2005	6,66	16,65
04/05/2005	7,22	18,05
30/05/2005	5,5	13,75

Gráfica 5. Rendimiento en materia seca de festuca roja



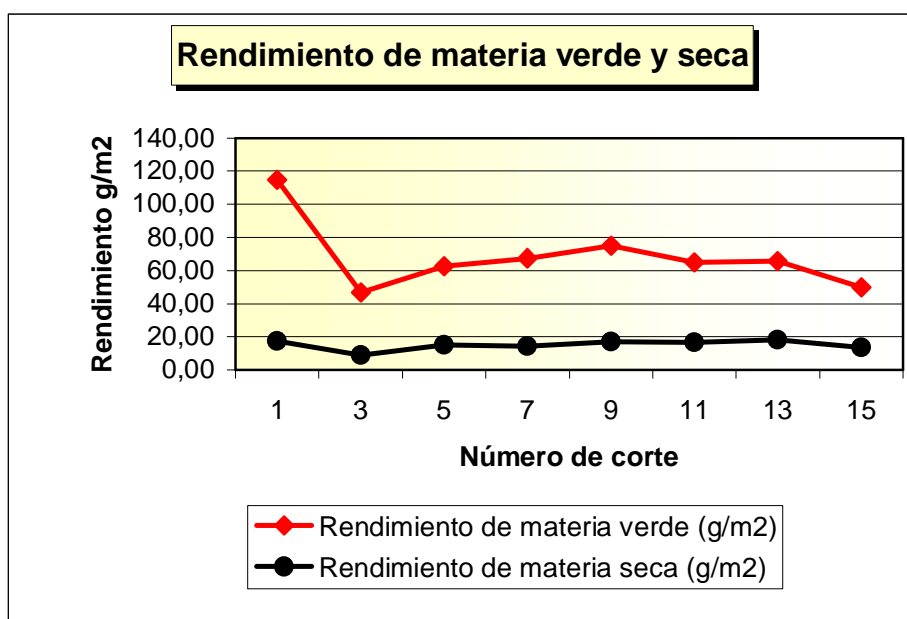
Se realizó el cálculo de correlación entre los datos de la cantidad materia verde y seca que se muestran en el cuadro 29, habiéndose obtenido un coeficiente de correlación de 0,80, lo que demuestra que sí existe una relación directa, entre la cantidad de materia verde y la cantidad de materia seca.

Cuadro 29. Rendimiento de materia seca con respecto a materia verde de festuca roja

Corte	Rendimiento de materia verde (g/m ²)	Rendimiento de materia seca (g/m ²)
1	115,00	17,63
3	46,88	8,68
5	62,50	15,13
7	67,50	14,35
9	75,00	16,88
11	65,00	16,65
13	65,63	18,05
15	50,00	13,75
<i>Coeficiente de correlación: 0,80</i>		
<i>Ecuación de regresión lineal: Y = 0,24779 X - 0,21107</i>		

(Calculado en planilla Excel, Microsoft 2000)

Gráfica 6 Rendimiento de materia verde y seca de festuca roja



La gráfica 6, muestra de la misma manera, una tendencia similar entre los rendimientos de materia verde y seca; corroborando de esta manera lo mencionado por Velasco (2001)

En el presente ensayo, la determinación del contenido de materia seca se realizó en una muestra de un corte de césped por medio, de un total de 15 siegas

de césped, por tanto y con el resultado de correlación, se procedió a realizar una interpolación entre el rendimiento de materia verde y seca, obteniéndose los resultados del cuadro 30.

La producción total calculada de materia seca para el presente ensayo, fue de 222,38 g/m², que equivalen a 2,25 toneladas de materia seca por hectárea.

8.6 Análisis bromatológico

Chilón (1994) y Chonay (2002), mencionan que el análisis bromatológico, junto al análisis de suelos son importantes para realizar un diagnóstico de la nutrición de las plantas, a fin de dar recomendaciones para el mejor aprovechamiento de nutrientes del suelo por la planta.

Cuadro 30 Interpolación del rendimiento de materia verde y seca

Corte	Rendimiento de materia verde (g/m²)	Rendimiento de materia seca (g/m²)
1	115,00	17,63
2	66,88	11,30
3	46,88	8,68
4	35,00	3,77
5	62,50	15,13
6	62,50	15,13
7	67,50	14,35
8	75,00	16,88
9	75,00	16,88
10	70,00	16,76
11	65,00	16,65
12	67,50	19,55
13	65,63	18,05
14	65,00	17,88
15	50,00	13,75
TOTAL	989,38	222,38

En el transcurso del ensayo, se tomaron muestras foliares de corte de césped, que correspondían a un corte por medio de un total de 15 siegas de césped, obteniéndose una muestra por corte de césped; cada muestra fue enviada al

laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Universidad Mayor de San Simón.

El resumen del análisis foliar en porcentaje se muestra en el cuadro 31 y en kilogramos en el cuadro 32

En base a los datos del cuadro 32 se obtuvieron los resultados de interpolación del cuadro 33 y se discutieron los siguientes aspectos:

3.10.9.3 Relación entre la cantidad de materia seca y la absorción de nutrientes

a) Cantidad de materia seca en relación a la cantidad de nitrógeno absorbido.

Comparando las gráficas 7 y 8; que fueron elaboradas en base a los datos resultados del cuadro 33, se observa que el contenido de materia seca de la materia verde recolectada parece estar en función a la absorción de nitrógeno; se realizó la correlación de valores de materia seca y nitrógeno, obteniéndose 0,95 como coeficiente de correlación; señalando este valor una relación directa entre la materia seca y el contenido de nitrógeno.

Manrique (1996), en un ensayo de fertilización nitrogenada en pasturas, demostró que la producción de materia seca fue superior a medida que se aumentaba la dosis de nitrógeno, donde la planta, utiliza el nitrógeno para la formación de proteínas necesarias para la producción de células que forman los nuevos tejidos, aumentándose de esta forma los rendimientos.

Cuadro 31: Resumen de análisis bromatológico de festuca roja

Fecha de corte	Materia seca %	N %	P %	K %	Relación C/N
14/02/2005	15,33	3,19	0,930	3,04	
26/02/2005	18,53	3,22	0,935	2,77	12,40
07/03/2005	24,20	3,31	0,612	3,38	11,70
21/03/2005	21,26	2,89	0,612	2,47	14,40
04/04/2005	22,49	3,69	0,531	2,24	12,00
18/04/2005	25,60	3,22	0,660	2,44	13,10
04/05/2005	27,52	3,55	0,589	2,11	9,80
30/05/2005	27,52	3,08	0,489	1,23	13,80
Promedio	22,81	3,27	0,67	2,46	12,46

Fuente: Lab. De Suelos y Aguas – U.M.S.S., 2005, con arreglo propio.

Transformándose los anteriores resultados a kilogramos, se obtiene el cuadro 32.

En la gráficas 7 y 8, se observa que entre el primer y quinto corte, existe una mayor variabilidad de cantidades de materia seca y nitrógeno que en los cortes

posteriores; esto debido a que el césped estaba en fase de establecimiento, crecimiento acelerado e incremento del índice de área foliar (Manrique, 1996), además, en los primeros cortes hubo una deficiencia del nutriente nitrógeno, que produjo una variación notable en el contenido del mismo en el césped recolectado.

Se observa también, que entre el quinto y séptimo corte la variación del contenido de materia seca y nitrógeno es menor, debido a que el índice de área foliar tiende a ser constante y el contenido de nutrientes del suelo, satisface las necesidades de mantenimiento de la biomasa foliar

En suma se denota que el contenido de materia seca de la biomasa foliar esta en función a la absorción del nutriente nitrógeno, mostrándose una relación de 32,86 g de nitrógeno por kilogramo de materia seca.

Cuadro 32 Resumen de análisis bromatológico de festuca roja en kilogramos para 400 m²

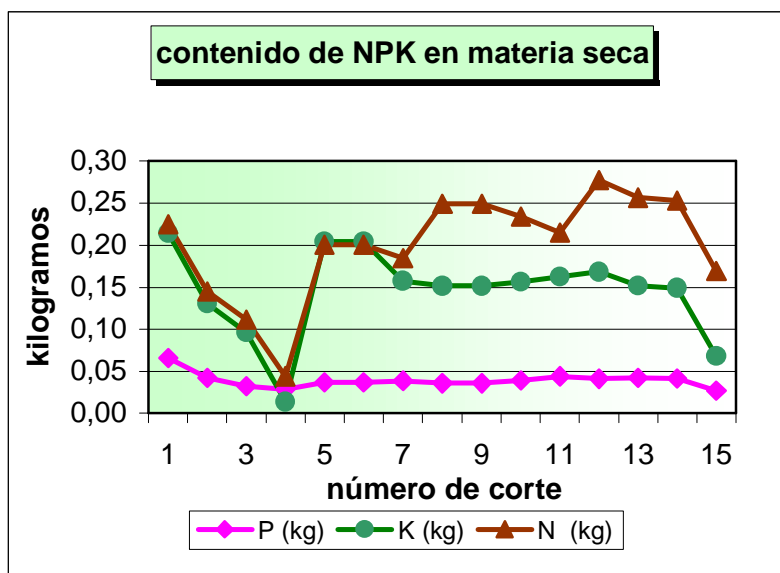
Fecha de corte	Nº corte	Materia verde (kg)	Materia seca (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)	Relación C/N
14/02/05	1	46,00	7,05	0,2249	0,0656	0,2143	
26/02/05	2	18,75	3,47	0,1117	0,0324	0,0961	12,40
07/03/05	3	25,00	6,05	0,2003	0,0370	0,2045	11,70
21/03/05	4	27,00	5,74	0,1844	0,0390	0,1576	14,40
04/04/05	5	30,00	6,75	0,2491	0,0358	0,1512	12,00
18/04/05	6	26,00	6,66	0,2145	0,0440	0,1625	13,10
04/05/05	7	26,25	7,22	0,2563	0,0425	0,1523	9,80
30/05/05	8	20,00	5,50	0,1694	0,0269	0,0677	13,80
Promedio		27,38	6,06	0,1990	0,0399	0,1488	12,46
Total		219,00	48,45	1,5922	0,3194	1,1906	

Fuente: Lab. De Suelos y Aguas- U.M.S.S., con arreglo propio (2005)

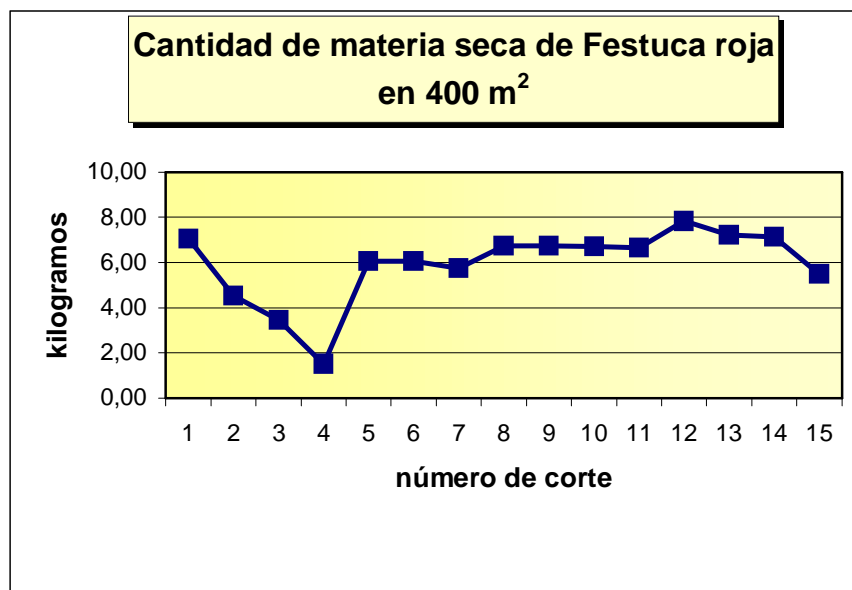
Cuadro 33 Interpolación de los datos del análisis bromatológico de festuca roja en kilogramos para 400 m²

Nº de corte	Materia verde (kg)	Materia seca kg	N (kg)	P (kg)	K (kg)
1	46,00	7,05	0,2249	0,0656	0,2143
2	26,75	4,52	0,1449	0,0421	0,1308
3	18,75	3,47	0,1117	0,0324	0,0961
4	14,00	1,51	0,0444	0,0289	0,0137
5	25,00	6,05	0,2003	0,0370	0,2045
6	25,00	6,05	0,2003	0,0370	0,2045
7	27,00	5,74	0,1844	0,0390	0,1576
8	30,00	6,75	0,2491	0,0358	0,1512
9	30,00	6,75	0,2491	0,0358	0,1512
10	28,00	6,71	0,2337	0,0394	0,1562
11	26,00	6,66	0,2145	0,0440	0,1625
12	27,00	7,82	0,2776	0,0409	0,1682
13	26,25	7,22	0,2563	0,0425	0,1523
14	26,00	7,15	0,2528	0,0419	0,1489
15	20,00	5,50	0,1694	0,0269	0,0677
Total	395,75	88,95	3,0134	0,5892	2,1797
Promedio	26,38	5,93	0,2009	0,0393	0,1453
Total g/m²	989,38	222,38	7,53	1,47	5,45
Promedio g/m²	65,96	14,83	0,50	0,10	0,36

Gráfica 7 contenido de NPK en materia seca de Festuca roja



Gráfica 8 Cantidad de materia seca de Festuca roja



b) Cantidad de materia seca en relación a la cantidad de potasio absorbido.

Se observa en la gráfica 7, que el potasio, es absorbido casi en la misma proporción que el nitrógeno hasta el sexto corte de césped, donde la cobertura vegetal llegó al 94,78% con un IAF de 7,58, y aunque después el potasio es absorbido en menor cantidad; las líneas graficadas de nitrógeno y potasio, muestran cierta relación de paralelismo entre ellas.

Esto se explica por el hecho de que el potasio al igual que el nitrógeno son absorbidos en mayores cantidades que otros nutrientes (Ortiz, 1984).

A pesar que el potasio no es parte constituyente de los tejidos de la planta, es esencial para la síntesis de proteína, la regulación del contenido de agua dentro de las células y la transferencia y formación de azúcares y almidones (Ortiz, 1984; Salisbury, 1988).

Al realizarse la correlación entre la cantidad de materia seca y cantidad de potasio, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0,76 y una relación de requerimiento de 24,50 gramos de potasio para producir un kilogramo de materia seca; por tanto y de acuerdo a las muchas funciones que cumple el potasio dentro de la planta de festuca roja, existe una notoria relación entre la producción de materia seca y la absorción de potasio.

c) Cantidad de materia seca en relación a la cantidad de fósforo absorbido.

En la gráfica 7, se observa una cantidad menor del nutriente fósforo en relación al nitrógeno y potasio, presentando la gráfica, valores de cantidad de fósforos casi constantes en la mayor parte del ensayo; al respecto, Ortiz (1984), señala que la presencia de fósforo en la parte aérea de la planta en relación al nitrógeno y potasio es menor.

Christians (2002), indica que la cantidad de fósforo en el suelo deber ser mayor que la del nitrógeno, a fin de que se logre un buen desarrollo radicular al inicio de la emergencia, el mismo autor indica también que el requerimiento de fósforo es menor cuando el cultivo de festuca roja ya esta establecido en el área.

Como se observa en la gráfica 7, se presentó una cantidad mayor de fósforo en la primera muestra de césped cortado, correspondiendo este valor a una cobertura vegetal de 75, 22 %, donde el área verde establecida con festuca roja, desde la germinación hasta el primer corte, consume mayor cantidad de nutrientes a causa de la característica de velocidad de crecimiento y desarrollo propios de la especie (Christians, 2002; Ortho's, 1999).

Se realizó el cálculo de correlación entre la cantidad de materia seca y fósforo, obteniéndose un coeficiente de correlación de 0,50 y una relación de requerimiento de 6,62 gramos de fósforo por kilogramo de materia seca producida.

Por tanto, se nota que la relación de correlación entre la cantidad de fósforo y materia seca no presenta significancia, mas, no es de poca importancia, por ser el nutriente fósforo el primer pilar para elaborar cualquier esquema de diagnóstico de las necesidades de fertilización, según informa la revista INTA – pergamino (2005)

3.10.10 Contenido de NPK en el suelo y en la materia seca.

3.10.10.1 Contenido de nitrógeno en el suelo

En el transcurso del ensayo, se tomaron tres muestras del suelo de labor en tres diferentes fechas y se realizaron tres fertilizaciones con urea al 46%

De las muestras de suelo se obtuvieron tres informes de análisis, donde los resultados del contenido de nitrógeno total, fósforo disponible y potasio disponible son los siguientes:

Cuadro 34 Resumen del contenido NPK en tres muestras de suelo

Fecha de muestreo	Número de laboratorio	Nitrógeno (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (meq/100g S⁰)
8/12/2004	1060	0,093	97,2	2,27
20/01/2005	42	0,106	116,6	1,53
30/05/2005	309	0,074	103,6	0,51

Fuente: Lab. Suelos y Aguas – U.M.S.S., 1994 – 1995

Transformándose los anteriores resultados a kilogramos para 400 metros cuadrados del área de ensayo, se tiene:

Cuadro 35. Resumen del contenido de NPK del suelo en kilogramos para 400 metros cuadrados

Nº Lab.	Nitrógeno (Kg)	Fósforo (Kg)	Potasio (kg)
1060	159,59	16,68	151,92
42	181,90	20,01	102,39
309	126,98	17,78	34,13

En el cuadro 35, se observa un incremento del nitrógeno total en el N^o Lab 42, esto fue debido a que tres días antes de la toma de la muestra del suelo, se añadió 7 kg de urea (46-00-00) como fertilizante de fondo.

Mientras que en el N^o Lab 309, el contenido de nitrógeno disminuye, por una aparente extracción del nutriente nitrógeno por el cultivo.

(Ortiz, 1984), menciona que la mayor parte de pérdidas de nutrientes del suelo, es debida a la extracción de los mismos por el cultivo, y que el nitrógeno presenta mayor movilidad en el complejo suelo – planta – atmósfera, donde las pérdidas de este nutriente se deben también a la lixiviación, pendiente, erosión del suelo y pérdidas en forma de gas.

Según los resultados del cuadro 35, el consumo aparente de nitrógeno fue de 54,92 kilogramos, 137,3 g de nitrógeno por metro cuadrado de área verde, ó 1373 kg/ha; de donde, una fracción corresponde al nitrógeno realmente absorbido por el área de césped.

Chilón (1994) y Ortiz (1984), mencionan que el nitrógeno total presente en el suelo, solo puede ser extraído por la planta en forma mineralizada, y que cada suelo por su textura y clima en el que se encuentra presenta un determinado coeficiente de mineralización.

Para el presente ensayo, se tomó el coeficiente de 0,02, que corresponde a un suelo de textura franco arenosa y a una región templada (Chilón, 1994; Logan, 1993) obteniéndose resultados, que combinados con los datos de contenido de nitrógeno en la materia seca, ayudaron a elaborar el cuadro 36.

3.10.10.2 Contenido de nitrógeno en el suelo y en la materia seca

Cabe recalcar, que el cuadro 36 presenta valores supuestos y no del todo exactos de la dinámica del nitrógeno en el suelo, debido a que no se tomaron en cuenta factores como la volatilización, lixiviación, reservas de nitrógeno en la semilla y raíces, aporte de nitrógeno por la precipitación pluvial, por la senescencia de hojas y restos de corte de césped, variabilidad en la velocidad de mineralización del nitrógeno, temperatura del suelo, que influyeron en la dinámica del nitrógeno en el suelo.

El primer dato de nitrógeno disponible en el suelo, que muestra el cuadro 36, corresponde a un tiempo de mineralización de 26 días tomados desde la fecha del muestreo del suelo que fue el 20 de enero del 2005, hasta la primera fecha de muestreo de hierba cortada, que corresponde al 14 de febrero del 2005.

La cantidad estimada de nitrógeno mineralizado por día fue de:

$$181,90 \text{ Kg Nt} \times 0,02 = 3,638 \text{ Kg N mineralizado/ año, ó } 90,95 \text{ kg/ha/año}$$
$$3,638 \text{ kg N min} / 365 \text{ días} = \mathbf{9,9671 \times 10^{-3} \text{ Kg N mineralizado/ día ó } 0,249 \text{ kg/ha/día}}$$

Cuadro 36 Estimación del contenido de nitrógeno en el suelo en base a análisis de suelo y análisis bromatológico de festuca roja

Fecha de corte	Días al corte	Materia verde kg	Materia seca %	Materia seca kg	N %	N foliar Festuca rubra (kg)	N disp. en el suelo kg*
14/02/05	26	46,00	15,33	7,05	3,19	0,2250	0,2591
26/02/05	12	18,75	18,53	3,47	3,22	0,1119	0,1538
02/03/2005(**)							0,2760
07/03/2005(*)	9	25,00	24,20	6,05	3,31	0,2003	0,4076
21/03/05	14	27,00	21,26	5,74	2,89	0,1659	0,3469
04/04/05	14	30,00	22,49	6,75	3,69	0,2490	0,3205
18/04/2005(***)	14	26,00	25,60	6,66	3,22	0,2143	0,9471
04/05/05	16	26,25	27,52	7,22	3,55	0,2565	0,8923
30/05/05	26	20,00	27,52	5,50	3,08	0,1695	0,8950

* Cantidad de nitrógeno disponible en el suelo en base a 0,02 de coeficiente de mineralización (Chilón, 1994)

(*) Corte realizado a los 6 días después de la fertilización nitrogenada

(**) fecha de fertilización con urea, se aplicaron 0,6 kg de urea

(***) fecha de fertilización con urea, se aplicaron 1, 6 kg de urea.

fuentes: elaboración propia, 2005

Se multiplico el valor de N mineralizado por día por los valores de la columna días al corte del cuadro 36, obteniéndose como primer valor, una cantidad de nitrógeno mineralizado igual a 0,2591 kg, que como se observa en el cuadro, compensa el requerimiento inicial de la festuca roja

En el desarrollo del cuadro mencionado, se observan dos fechas de fertilización, donde las cantidades de urea aplicadas fueron calculadas en base a la cantidad de nitrógeno presente en el análisis bromatológico de festuca roja (Chilón, 1994).

Las fechas de fertilización anteceden a valores bajos disponibles en el suelo y donde el aspecto del césped mostraba un color verde amarillento en las áreas altas de pendiente.

Se tiene que en fecha 2 de marzo, el césped presentó regiones verde amarillentas en el área foliar, especialmente en las áreas del terreno que presentaban una pendiente mayor, para esta fecha la cobertura vegetal había

alcanzado un 87,69 %, la cantidad de hierba recolectada fue menor, no obstante, el porcentaje de materia seca y nitrógeno se incrementaron; esto se explica por el hecho de que el corte de césped se realizó cuando la altura de corte alcanzó los 7,5 cm en poco más del 51 % del área, quedando el resto en una altura de hojas menor, debido a que presentaban síntomas de deficiencia del nutriente nitrógeno.

El incremento de materia seca y nitrógeno, de la materia verde que fue recolectada del área de césped, se explica por el hecho de que la materia seca se incrementa cuando existe mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo (Manrique, 1996)

A partir de la fecha de fertilización realizada a los 36 días de la emergencia y en los posteriores cortes se observa una recuperación del verde intenso en las áreas de césped que presentaban un color verde amarillento, así como un incremento en la formación de macollos y cobertura vegetal, donde el 100 % del área presenta uniformidad en la altura de corte.

Este hecho, es corroborado por Christians (2002), quien menciona que la fertilización nitrogenada proporciona un mayor verdor en las áreas de césped.

Además, Admin (2003) y el centro de información NRCS (2005), reportan que la festuca rubra se adapta muy bien en condiciones de pendiente, pudiendo sufrir deficiencia de nitrógeno por causa de lixiviación del nutriente nitrógeno en las partes superiores de las pendientes, siendo corregido este hecho por medio de la fertilización, especialmente en la época de verano.

Así mismo, el centro de información Grassfarm (2003), publicó, que para un césped verde y vigoroso se requiere una fertilización cada 45 a 60 días en épocas calurosas; siendo la primera fertilización después de 30 días de emergido el césped, con niveles de fertilización que varían de acuerdo a la estación y al análisis de suelos.

En el presente ensayo, la fertilización se realizó en los rangos de tiempo establecidos por Grassfarm (2003), debido al requerimiento del nutriente nitrógeno que presentó el cultivo en estudio.

3.10.10.3 Contenido de nitrógeno en relación al rendimiento de materia seca

Del cuadro 33 se extrae que para producir un promedio de 5,93 kg de

materia seca (148,25 kg/ha), en 400 metros cuadrados de superficie, se requieren en promedio 0,2009 kg de nitrógeno, o su equivalente a 5,02 kg/ha.

Si la frecuencia de corte de césped promedio es de 7,5 días, con una producción de materia seca promedio de 5,93 kg (148,25 kg/ha) como se mencionó anteriormente, en un año se tendría 49 cortes de césped con una producción de 290,57 kg de materia seca en 400 metros cuadrados, ó 7,26 tn/ha, requiriéndose para esta producción un promedio de 9,9 kg de nitrógeno al año o su equivalente 247,5 kg/ha/año.

Christians (2002), Ortho's (1999), y el centro de información Grassfarm (2003), reportan que en general el requerimiento anual de nitrógeno para la festuca roja es de 2 a 6 kg de nitrógeno por 400 metros cuadrados (50 a 150 kg/ha).

Hähndel (1986), señala que el requerimiento de nitrógeno para 400 metros cuadrados establecidos con festuca roja, oscila entre 4,3 a 12,9 kg (107,5 a 322.5 kg/ha), dependiendo este requerimiento de las condiciones edafoclimáticas del lugar, así como la frecuencia de corte y estación del año.

De acuerdo a lo anterior, el rango de requerimiento de nitrógeno para festuca roja en el presente ensayo se encuentra dentro del rango señalado por Hähndel (1986), siendo mayor al rango establecido por Christians (2002), Ortho's (1999) y el centro de información Grassfarm (2003), explicándose este hecho por la variabilidad de las condiciones del ensayo en cuanto a suelo, clima, estación del año frecuencia de corte, así como explica Hähndel (1986),

A raíz de todo lo señalado anteriormente, se realizó un cálculo de correlación entre la cantidad de materia seca y el contenido de nitrógeno, obteniéndose un valor de 0,98, observándose que la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo para la planta, influye directamente en la cantidad de materia seca producida, siendo este, un parámetro importante que ayuda a determinar el tiempo de fertilización.

3.10.10.4 Relación de uso del nutriente nitrógeno.

Al realizarse la comparación entre el consumo aparente de nitrógeno, cuyo valor es 54,92 kg (1373 kg/ha), y el contenido de nitrógeno para 400 metros cuadrados de un rendimiento total en materia seca de 88,95 kg, de donde se

obtuvo 3,0134 kg de nitrógeno en materia seca por 400 metros cuadrados ó 75,33 kg/ha, se tiene que:

La relación de uso estimado del nutriente nitrógeno para la producción de materia seca fue de 5,48 %, atribuyéndose una parte del nitrógeno restante a la pérdida del nutriente por factores no estudiados en el presente ensayo como la lixiviación y volatilización, que posiblemente presentaron valores altos antes de que la cobertura vegetal llegara a un 100 % (Salisbury, 1988)

La otra parte del nitrógeno no comprendido en la materia seca se localizaría en las raíces en forma de reserva y en la parte aérea del cultivo que comprende los primeros 5 cm de altura (Centro de información wanadoo, 2005)

3.10.10.5 Contenido de fósforo en el suelo y en la materia seca

Del Cuadro 33 se extrae que para producir un total de 88,95 kilogramos de materia seca (222,38 kg/ha), se requieren 0,5892 kg de fósforo ó 14,73 kg/ha.

Relacionándose el contenido total de fósforo de la materia seca con el valor de 2,23 kg que corresponde a la diferencia de contenido de fósforo en el suelo de los dos últimos análisis de suelos (cuadro 35), tenemos una relación de consumo para la producción de materia seca igual a 26,42 %.

Una mínima cantidad del fósforo restante, se podría haber perdido por lixiviación (INTA, 2005) y otra parte se hallaría en las raíces y en la parte aérea del cultivo comprendido en los primeros 5 cm de altura.

En el cuadro 33 y en la gráfica 7, se observa que al inicio, la cantidad de fósforo en la materia seca es mayor, debido a que el fósforo ayuda al desarrollo acelerado y vigoroso de la planta en sus primeros estadíos de vida (Ortiz, 1984)

En el mismo cuadro, se observa que en al final del ensayo, existe una disminución del elemento fósforo, que se explica por el hecho de que en este período las temperaturas mínimas del ambiente descendieron causando una disminución en la eficiencia fotosintética (Christians, 2002; Ortho's, 1999; Hähndel, 1986), lo que influye en la absorción del fósforo que participa activamente en el proceso fotosintético (Ortiz, 1984; Salisbury, 1988)

Si se relaciona la cantidad total de nitrógeno y fósforo presente en la materia seca, se obtiene un valor de 5 a 1, que indica un requerimiento de cinco

unidades de nitrógeno por una de fósforo para sustentar la materia seca resultante la frecuencia de corte de césped.

La anterior relación es corroborada por Ortho's (1999), que indica un menor requerimiento de fósforo en relación con el nitrógeno, siendo el elemento fósforo esencial para mantener un césped saludable.

3.10.10.6 Contenido de potasio en el suelo y en la materia seca

Del Cuadro 33 se extrae que para producir un total de 88,95 kg de materia seca, se requirieron 2,1797 kg de potasio ó 54,49 kg/ha.

En relación con la cantidad de potasio en el suelo, se tiene que el consumo aparente de este nutriente fue de 68,26 kg (diferencia entre los dos últimos valores del cuadro 35), y que en relación con el potasio de la materia seca, se tiene un aprovechamiento de 3,19 %, asumiéndose que una parte de la cantidad restante de potasio se encuentra en la masa radicular y la materia seca comprendida en los primeros 5 cm de altura del césped; y que otra parte del elemento potasio, se perdió por medio de la lixiviación (Ortiz, 1984)

En el cuadro 33 y en la gráfica 7, se observa que los mayores valores de contenido de potasio en la materia seca corresponden al primer período de desarrollo del cultivo y a la respuesta del césped a la primera fertilización nitrogenada; al respecto, Christians (2002), Ortho's (1999) y el centro de información Grassfarm (2003), confirman que el requerimiento del nutriente potasio es mayor en los primeros estados de desarrollo del césped.

Por otro lado, el corresponsal internacional agrícola del Instituto Internacional de la Potasa (1972), informa que el efecto de la fertilización nitrogenada esta directamente influido por la disponibilidad de potasio en el suelo, donde el potasio cumple un rol importante en la síntesis de proteínas y en la elongación de las hojas (Ortiz, 1984).

La disminución del contenido de potasio en la materia seca de los últimos datos del cuadro 33, se ve influenciado por la disminución de la temperatura mínima que causa un efecto directo en la eficiencia fotosintética (Christians, 2002; Ortho's, 1999; Hähndel, 1986), donde el consumo del nutriente nitrógeno esta relacionado con el consumo de potasio.

Si se relaciona la cantidad total de nitrógeno y potasio presente en la materia seca, se obtiene un valor de 4 a 3, que indica un requerimiento de cuatro unidades de nitrógeno por tres de potasio para sustentar la biomasa foliar resultante del repique de césped.

La anterior relación es corroborada por Ortho's (1999), que indica un menor requerimiento de potasio en relación con el nitrógeno, pero mayor en relación con la del fósforo, donde el potasio cumple un rol importante en la apariencia verde y saludable del césped.

3.10.11 Rango de requerimiento de nutrientes NPK

El rango de requerimiento promedio de nitrógeno, fósforo y potasio para el mantenimiento de la materia seca fue de 15:3:4 para un período de tiempo de 125 días, este dato es cercano al mencionado por Street y White (2005), quienes indican que el rango de requerimiento de nutrientes para césped se halla entre 9-3-6 y 15-3-6 como promedio general para un suelo de textura franco arenosa.

Tomándose los valores comprendidos entre las fechas 7 de marzo y 4 de mayo del cuadro 32, que presentan una cierta aproximación entre ellos, se obtiene un rango de requerimiento de nutrientes para la producción de materia de 28 - 5 - 7.

Christians (2002), Ortho's (1999), Street y White (2005), el centro de información Grassfarm (2003), Infojardin (2004), dan a conocer que el requerimiento de nutrientes por césped en general, varía de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas del medio, donde las especies cespitosas de clima templado, clima al que corresponde la festuca roja, tiene un requerimiento mayor de NPK en primavera y otoño, siendo el requerimiento menor en verano e invierno.

Los mismos autores y centros de información, reportan que el césped en forma general debe recibir fertilización de 3 a 4 veces al año y preferentemente al principio y final de la primavera, al principio y final del verano y al principio de otoño.

En el presente ensayo, el requerimiento para la manutención de la biomasa foliar, que estuvo comprendida en el rango de 28 - 5 - 7 y que se dio a finales del

verano 2005, corresponde a un período de alto requerimiento de nutrientes (Grassfarm, 2003; Christians, 2002; Ortho's, 1999)

3.10.12 Relación carbono nitrógeno

Cuadro 37 Relación carbono nitrógeno en festuca roja

Fecha	Relación C/N
26/02/2005	12,4
07/03/2005	11,7
21/03/2005	14,4
04/04/2005	12,0
18/04/2005	13,1
04/05/2005	9,8
30/05/2005	13,8
Promedio	12,46

Fuente: Lab. Suelos y aguas Fac. Agronomía U.M.S.S con arreglo propio, 2005

El centro de información Infoagro (2004), da a conocer que para obtener un compost de buena calidad, la relación carbono nitrógeno deberá estar comprendida en un rango de 25 a 35, donde los valores bajos de la relación no afectan al proceso de compostaje, pero con un contenido alto en nitrógeno se llega a obtener sustancias de descomposición no deseables en el compost.

El mismo centro de información, da a conocer que uno de los materiales usados en el compostaje es el césped cortado que presenta una relación de carbono – nitrógeno baja y que mezclado con otros restos vegetales de una relación de carbono nitrógeno no mayor a 35, producen compost de excelente calidad

En el cuadro 37 se observa una relación C/N baja en todos los casos, pudiendo elaborarse con el material recolectado de corte de césped, en combinación con otros residuos vegetales, un compost de buena calidad.

3.10.13 Cronograma de mantenimiento para festuca roja.

Christians (2002), Ortho's (1999), el centro de informaciones Grassfarm (2003) e Infojardin (2004), recomiendan e informan, que para un buen

mantenimiento del césped, se deben tomar en cuenta los siguientes factores: altura de corte de césped, fertilización, riego, aereado, control de malezas, plagas y/o enfermedades.

De acuerdo a las recomendaciones antes mencionadas, se tomaron en cuenta las siguientes especificaciones técnicas para el mantenimiento del área verde establecida con festuca roja.

a) Altura de corte de césped

El corte de césped, se debe realizar a 5 cm de alto, siempre que el césped alcance los 7,5 a 8 cm de altura, de lo contrario, solo se debe cortar y extraer 2,5 cm de largo de las hojas de césped, a fin de evitar problemas en el desarrollo de la raíz y un uso mayor de reservas de nutrientes del césped.

b) Fertilización.

La cantidad de fertilizante a aplicar dependerá, en este caso, del análisis de suelo cuya muestra podría ser tomada a principios del mes de octubre, donde las temperaturas se incrementan, se inicia la época de lluvias y el desarrollo vegetativo de la festuca roja empieza a ser mayor.

La fertilización con NPK, podría realizarse 3 veces en la estación de primavera, de una a dos veces en la estación de verano, tres veces en la estación de otoño y una vez en la estación de invierno.

c) Riego

Se deberá regar con una lámina de 13 mm de agua dos veces a la semana y revisar el sistema de riego después de cada corte.

d) Aereado

Christians (2002) y Ortho's (1999), señalan que la festuca roja tiende a formar bastante broza o paja que con el tiempo impermeabiliza el suelo,

impidiendo así el paso de agua de riego, y que esta capa debe mantenerse aproximadamente a 1,5 cm de grosor.

Los mismos autores señalan que el aireado del suelo, que consiste en quitar pequeños trozos de tierra con césped con la ayuda de un aireador de suelos, ayuda en gran manera a la mejor penetración del agua y fertilizante; y que esta actividad, si fuere necesaria, se debe llevar a cabo en la estación de otoño.

e) Control de malezas, plagas y/o enfermedades

Christians (2002) y Ortho's (1999), sugieren prevenir el desarrollo de plagas como los gusanos del suelo que se alimentan de raíces y se establecen en las estaciones de verano y otoño, así como de posibles enfermedades producidas por hongos, que pueden presentarse en la estación de invierno y/o verano.

3.10.14 Cronograma anual de mantenimiento

Los resultados obtenidos en el presente ensayo, dan un parámetro aproximado del posible futuro comportamiento de la festuca roja en las estaciones de verano y otoño.

A pesar de que los resultados obtenidos corresponden a los primeros meses de vida de la festuca roja, las condiciones y requerimientos edafoclimáticos que se presentaron en el presente ensayo, influyen directamente sobre la especie cespitosa a lo largo de su vida útil.

En el cuadro 38, se observa que la frecuencia de corte se realizará una vez por semana, pudiendo presentarse variación en los meses de junio y julio por las bajas temperaturas que influyen en el crecimiento del césped (Christians,2002)

Se aplicarán 13 mm de lámina de riego dos veces por semana, suprimiéndose el riego en la estación lluviosa.

El muestreo de suelos se realizará un mes antes del inicio de la época alta de producción (Christians, 2002; Ortho's 1999)

Cuadro 38 Cronograma anual de mantenimiento para festuca roja

ACTIVIDAD	MES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Frecuencia de corte	4	4	4	4	4	2-4	2-4	4	4	4	4	4
Riego	no	no	si	si	si	si	si	si	si	si	si	no
Muestreo de suelo								si				
Fertilización	si	si	si	si	no	si	no	no	si	si	si	si
Aereado				si								
Control de plagas y/o enfermedades	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

Fuente: elaboración propia en base a resultados del ensayo y recomendaciones de varios autores, 2005

La fertilización se realizará con una mezcla de urea (46%), 18 – 46 – 00 y KCl (60%), en un rango de 28 – 5 – 7, en las estaciones de primavera, verano y otoño; correspondiendo el rango de 19:3:8 para la estación de invierno que fue calculado en base al último resultado de análisis bromatológico del 30 de mayo (ver cuadro 31)

Christians (2002); Ortho's (1999), Street y White (2005) y el centro de información Grassfarm (2003), indican e informan que el requerimiento de nitrógeno y fósforo en la estación de invierno es menor y que el requerimiento de potasio se incrementa a causa de las bajas temperaturas y posible presencia de heladas, contribuyendo el elemento potasio a la protección del cultivo contra heladas (Salisbury, 1988, Christians, 2002)

El aereado del suelo se realizará a finales del mes de abril, por la tendencia de la festuca roja a formar broza o paja, especialmente después de una intensa actividad de crecimiento, donde se lleva a cabo una elevada reposición de hojas (Infojardin, 2004; Manrique, 2004; Ortho's, 1999)

En el transcurso de todo el año se deberá observar la presencia de plagas y o enfermedades para su respectivo control y posterior prevención.

Por último cabe recalcar que lo señalado anteriormente, estará determinado por el factor climático del medio, pudiendo existir variabilidad dentro del cronograma de mantenimiento del césped de un año a otro.

4. SECCIÓN CONCLUSIVA

4.1 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos para los objetivos y metas planteados en el presente trabajo dirigido se concluye que:

- Se estableció con éxito el área verde con la especie Festuca roja (*Festuca rubra*) en los jardines de la institución C.O.P.I.J.S.U.D.
- Se logró mantener en buenas condiciones de color y apariencia el área verde establecido con festuca roja.
- El lecho de tierra que se preparó, permitió un establecimiento rápido del área verde con una buena profundidad de raíces y un contenido de nutrientes básicos moderado.
- Los informes de análisis de suelos y análisis foliar de festuca roja, fueron un factor importante para determinar la cantidad de nutrientes requeridos por el cultivo.
- El plan de mantenimiento aplicado de acuerdo a la bibliografía consultada, arrojó resultados que podrán ser utilizados para el determinar el futuro comportamiento del área verde establecida con festuca roja
- La maleza conocida como kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) no representó un problema en el establecimiento del área verde.
- El rendimiento de materia seca de festuca roja, tiene una relación directamente proporcional al rendimiento de materia verde recolectada.
- El requerimiento de fertilización nitrogenada para el área verde establecida con festuca roja, se produce cuando empieza a disminuir la cantidad de materia verde recolectada en estaciones cálidas y cuando se observa una disminución en el verde intenso del césped.

- El tiempo promedio de frecuencia de corte de césped es de 7,5 días para la estación de verano.
- El incremento o disminución de la materia verde recolectada así como el color verde del césped, esta en función de la cantidad de nutrientes del suelo.
- Hubo uniformidad en la emergencia; el color verde y altura del césped fueron uniformes a partir de la fertilización inicial post emergencia.

4.2 Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda:

- El establecimiento de áreas verdes con festuca roja a finales de la estación de primavera, a fin de aprovechar la estación calurosa y el inicio de lluvias para un rápido establecimiento del área en cuestión.
- Preparar un adecuado lecho de tierra para obtener un césped de buena calidad y resistencia desde los primeros meses de vida del área verde a establecerse.
- Seguir un plan de establecimiento y mantenimiento de áreas verdes con festuca roja, basado en las especificaciones técnicas mencionadas en el presente trabajo.
- Observar en el transcurso de un año el engrosamiento de la capa de paja para determinar el mejor momento para aerear el terreno de forma manual o con maquinaria a fin de permitir oxigenar el suelo y permitir el paso de agua de riego y nutrientes provenientes de la fertilización.
- Hacer un estudio de la evapotranspiración del área establecida, para mejorar la eficiencia de riego.

5. LITERATURA CITADA

1. ADMIN. 2003, Césped de Alta Tolerancia, UYST, Beltrame & Cia.
Dinamarca, 1pp.
2. AGRONEGOCIOS. 2000. El césped – Jardinería. www.agronegocios.com

3. APIA. 1990. Guía de uso y aplicación de agroquímicos, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, CIAT, FAO, MACA, 4 p.
4. APRÁEZ, E. 2004. Caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral, Resumen de Tesis, Universidad de Nariño, Pasto –Colombia, 6 pp
5. BEGUET, H. A. y BAVERA, G. A. 2001. Fisiología de la planta pastoreada, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Córdoba, Argentina, 1-14p.
6. BERNAL, J. 2005, Manual de Manejo de Pastos Cultivados para Zonas Alto andinas, Dirección de Crianzas – DGPA, Perú. 23 – 32 p.
7. CÁCERES, J. 2000. Normas de interpretación de análisis de suelos y aguas para clasificación, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba – Bolivia, 3 p.
8. CEDASABA. 2000. Interpretación de análisis de suelos, CEDASABA, Buenos Aires – Argentina, 12 pp.
9. CHIPANA, R. 1996. Principios de riego y drenaje. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia, 202 pp
10. CHONAY, J. 2002. Análisis Químico de Suelos para una Fertilización Balanceada, artículo científico, Guatemala, jchonay50@yahoo.com, 7pp
11. CHRISTIANS, N. 2002. Lawns, Meredith Books, Des Moines, Iowa - U.S.A., 192 p.
12. CHILÓN, E. 1994. Apuntes de Edafología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia.
13. C.O.P.I.J.S.U.D. 1997. Construction Documents Project Manual Temple & Ancillary Buildings Cochabamba, Bolivia, Vol. 1, section 02212,., Salt Lake city – U.S.A.
14. ESPINOZA, O. 1996. Influencia del número de cortes en la producción de materia seca y análisis de tejido en avena y triticale. Tesis, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba – Bolivia, 68 pp.
15. FERTIBERIA. 2000. Interpretación de análisis de suelos, www.fertiberia.com, Argentina, 10 p.

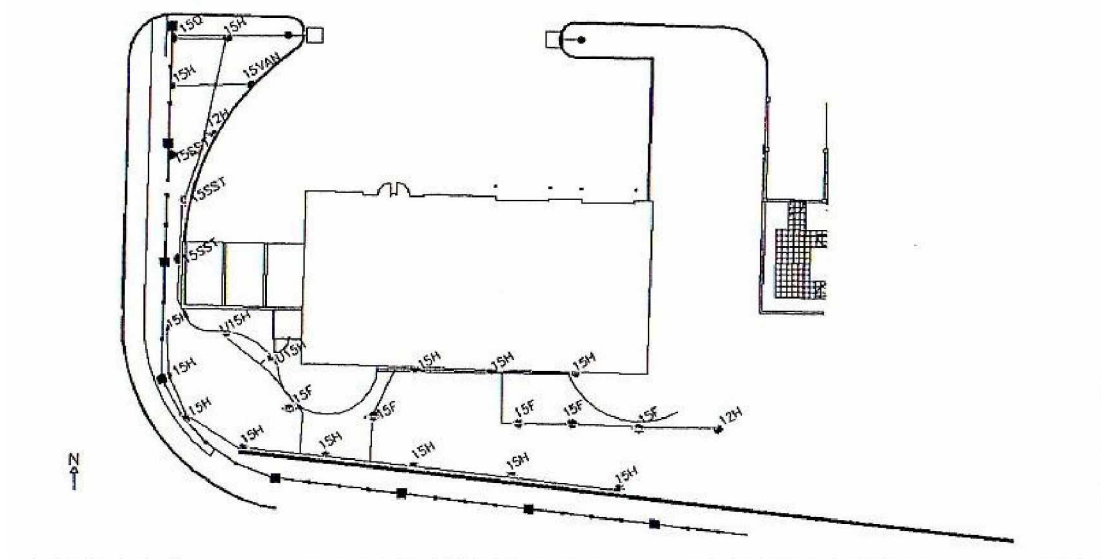
16. FLORES, A. 1987. Manejo de praderas nativas y pasturas en la región Alto Andina, Fondo del Libro Banco Agrario. Lima, Perú, 445–550 pp.
17. GRASSFARM. 2003. Seeding a Lawn, www.grassfarm.com, Morgan Hill, California (U.S.A.), 2 pp.
18. HÄHNDEL, R. 1986. Efecto y aprovechamiento del nitrógeno en la fertilización del césped. Facultad de Edafología, Universidad de Justus-Liebig de Gießen, Holanda, www.compoagricultura.com
19. INFOAGRO. 2004. El compostaje. www.infoagro.com, Argentina
20. INFOJARDIN. 2004. El césped, www.infojardin.com, Argentina
21. INTA. 2005, Movilidad del fósforo en el suelo, Equipo del Proyecto Fertilizar, INTA pergamino 3pp
22. SALISBURY, F. 1988. Botánica, McGraw Hill, 2ª ed, California U.S.A., 761 p
23. LOGAN, J. 1993, Análisis Agroclimatológico de Departamento de Cochabamba, DAI, Cochabamba (Bolivia), 60 p
24. LOPETEGUI, J. 2001, Factores fisiológicos que afectan el crecimiento de las praderas, Revista Lechería, El Diario Austral, Sociedad Periodística Araucanía, Osorno – Chile, 4 pp
25. MANRIQUE, U. 1996. Efecto de la Fertilización Nitrogenada, Edad y Época de Corte sobre el Rendimiento de Materia Seca de *Andropogon gayanus*, Resumen de tesis, FONAIAP, UDO – Escuela de Zootecnia, Santa Bárbara – Colombia, 15 pp
26. MANRIQUE. 2004. Manual de características de césped para jardín y campos deportivos, www.semilleríamanrique.com
27. NRCS. 2005, Red fescue (*Festuca rubra L.*), USDA NRCS Plant Materials Program, United States Department of Agriculture, U.S.A, 2 pp.
28. NUÑEZ, G. 2004, Guía de Manejo de Praderas de Gramíneas de clima Templado en México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias en México, Campo experimental La Laguna, Coahuila – México, 5 pp.
29. ORTIZ, B. 1984, Edafología, 4ª ed., Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo – México, 345 – 349 p
30. ORTHO'S. 1999. All about lawns, Meredith Books, Des Moines, Iowa (U.S.A.), 96 p.

31. PICASSO. 2005, Manual para implantar césped, www.picasso.com, Buenos Aires – Argentina.
32. QUICENO, J. 2002, Características Básicas de la Gramíneas para la Mejor Producción de Forraje en el Trópico. CORPOICA, Colombia, 16 pp.
33. RAIN BIRD. 2001 - 2002. Landscape irrigation products Catalog. Rain bird Sprinkler corporation, U.S.A., 240 pp.
34. RUIZ, R. 2003. Festuca alta (*Festuca arundinacea*), www.agroandina.com, Argentina
35. SEED SUPERSTORE. 2005. Creeping Red Fescue, Chewings Fescue, Hard Fescue, www.seedsuperstore.com, New York – U.S.A.
36. SOTO, P. 2003. Evaluación de nuevas variedades forrajeras en condiciones de riego en la zona centro sur de Chile, INIA – Agrícola Nacional S.A.C.e I, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Quilamapu – Chile. 58 pp.
37. STREET, J y WHITE, S. 1995, Fertilization of Lawns, Horticultura and Crop Sciences, Ohio State University Extensión Fact Sheet, Columbus – Ohio – U.S.A, 10 pp
38. TERAN, C. 1994. Frecuencia de corte y aplicación de potasio sobre la producción y calidad de forraje Axonopus scaperius (Sara Khachu), Tesis, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba – Bolivia, 8 pp
39. TORREJON, A. 2001. Evaluación de la zona regable de Valledado. Plan nacional de regadíos, Centro Nacional de Regadíos, Madrid – España, 73 -85 p.
40. VELASCO, E. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.), Tesis, Programa de Ganadería IRECEP, Texcoco – México. 10-13 pp.
41. WANADOO. 2005 cultivos Herbáceos Extensivos, www.wanadoo.com

6. ANEXOS

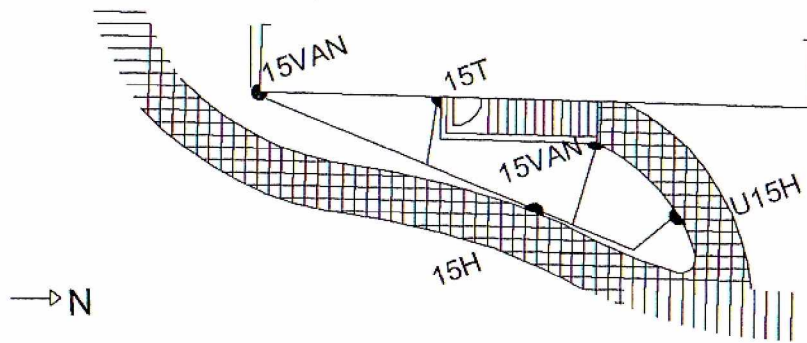
ANEXO 1. Rediseño del sistema de riego

CIRCUITOS 8 Y 9 SUR



ANEXO 1.1 Rediseño del sistema de riego

CIRCUITO 11



ANEXO 2



ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Interesado: Mauricio Mirabal
 Proyecto:
 Procedencia: Alto Queru Queru

Nº. LAB.		1050			
Identificación		M-1			
Prof.	cm	0-20			
% Arcilla		25			
% Limo		23			
% Arena		52			
TEXTURA		FA-F			
Densidad Aparente	g/cm ³	1,42			
pH 1:2,5 (suelo-agua)		7,3			
C.E Milimhos/cm 1:2:5 (suelo/agua)		0,234			
Cationes Intercambiables me/100 g	Calcio				
	Magnesio				
	Sodio				
	Potasio	0,55			
T.B.I	me/100g				
C.I.C.	me/100g				
% Saturación de Bases					
Aluminio intercambiable	me/100g				
Materia Orgánica	%	3,68			
Nitrógeno total (Nt)	%	0,154			
Fósforo disponible *	ppm	10,6			
Relación C:N					

C.E. = Conductividad eléctrica

* = Método: OLSEN

TEXTURA: F = Franco; Y = Arcilla; L = Limo; A = Arena

C.I.C. = Capacidad de intercambio catiónico

T.B.I. = Total de bases intercambiables

Fecha: Cbba. Diciembre de 2004





ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Interesado: COPIJSUD
 Proyecto:
 Procedencia: Alto Queru Queru

Nº. LAB.		1060			
Identificación		M-1			
Prof.	cm	0-30			
% Arcilla		14			
% Limo		16			
% Arena		70			
TEXTURA		FA			
Densidad Aparente	g/cm ³	1,43			
% Capacidad de Campo	tensión 0,33Bar	14,48			
% Pto. Marchitez Permanente	15 Bar	7,59			
pH 1:2,5 (suelo-agua)		6,7			
C.E Milimbos/cm 1:2:5 (suelo/agua)		2,520			
Cationes Intercambiables me/100 g	Calcio	5,0			
	Magnesio	2,5			
	Sodio	1,59			
	Potasio	2,27			
T.B.I	me/100g	11,36			
C.I.C.	me/100g	10,2			
% Saturación de Bases		100,00			
Hierro disponible	ppm	2,90			
Materia Orgánica	%	1,34			
Nitrógeno total (Nt)	%	0,093			
Fósforo disponible *	ppm	97,2			
Relación C:N					

C.E. = Conductividad eléctrica

* = Método: OLSEN





ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

Interesado: COPIUSUD
 Proyecto:
 Procedencia: Alto Quem Quem

Nº. LAB.	42		
Identificación	substrato		
Prof. <i>cm</i>	0-30		
% Arcilla			
% Limo			
% Arena			
TEXTURA			
Densidad Aparente <i>g/cm³</i>			
pH 1:2,5 (suelo-agua)			
C.E Milimhos/cm 1:2.5 (suelo/agua)			
Cationes Intercambiables <i>me/100 g</i>	Calcio		
	Magnesio		
	Sodio		
	Potasio	1,53	
T.B.I <i>me/100g</i>			
C.I.C. <i>me/100g</i>			
% Saturación de Bases			
Hierro disponible <i>ppm</i>			
Materia Orgánica %			
Nitrógeno total (Nt) %	0,106		
Fósforo disponible * <i>ppm</i>	116.6		
Relación C:N			

C.E. = Conductividad eléctrica

* = Método: OLSEN

TEXTURA: F = Franco; Y = Arcilla; L = Limo; A = Arena

C.I.C. = Capacidad de intercambio catiónico

T.B.I. = Total de bases intercambiables

Fecha: Cbba. Febrero de 20





ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Interesado: COPIJSUD
 Proyecto:
 Procedencia: Alto Queru Queru

Nº. LAB.		309			
Identificación		suelo M-1			
Prof.	cm	0-25			
% Arcilla		11			
% Limo		22			
% Arena		67			
TEXTURA		FA			
Densidad Aparente	g/cm ³	1,43			
pH 1:2,5 (suelo-agua)		6,9			
C.E Milimhos/cm 1:2:5 (suelo/agua)		0,207			
Cationes Intercambiables me/100 g	Calcio	7,0			
	Magnesio	1,5			
	Sodio	0,09			
	Potasio	0,51			
T.B.I	me/100g	9,10			
C.I.C.	me/100g	9,0			
% Saturación de Bases		100,0			
Aluminio intercambiable	me/100g				
Materia Orgánica	%	1,31			
Nitrógeno total (Nt)	%	0,074			
Fósforo disponible *	ppm	103,6			
Relación C:N					

C.E. = Conductividad eléctrica

TEXTURA: F = Franco; Y = Arcilla; L = Limo; A = Arena

C.I.C. = Capacidad de intercambio catiónico

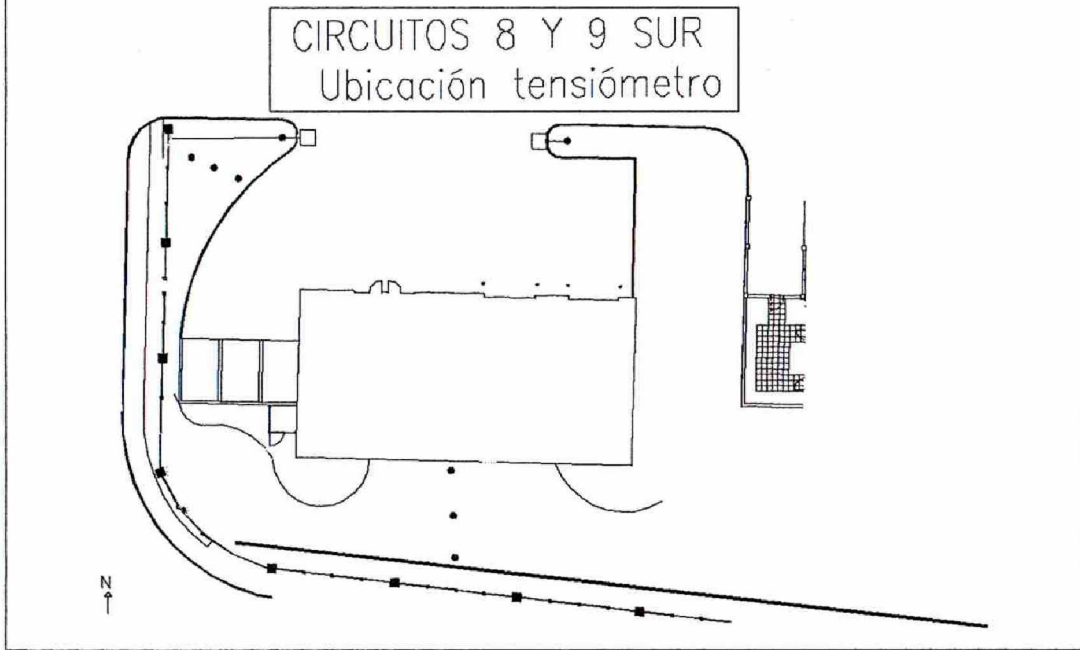
T.B.I. = Total de bases intercambiables

* = Método: OLSEN

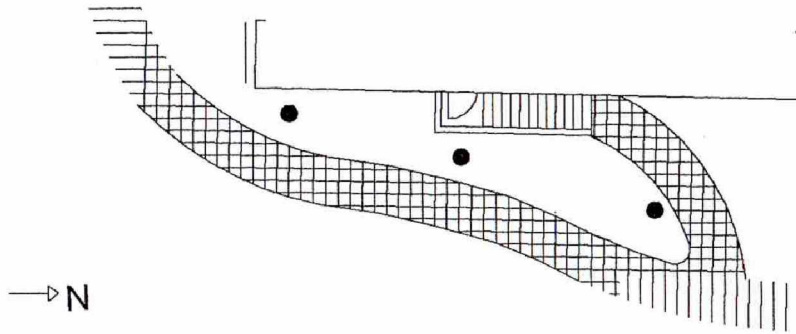
Fecha: Cbba. Junio de 2005



Anexo 3. Medición de humedad del suelo



CIRCUITO 11
Posición tensiómetro



ANEXO 4



ANÁLISIS QUÍMICO DE ABONOS y FOLIARES

Interesado: COPIISUD
 Procedencia: Alto Queru Queru
 Muestra: foliar de Festuca rubra

N °. Laboratorio	49				
Identificación No.	Festuca rubra				
Materia seca	%	15,33			
Ceniza	%				
Densidad Aparent	g/cm ³				
pH					
C.E. Milimhos/cm					
Cationes en %	Calcio				
	Magnesio				
	Sodio				
	Potasio	3,04			
Carbonatos totales	%				
Boro ppm	ppm				
Hierro	ppm				
Fósforo Total **	%	0,93			
Materia Orgánica	%				
Carbono Organico	%				
Nitrógeno Total	%	3,19			
Relación C/N					

C.E. = Conductividad eléctrica
 ** = Met. Diges. Nitrico-paralóbrica

Fecha: Cbba. Febrero de 2005





ANÁLISIS QUÍMICO DE ABONOS y FOLIARES

Interesado: COPLISUD
 Procedencia: Alto Queru Queru
 Muestra: foliar de Festuca rubra

N °. Laboratorio	139			
Identificación No.	Festuca rubra			
Materia seca %	18,53			
Ceniza %				
Densidad Aparent g/cm ³				
pH				
C.E. Milimhos/cm				
Cationes en %	Calcio			
	Magnesio			
	Sodio			
	Potasio	2,77		
Carbonatos totales %				
Boro ppm	ppm			
Hierro	ppm			
Fósforo Total ** %	0,935			
Materia Orgánica %				
Carbono Organico %	40,84			
Nitrógeno Total %	3,22			
Relación C/N	12,4			

C.E. = Conductividad eléctrica
 ** = Met. Diger. Nitrato-perclórica



Fecha: Cbba., Marzo de 2005



ANÁLISIS QUÍMICO DE ABONOS y FOLIARES

Interesado: COPLISUD
 Procedencia: Alto Queru Queru
 Muestra: foliar de Festuca rubra

N° Laboratorio		150			
Identificación No.		Festuca rubra			
Materia seca	%	24,2			
Ceniza	%				
Densidad Aparent	g/cm ³				
pH					
C.E. Milimhos/cm					
Cationes en %	Calcio				
	Magnesio				
	Sodio				
	Potasio	3,38			
Carbonatos totales	%				
Boro	ppm	ppm			
Hierro	ppm				
Fósforo Total **	%	0,612			
Materia Orgánica	%				
Carbono Organico	%	38,70			
Nitrógeno Total	%	3,31			
Relación C/N		11,7			

C.E. = Conductividad eléctrica
 ** = Met. Diger. Nitrato-perclórica



Fecha: Cbba., Marzo de 2005



ANÁLISIS QUÍMICO DE ABONOS y FOLIARES

Interesado: COPIISUD
 Procedencia: Alto Queru Queru
 Muestra: foliar de Festuca rubra

N °. Laboratorio		160	165			
Identificación	No.	Festuca rubra	Festuca rubra			
Materia seca	%		24,69			
Ceniza	%					
Densidad Aparent	g/cm ³					
pH						
C.E. Milimhos/cm						
Cationes en %	Calcio					
	Magnesio					
	Sodio					
	Potasio	2,47				
Carbonatos totales	%					
Boro	ppm					
Hierro	ppm					
Fósforo Total **	%	0,612				
Materia Orgánica	%					
Carbono Organico	%	41,66				
Nitrógeno Total	%	2,89				
Relación C/N		14,4				

C.E. = Conductividad eléctrica
 ** = Met. Diges. Nitrico-perclórica

Fecha: Cbba., Abril de 2005



TOTAL P. 01



ANÁLISIS QUÍMICO DE ABONOS y FOLIARES

Interesado: COPIJUD
 Procedencia: Alto Queru Queru
 Muestra: foliar de Festuca rubra

N.º Laboratorio		183				
Identificación	No.	Festuca rubra				
Materia seca	%	22,49				
Ceniza	%					
Densidad Aparent	g/cm ³					
pH						
C.E. Milímetros/cm						
Cationes en %	Calcio					
	Magnesio					
	Sodio					
	Potasio	2,24				
Carbonatos totales	%					
Boro ppm	ppm					
Hierro	ppm					
Fósforo Total **	%	0,531				
Materia Orgánica	%					
Carbón Orgánico	%	44,05				
Nitrógeno Total	%	3,69				
Relación C/N		12,0				

C.E. = Conductividad eléctrica
 ** = Mst. Digar. Nitrato-perclórica

Fecha: Cbba., Abril de 2005



TOTAL P. 01



ANALISIS QUIMICO DE ABONOS y FOLIARES

Interesado: COPIISUD
 Procedencia: Alto Queru Queru
 Muestra: foliar de Festuca rubra

N °. Laboratorio		196			
Identificación	No.	Festuca rubra			
Materia seca	%	25,6			
Ceniza	%				
Densidad Aparent	g/cm ³				
pH					
C.E. Milimhos/cm					
Cationes en %	Calcio				
	Magnesio				
	Sodio				
	Potasio	2,44			
Carbonatos totales	%				
Boro	ppm				
Hierro	ppm				
Fósforo Total **	%	0,660			
Materia Orgánica	%				
Carbono Organico	%	42,43			
Nitrógeno Total	%	3,22			
Relación C/N		13,1			

C.E. = Conductividad eléctrica

** = Mat. Digs. Nitrico-perclórica



Fecha: Cbba., 12 de Mayo de 2005

TOTAL P. 01



ANALISIS QUIMICO DE ABONOS y FOLIARES

Interesado: COPLISUD
 Procedencia: Alto Queru Queru
 Muestra: foliar de Festuca rubra

Nº. Laboratorio		222			
Identificación	No.	Festuca rubra			
Materia seca	%	27,52			
Ceniza	%				
Densidad Aparent	g/cm ³				
pH					
C.E. Milimhos/cm					
Cationes en %	Calcio				
	Magnesio				
	Sodio				
	Potasio	2,11			
Carbonatos totales	%				
Boro	ppm				
Hierro	ppm				
Fósforo Total **	%	0,589			
Materia Orgánica	%				
Carbono Organico	%	34,74			
Nitrógeno Total	%	3,55			
Relación C/N		9,8			

C.E. = Conductividad eléctrica
 ** = Met. Digest. Nitríco-paralónica

Fecha: Cbba., 13 de Junio de 2005





ANALISIS QUIMICO DE ABONOS y FOLIARES

Interesado: COPIISUD
 Procedencia: Alto Queru Queru
 Muestra: foliar de Festuca rubra

N°. Laboratorio	312				
Identificación No.	Festuca rubra				
Materia seca %	27,52				
Ceniza %					
Densidad Aparent g/cm ³					
pH					
C.E. Milimhos/cm					
Cationes en %	Calcio				
	Magnesio				
	Sodio				
	Potasio	1,23			
Carbonatos totales %					
Boro ppm	ppm				
Hierro ppm	ppm				
Fósforo Total ** %	0,489				
Materia Orgánica %					
Carbone Organico %	42,52				
Nitrógeno Total %	3,08				
Relación C/N	13,8				

C.E. = Conductividad eléctrica
 ** = Mat. Digs. Nitrico-perclórica

Fecha: Cbba., 21 de Junio de 2005

