

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
AGRONOMÍA**



**“TOLERANCIA AL ABONAMIENTO NITROGENADO Y
AZUFRADO EN CINCO ESPECIES DE PASTOS
NATURALES, EN CCARHUACCPAMPA – AYACUCHO, A
4000 msnm”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AGRÓNOMA**

**PRESENTADO POR:
YANET KARINA FLORES PIRCA**

**AYACUCHO – PERÚ
2014**

**“TOLERANCIA AL ABONAMIENTO NITROGENADO Y AZUFRADO EN
CINCO ESPECIES DE PASTOS NATURALES, EN
CCARHUACCPAMPA – AYACUCHO, A 4000msnm”**

Recomendado : 18 de diciembre de 2014

Aprobado : 30 de diciembre de 2014



M.Sc. ALEX LAZARO FINEO BERMUDEZ
Presidente del Jurado



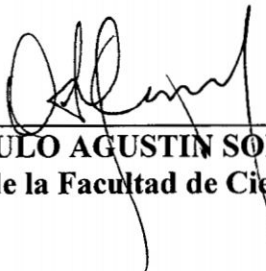
MSc. MARHLENI CERDA GÓMEZ
Miembro del Jurado



Ing. WILFREDO DANIEL GONZALES GUZMAN
Miembro del Jurado



Ing. JUAN BENJAMÍN GIRON MOLINA
Miembro del Jurado



Dr. ROMULO AGUSTIN SOLANO RAMOS
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

A mis queridos padres Lorenzo y a mí adorada madre Juana Lucía, por su amor, comprensión y paciencia, por su gran esfuerzo para forjar a sus hijos. Con mucho amor para ellos, quienes me brindaron su apoyo incondicional en lo moral, económico y en todo momento, cumpliendo un rol importante durante mi formación profesional.

A mis queridos hermanos por brindarme su apoyo y comprensión, quienes me enseñaron a perseverar imparténdome valiosos consejos y sobre todo la fuerza y ánimo para seguir adelante y conseguir mis propósitos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la Facultad de Ciencias Agrarias y con especial reconocimiento a la Escuela de Formación Profesional de Agronomía, por haberme acogido y formado profesionalmente.

A la plana de docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, quienes nos brindaron sus mejores aportes académicos, conocimientos y experiencias laborales, contribuyendo en mi formación profesional.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – EEA Canaán; en especial al PNI en Pastos y Forrajes, a través del proyecto “Manejo hídrico y nutricional de praderas naturales para la producción de forraje en la zona altoandina”, por financiar el presente trabajo de investigación.

A la Dra. Marhleni Cerda Gómez, asesora del presente trabajo, por su orientación y colaboración durante la ejecución y elaboración de la tesis.

Al Ing. Álex Tineo Bermúdez, por su apoyo y contribución en la elaboración del presente trabajo.

Al Ing. M.Sc. Godofredo Mamani Mamani, coordinador del PNI Pastos y Forrajes, por su colaboración para la ejecución del presente trabajo.

A todas las personas por su apoyo y contribución en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA	03
1.1 LA PRADERA NATIVA ALTOANDINA	03
1.1.1 Suelos	04
1.1.2 Climas	05
1.2 TIPOS DE VEGETACIÓN.	06
1.3 ASPECTOS TEMPORARIOS DE LA VEGETACIÓN.	09
1.4 EVENTOS FENOLÓGICOS EN LAS PLANTAS FORRAJERAS	10
1.5 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA VEGETACIÓN	12
1.5.1 Suelos	12
1.5.2 Las condiciones climáticas	14
1.6 FERTILIZACIÓN DE PRADERAS NATIVAS	15
1.6.1 Requerimientos nutricionales de los pastos	17
1.6.2 Respuesta de los pastos a la fertilización	18
1.6.3 Efecto de la fertilización en la producción de forraje	19
1.6.4 Efecto de la fertilización en la calidad del forraje	19
1.7 USO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES	21
1.7.1 Dosis de aplicación	21
1.7.2 Método de aplicación	21
1.7.3 Época de aplicación	22
1.7.4 Programas de fertilización	23
1.7.5 Análisis de suelos	23
1.8 NUTRICIÓN MINERAL DE PASTOS	24
1.8.1 Composición de los pastos	24
1.8.2 Análisis foliar	25
1.8.3 Niveles críticos	26

1.9	FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES EN LAS PLANTAS, DINÁMICA DE LOS NUTRIENTES EN EL SUELO, SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA Y EXCESO	27
1.9.1	NITRÓGENO	28
	a) Dinámica del nitrógeno en el suelo	29
	b) Síntomas de deficiencia y exceso	31
1.9.2	AZUFRE	32
	a) Dinámica del azufre en el suelo	34
	b) Síntomas de deficiencia	35
1.9.3	AZUFRE Y NITRÓGENO	37
1.10	FUENTES DE NUTRIENTES	38
1.10.1	Nitrato de amonio (NO_3NH_4 – 33 % N)	38
1.10.2	Sulfato de potasio (K_2SO_4 – 50 % K_2O y 18 % S)	39
1.10.3	Superfosfato triple de calcio [$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ – 46 % P_2O_5]	39
1.11	INTOXICACIÓN POR NITRATOS	40
1.11.1	Acumulación de nitratos en las plantas	40
1.11.2	Toxicidad de nitratos en los animales	41
1.12	CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES FORRAJERAS NATIVAS DE LA ZONA ALTOANDINA	42
1.12.1	Fenología	42
1.13	TAXONOMÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS CINCO ESPECIES EN ESTUDIO	46
1.13.1	LAS POÁCEAS	46
	a) <i>Festuca dolichophylla</i> “Chilligua”	46
	b) <i>Festuca rigescens</i>	48
	c) <i>Muhlenbergia ligularis</i> “atun - chiji”	49
	d) <i>Poa perligulata</i>	50
1.13.2	LAS FABÁCEAS	51
	a) <i>Trifolium amabile</i> “trébol”	51
1.14	DISEÑO EXPERIMENTAL: DISEÑO 03 DE JULIO – D3J	53
1.14.1	Características	53
1.14.2	Análisis estadísticos	55

1.15	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE USO DE FERTILIZANTES	55
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS		59
2.1	UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO	59
2.1.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	59
2.1.2	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	60
2.1.3	CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS	61
2.1.4	CONDICIONES CLIMÁTICAS	62
2.2	MATERIAL BIOLÓGICO	66
2.3	FUENTES DE ABONAMIENTO	66
2.4	DISEÑO METODOLÓGICO	66
2.4.1	Diseño experimental y análisis estadístico	66
2.4.2	Factores en estudio	67
2.4.3	Tratamientos	67
2.5	INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	69
2.5.1	Ubicación del área experimental	69
2.5.2	Preparación de sustrato	70
2.5.3	Preparación de las macetas (U.E)	70
2.5.4	Extracción y preparación del material biológico	71
2.5.5	Fertilización de la unidades experimentales	71
2.5.6	Establecimiento del material biológico	72
2.5.7	Riegos	72
2.5.8	Corte del material biológico	72
2.6	VARIABLES DE EVALUACIÓN	73
2.6.1	PRODUCTIVIDAD	73
2.6.2	COEFICIENTE APARENTE DE USO (CAU)	75
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		76
3.1	VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD	76
a)	RENDIMIENTO DE MATERIA SECA POR ESPECIES	76
a.1)	<i>Festuca dolichophylla</i> "chillihua"	76
a.2)	<i>Festuca rigescens</i>	81
a.3)	<i>Poa perligulata</i>	86
a.4)	<i>Muhlenbergia ligularis</i>	89

a.5) <i>Trifolium amabile</i>	94
b) ALTURA DE PLANTA, MACOLLAMIENTO, LONGITUD DE LÁMINA FOLIAR Y RELACION: TALLO-HOJA	98
b.1) <i>Festuca dolichophylla</i> "chillihua"	98
b.2) <i>Festuca rigescens</i>	101
b.3) <i>Poa perligulata</i>	104
b.4) <i>Muhlenbergia ligularis</i>	107
b.5) <i>Trifolium amabile</i>	110
3.2 COEFICIENTE APARENTE DE USO	114
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
4.1 CONCLUSIONES	119
4.2 RECOMENDACIONES	121
RESUMEN	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
ANEXOS	130
PANEL FOTOGRÁFICO	159

INTRODUCCIÓN

Los pastizales alto andinos de la sierra peruana ocupan 18 018 975 has de superficie y representa el 57% del área no agrícola, cuyos pastizales se encuentran disponibles durante todo el año, soportando el 80% de la ganadería nacional (IV CENAGRO, 2012).

Sin embargo la condición actual de estos pastizales es crítica debido al sobrepastoreo continuo, con capacidad de cargas de medias a bajas, sin control alguno, provocando alteración y deterioro, tanto en la estructura de la comunidad de plantas como en su composición, que se manifiesta en la baja densidad de plantas, reducción de especies deseables e invasión de especies no deseables (especies de poco valor forrajero), lo que trae como consecuencia una baja producción y calidad del forraje. Adicionalmente estos hechos tienen consecuencias en la degradación de suelos, por provocar pérdidas de suelos por erosión, cuando menos de la capa arable, lo que a su vez se traduce en una disminución de agua en toda la cuenca.

Una de las prácticas para mejorar la producción y contribuir con la proliferación de especies deseables es encontrar una fórmula de abonamiento para ellas, siendo necesario conocer la nutrición de estos pastizales para hacer frente a todos los fenómenos a las cuales se encuentran expuestas; de manera que les permita soportar y contrarrestar a los mismos.

Sin embargo la fertilización en pastizales es una práctica muy poco conocida, pues la incorporación de nutrientes se da en forma natural por las excretas del ganado durante el pastoreo, lo cual suele ser poco e irregularmente distribuido.

En tal sentido, el presente trabajo de investigación se planteó a fin de obtener evidencia del efecto de la aplicación de nutrientes, como el nitrógeno y azufre en cinco especies nativas, habiéndose considerado la aplicación de estos nutrientes vía fertilización con los siguientes objetivos:

- ✓ Determinar los niveles críticos de tolerancia al abono nitrogenado en el rendimiento de pastos naturales de la comunidad campesina de Ccarhuaccpampa.
- ✓ Determinar los niveles críticos de tolerancia del abono azufrado en el rendimiento de pastos naturales de la comunidad campesina de Ccarhuaccpampa.
- ✓ Encontrar el Coeficiente Aparente de Uso (CAU) de las fuentes nutritivas empleadas en el abonamiento de los pastizales alto andinos de la Comunidad de Ccarhuaccpampa.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 LA PRADERA NATIVA ALTOANDINA

Según Flórez y Malpartida (1987), los pastizales naturales de la sierra peruana están localizados en la región montañosa, denominada puna en el centro y sur de la sierra y jalca en el norte. Esta región, habitada por muchos siglos, muestra aún un buen sector de la población que depende de la ganadería para su ingreso familiar y que tiene como base fundamental la pradera nativa altoandina.

La región de las praderas nativas, está comprendida entre los 3 800 a 4 400 msnm. Se compone de una vegetación baja, cuya época de crecimiento coincide con la estación de lluvias. La mayoría de las gramíneas son perennes. Su tamaño, sin considerar el de los tallos floríferos, alcanza a 1 m en las especies más altas como la *Festuca dolichophylla*. Con las gramíneas, se asocian otras hierbas, tanto anuales como perennes. Los arbustos, si están presentes están muy diseminados. Al finalizar la estación de crecimiento para las gramíneas y

durante la época seca las hierbas más delicadas desaparecen, quedando una vegetación compuesta principalmente por gramíneas. Los elementos característicos de estos pastizales constituyen vigorosos tipos de gramíneas perennes, principalmente especies de los géneros *Festuca* y *Calamagrostis*, de aproximadamente un metro de altura con un patrón de distribución influido por la topografía, suelo y clima.

Todas estas especies son llamadas ichu por los nativos. Estos pastizales muestran diversos grados de suelo desnudo, según el manejo que se le haya dado al pastizal encontrándose coberturas que van del 10 al 100 %.

En las zonas altas, donde la humedad subterránea es abundante, existen los llamados bofedales o moyas, tal como la *Distichia muscoides*, que pertenece a la familia *Juncacea*. Es una planta corta de tallos en forma de aguja terminados en punta. Los tallos están cerca uno al otro formando una especie de manto arrosado de aspecto ondulante o sólido, que resiste el peso de los animales, especialmente los camélidos, de los que constituye la principal fuente de alimentación.

1.1.1 Suelos

Flórez y Malpartida (1987), reportan que los suelos que soportan las praderas nativas forman un complejo mosaico, debido principalmente a diferencias en el material parental, presencia de agua subterránea, duración de las lluvias y presencia de nevada, pendiente, exposición, y periodo de tiempo disponible para el desarrollo del suelo. Las características dominantes de estos suelos son su color oscuro, alto

contenido de materia orgánica y su naturaleza acida a ligeramente acida. Dada la situación tropical de los Andes peruanos, el contenido de materia orgánica, aumenta con la altitud, hasta los 4 200 metros (Alexander y Pichott, 1979, citado por Flórez y Malpartida). Esto se debe principalmente al decrecimiento de la temperatura con la altitud, antes que a las condiciones de humedad. La disponibilidad de nitrógeno es baja debido a la lenta descomposición de la materia orgánica, por la baja temperatura.

1.1.2 Climas

Flórez y Malpartida (1987), señalan que la distribución de clima influye sobre los recursos forrajeros disponibles en las distintas regiones. Así, la costa tiene sólo pastizales naturales temporarios y depende mucho de forrajes cultivados y subproductos agrícolas para la alimentación del ganado.

En relación a las precipitaciones, la región de la sierra presenta precipitaciones variadas, desde 500 mm hasta 1 500 mm, siendo en promedio el norte más lluvioso que el centro y sur. La estación lluviosa corresponde a los meses de diciembre a marzo. La región de la sierra, por su altura, es una zona fría, con precipitación en forma de nieve en el altiplano más arriba de 5 000 m. La nieve puede caer a partir de los 3 200 m., pero raramente. A los 4 000 m. la nieve es más frecuente, pero desaparece tan pronto sale el sol. Durante la época seca, con el cielo despejado y una radiación nocturna intensa, las heladas nocturnas son

muy comunes, aunque éstas a veces también se presentan en la época húmeda.

En promedio anual, la temperatura es de 18° a 24°C en la sierra norte, entre 10° a 14°C en la sierra central y entre 6° a 14°C en la parte sur.

Una característica general del clima es que el año se divide en dos estaciones: un verano lluvioso y un invierno seco. La temperatura media máxima diaria es bastante igual en ambas estaciones, según el lugar que se trate, pero dado que el cielo es relativamente lluvioso en verano y sereno en invierno, el promedio diario de temperatura es considerablemente más alto en verano que en invierno. En consecuencia las heladas son más frecuentes en invierno que en verano, pero son posibles en cualquier día del año.

1.2 TIPOS DE VEGETACIÓN

Ruiz y Tapia (1987), describieron la estructura de los pastizales en la zona altoandina, concluyendo que existen dos formaciones vegetales: el pajonal de puna y el césped de puna, diferenciándose esencialmente por el porte de las especies.

- Pajonal de ichu

El pajonal es el tipo de vegetación que ocupa mayor extensión en la zona altoandina y está compuesto por gramíneas altas o ichus como la chilligua (*Festuca dolichophylla*), el "iru ichu" (*Festuca orthophylla*), "ichu" (*Stipa ichu*), "hatun porke" (*Calamagrostis antoniana*) y el "huaylla ichu" (*Calamagrostis rigida*) y *Poa* además de las Ciperáceas y Juncáceas.

Tovar y Oscanoa, (2002), mencionan que las especies se caracterizan por ser densos manojos o macollos de gramíneas de 40-50 cm de altura y aisladas comúnmente unas de las otras. Los tallos y hojas de esta planta son rígidos o subrígidos, y se les conoce con el nombre vulgar de "ichu"; asimismo, se caracterizan por presentar hojas enrolladas, tubulares, y casi filiformes. Estas plantas, a su vez, cobijan otras gramíneas de hojas suaves y especies de otras familias (*Leguminosas*, *Malváceas* y *Geraniáceas*).

- **Césped de puna**

Según Tovar y Oscanoa, (2002), el césped de puna se caracteriza por la presencia de plantas de porte arrosetado pegadas casi al ras del suelo, plantas de porte almohadillado (pulviniforme), que en zonas húmedas forma una alfombra verde y plantas cespitosas (con renuevos amacollados); esta última comunidad vegetal es la predominante dentro de la formación vegetal encontrándose representada por especies de los géneros *Pycnophyllum*, *Azorella*, *Paranephelius* y *Aciachne*. Entre ellas destacan el pacu pacu (*Aciachne pulvinata*), mula pilli (*Liabum ovatum*), pilli rosado (*Werneria nubigena*), pasto estella (*Azorella diapensoides*), y thurpa (*Nototriche longirostris*). En algunos lugares existen comunidades puras de *Calamagrostis vicunarum* "crespillo" que ocupa terrenos algo secos y medianamente húmedos con suave pendiente.

Dentro del conjunto de comunidades vegetales de Puna, los pastizales de esta región, como en todos los andes, mayormente se encuentran constituidos por especies de Gramíneas (Poáceas) y solamente una

pequeña proporción está conformada por especies de otras familias, tales como las Juncáceas, Cyperaceas, Leguminosas y Compuestas.

Mamani (2010), indica que la vegetación en la zona altoandina está dominada por los Pajonales principalmente. En las comunidades de Huancavelica y Ayacucho se reportan los siguientes resultados: Pajonal 59 %, Césped de puna 25 %, Bofedal 16 % y Relictos de bosque 0 %.

Según Mamani (2011), en estudios realizados en las comunidades campesinas de Ayacucho y Huancavelica se han identificado en promedio más de 150 especies de pastos nativos, que corresponden a 59 géneros y 31 familias. La Familia con mayor riqueza de especies es la *Poaceae*, conjuntamente con la familia *Asteraceae*, tal como sucede en otras regiones del país.

Mamani (2001), menciona que los estudios de numerosos investigadores reportan que los pastizales de la zona altoandina se encuentran en su mayoría en condición pobre y muy pobre con una tendencia negativa. Así, la condición de los pastizales para ovinos y alpacas en la región alto andina es la siguiente: 24.05 % son de condición buena, 52.45 % de condición regular, 16.13 % pobres y 7.37 % muy pobres.

Cuadro 1.1: COMUNIDAD DE TIPO

Festuca dolichophylla – *Carex equadorica*.

ÁREA : MESOFÍTICA	
PENDIENTE : PLANA A LIGERAMENTE INCLINADA	
ESPECIES	COMPOSICIÓN RELATIVA A LAS ESPECIES PROMEDIO (%)
<i>Festuca dolichophylla</i>	33.0
<i>Carex equadorica</i>	16.1
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	13.1
<i>Festuca rigescens</i>	10.4
<i>Bromus lanatus</i>	3.6
<i>Alchemila pinnata</i>	2.4
<i>Scirpus rigidus</i>	2.3
<i>Agrostis breviculmis</i>	2.0
<i>Aciachne pulvinata</i>	1.9
<i>Poa gilgiana</i>	1.4
<i>Carex sp</i>	1.1
<i>Muhlenbergia ligularis</i>	1.0

Fuente: Flórez y Malpartida (1987). Estudio realizado a nivel nacional.

1.3 ASPECTOS TEMPORARIOS DE LA VEGETACIÓN

Según Flórez y Malpartida (1987), los pastos rebrotan y crecen de acuerdo al inicio de las lluvias. En años de precipitaciones regulares, el rebrote comienza a partir de los meses de noviembre a diciembre y en enero ya se puede apreciar que las plantas alcanzan alturas variables de 0.05 a 0.50 m.; época en que el ganado come ávidamente los pastos alterando mucho su ciclo vegetativo. De allí que, en los campos en que no se pastorea ganado, en estos meses, se observa un desarrollo normal de los pastos.

El rebrote continúa a veces hasta el mes de abril. Durante estos meses, según las especies, completan su ciclo vegetativo. Así, la formación de inflorescencia y la producción de semillas es variable desde enero hasta abril y a veces hasta mayo. A partir de mayo, si no hay fuertes heladas, el pasto entra en un período de agotamiento por las faltas de lluvias,

bajando mucho su palatabilidad. Durante los meses de junio a agosto, se presentan fuertes heladas y el pasto se seca definitivamente.

Ruiz y Tapia (1987), indican que el crecimiento o rebrote de la parte aérea de las plantas forrajeras luego de un período de pastoreo o corte, es inicialmente lento, porque se da en función de las reservas de raíz, corona y yemas; y a medida que aumenta el follaje, el crecimiento se hace más rápido, hasta alcanzar el máximo desarrollo debido a la mayor actividad de la fotosíntesis. Todos los pastos tienen sus centros de crecimiento en los internodios basales (meristemas). Esto explica la posibilidad de un nuevo crecimiento después de un corte; la actividad de estos meristemas (yemas) puede desaparecer después de una floración, es lo que ocurre en plantas anuales. En cambio en plantas perennes, la actividad de los meristemas depende no solo del capital genético de las plantas, sino también de los factores externos (medio ambiente) como temperatura, horas e intensidad de luz. Por esta razón, las plantas anuales, en un medio dado, pueden comportarse como bianuales (cuando se hacen cortes sucesivos) o perennes.

1.4 EVENTOS FENOLÓGICOS EN LAS PLANTAS FORRAJERAS

Según Flórez y Malpartida (1987), las plantas forrajeras, desde que germinan o rebrotan pasan por una serie de estadios hasta completar su ciclo de vida. A estos estadios y a las fechas en que se producen se les llama: eventos fenológicos.

INFOPOS (2003), indica que el crecimiento y desarrollo de las plantas forrajeras (leguminosas o gramíneas) están determinados por la genética de la planta y por las condiciones ambientales a las cuales están expuestas. Es necesario conocer la respuesta fisiológica de cada especie a las condiciones ambientales para determinar las prácticas de manejo adecuadas para cada condición. Los tres factores ambientales más importantes en el desarrollo y maduración de las especies forrajeras son la radiación solar o luz, temperatura y humedad del suelo.

González (2009), señala que la temperatura determina esencialmente la velocidad de los procesos bioquímicos, siendo un factor de orientación en la medida en que actúa diferencialmente sobre los diversos órganos. Ejerce una acción propia de los reposos estacionales y sobre la floración (paso del estado vegetativo al reproductor). No ejerce estas dos funciones en toda su gama, sino en los dos extremos, el frío y el calor; es decir que la temperatura debe situarse por encima o por debajo de un umbral, no forzosamente muy extremo, que depende del fenómeno considerado de la planta, de su edad, de su estado, de las condiciones en las cuales está situada. Algunas privaciones, en particular la sequía, tendrán a veces efecto sobre las entradas en reposo o sobre la floración.

Los pastos presentan una serie de mecanismos que les permiten sobrevivir en condiciones adversas, particularmente en los pastos de la zona templada que están sometidos a extremos de frío y calor por efecto de las estaciones. Los pastos pasan del estado vegetativo al reproductivo periódicamente, por lo regular una vez al año, como respuesta a

condiciones de fotoperiodo, humedad y temperatura. En algunos casos, la floración se induce por condiciones adversas como sequía y excesos de humedad o temperatura. Este proceso es un mecanismo para perpetuar la especie.

1.5 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA VEGETACIÓN

Un determinado tipo de vegetación es consecuencia directa de la influencia de los factores edáficos del suelo y los factores físicos climáticos de temperatura y precipitación. De manera que al examinar una determinada planta con raíz, tallo y hojas se puede constatar que la parte de la raíz se encuentra influenciada por las condiciones del suelo y la parte aérea, tallo y hojas, por la temperatura y las precipitaciones; cuyos factores además condicionan la formación de un determinado tipo de clima. (Tovar y Oscanoa, 2002).

1.5.1 Suelos

Flórez (1993), menciona que la región altoandina mantiene, desde tiempo atrás, una sobre utilización del recurso suelo generado por la presión demográfica y los desajustes sociales y económicos que gravitan en esta tradicional región deprimida. El cuadro de limitaciones más importantes de los suelos de la Sierra están vinculados a (1) la fertilidad, (2) suelos superficiales, por pendiente pronunciada y un proceso erosional extenso; (3) mal drenaje o hidromorfismo; (4) suelos de condición climática frígida y

de nieve permanente. En los párrafos siguientes, se expone las principales condiciones limitativas que afronta las tierras:

- **Fertilidad**

Un rasgo característico de los suelos es su baja fertilidad, es decir, un rasgo de problemas químicos que inciden en la productividad de los suelos y, por tanto, limitativo para la producción de cosechas. La fertilidad involucra condiciones ácidas del suelo, desbasificación (pérdida de nutrientes y baja saturación de bases), suelos oligotróficos (pobreza de nutrientes) y niveles tóxicos por la presencia de aluminio. Las tierras donde es más relevante la problemática de fertilidad se encuentra en las regiones altonadinas y ciertas áreas húmedas de la Sierra.

- **Suelos superficiales (Pendiente y erosión)**

Otro de los rasgos característicos de los suelos altoandinos con praderas es la existencia de una significativa proporción de suelos someros o superficiales principalmente en el arco andino. Los perfiles son cortos, menos de 60 cm. de profundidad en promedio, hasta formaciones con escasamente 10 a 20 cm de tierra orgánico mineral que descansa sobre la roca consolidada. Esta característica de suelos superficiales está íntimamente asociada a un relieve topográfico de pendientes pronunciadas que genera cuerpos edáficos poco profundos, inestables y erosionados.

La región altoandina presenta uno de los escenarios más espectaculares del mundo en materia erosional, cuyas características naturales se asocian a la intervención humana generada por la presión demográfica y

el uso indebido de la tierra. La erosión se hace notoriamente manifiesta en la región de la Sierra expresado en todas sus formas y en diferente grado de severidad.

- **Drenaje**

En la tundra de altura aparece en forma local y asociada estrechamente al escenario limnográfico suelos orgánicos y del mal drenaje. Estas tierras, de carácter muy local y cuya superficie todavía no es posible establecerla, mantienen una actividad de pastoreo local de camélidos sudamericanos.

1.5.2 Las condiciones climáticas

Tovar y Oscanoa (2002), señalan que las condiciones climáticas del ambiente están dadas principalmente por temperatura y precipitación; cuyos factores condicionan la formación de un determinado tipo de clima, a estos se suman la influencia del factor luz, "fotoperiodismo".

- **Temperatura**

En términos generales podemos considerar que en la región andina y más aún en la región alto andina las condiciones térmicas son de temperaturas bajas "micro térmicas" con promedios anuales de 3 a 8°C y fluctuaciones diarias de gran amplitud durante los meses de junio a agosto que originan los días de mayor frío.

- **Precipitación**

En el territorio andino la precipitación o lluvias son de régimen de verano a diferencia de la costa que es de invierno. En la sierra los meses más

lluviosos son de enero a marzo con promedio de precipitación anual de 650 – 750 mm de lluvia.

Los veranos son siempre lluviosos y nubosos; y los inviernos (Junio-Agosto), son rigurosos y secos. (Flórez, 1993).

En la región de la Sierra, en donde el clima presenta estaciones lluviosas y secas bien definidas, se dice que hay sequía cuando hay escasez de lluvias por periodos largos y también cuando las precipitaciones presentan una inconveniente distribución mensual (retraso).

1.6 FERTILIZACIÓN DE PRADERAS NATIVAS

Según Flórez y Malpartida (1987), las técnicas y diseños que se han usado para determinar los efectos de la aplicación de fertilizantes en pastizales naturales altoandinos son similares en muchos aspectos a los principios agronómicos, aplicables para evaluar las respuestas de un cultivo a la fertilización. Las diferencias están en pastizales nativos los estudios tienen mayor duración, debido a las mayores variaciones en la precipitación principalmente y a otros factores medioambientales. Cuando se aplica fertilizantes al pastizal se espera un incremento total del rendimiento, del valor nutritivo, de la palatabilidad, y del vigor de las especies que componen el sitio del pastizal. La composición florística puede también ser alterada. Las mayores expectativas están basadas en la influencia en la capacidad de pastoreo, el rendimiento del producto animal y la capacidad de la cobertura vegetal a resistir la erosión; así como en que la aplicación sea económica.

En los pastizales altoandinos la investigación efectuada para medir la respuesta a la aplicación de fertilizantes fue iniciada en la granja modelo de Puno-Chuquibambilla en diferentes sitios de pastizales (Flórez, 1960). En general los resultados muestran que hay respuesta significativa a la aplicación creciente de 50 y 100 kg de nitrógeno por hectárea. Similar respuesta se obtiene a la aplicación de fósforo y elementos menores. En cambio no hay respuesta significativa a la aplicación de potasio y calcio, probablemente a que el suelo tenía un alto contenido de potasio disponible (400-500 kg.ha⁻¹) y el pH del suelo estaba sobre 6.

Cano (1973), citado por Flórez y Malpartida (1987), indica que en la región de la sierra la disponibilidad de fósforo es baja, la del potasio y el contenido de materia orgánica medias y la reacción de los suelos (pH) muy variable, desde muy ácidos a alcalinos.

INFOPOS (2003), menciona que el problema de baja fertilidad, quizá el factor limitante de más importancia en la producción de pastos, no se puede resolver únicamente con prácticas de manejo. Es necesario agregar al sistema aquellos nutrientes que se encuentran en cantidades deficientes, o controlar los que se encuentran en cantidades excesivas. Los niveles varían con el tipo de forraje, y esta es la razón, se debe programar la fertilización de acuerdo a la especie o grupo de especies o de acuerdo a la composición de las mezclas.



1.6.1 Requerimientos nutricionales de los pastos

Díaz (2008), indica que en pasturas polifíticas, la coexistencia de especies con diferente hábito de crecimiento mejora la capacidad de aprovechamiento de los recursos ambientales disponibles. Leguminosas (alfalfa, tréboles, etc) y gramíneas (festuca, pasto ovido, etc) se diferencian no solo en el tipo de sistema radicular (pivotante vs cabellera) y en su periodo máximo crecimiento sino también en sus requerimientos individuales de los nutrientes, en su respuesta a la fertilización y en su capacidad de obtener nutriente por vías biológicas tales como la fijación de N atmosférico por las leguminosas.

INFOPOS (2003), señala que la demanda nutricional de las diferentes especies forrajeras es muy variable y depende de tres factores:

1. La capacidad para extraer nutrientes del suelo.
2. El requerimiento interno de la planta.
3. El potencial de producción de la especie.

Las diferentes especies de pastos difieren mucho en su habilidad para extraer nutrientes del suelo. Las gramíneas, por ejemplo, son más eficientes para extraer nutrientes que las leguminosas, por esta razón, en suelos muy pobres aparece una cubierta vegetal de gramíneas en forma natural, con pocas o ninguna leguminosa.

El nivel de rendimiento de forraje es el factor que controla el consumo de nutrientes. La cantidad de nutrientes extraídos depende de la especie y los niveles similares de producción es independiente del sitio donde se cultiven, por lo tanto:

1. La práctica de la fertilización adquiere mayor significado en aquellas especies con alto potencial genético de producción.
2. A medida que los niveles de tecnificación de la explotación ganadera permiten alcanzar altos rendimientos de forraje, la práctica de fertilización adquiere mayor importancia y justificación.
3. Para identificar la dosis apropiada de fertilización debe tomarse en cuenta el nivel esperado de producción de forraje, las condiciones de suelo, el ambiente donde crece el cultivo, la tecnología aplicada y el potencial genético de productividad de la especie.

1.6.2 Respuesta de los pastos a la fertilización

INFOPOS (2003), indica que la respuesta de los pastos a la fertilización se expresa de diferente manera. El efecto más notable de la fertilización es el incremento en el rendimiento de materia seca. La aplicación de nutrientes afecta también la calidad del forraje que se mide evaluando diferentes parámetros como el contenido de proteína, minerales o por las variaciones en la digestibilidad del pasto. El tercer efecto se manifiesta en el animal con el aumento en la producción de carne o leche, o por un incremento en la capacidad de carga, o por ambos. Finalmente la fertilización debe mejorar la rentabilidad de la explotación aumentando los ingresos del productor como un reflejo de los efectos positivos en los parámetros anteriores.

Melgar y Díaz (2008), indican que la práctica agronómica reconoce que innumerables factores condicionan el rendimiento y la respuesta a los

fertilizantes, además de la oferta del nutriente en el suelo. Muchos de estos factores como los climáticos afectan además del rendimiento en forma directa, a los procesos que determinan dicha oferta. Más aún, las precipitaciones modifican la demanda de un cultivo y la disponibilidad de N durante el ciclo. De este modo, la utilidad de los análisis de suelo disminuye enormemente.

1.6.3 Efecto de la fertilización en la producción de forraje

INFOPOS (2003), señala que las especies forrajeras, especialmente las gramíneas responden muy bien a la fertilización, particularmente a la aplicación de N, que suele producir respuestas muy altas en pastos de altura y de clima medio. Los trabajos realizados anteriormente, demuestran que la mayor producción de forraje generada por la fertilización nitrogenada lleva necesariamente a una mayor extracción o demanda de otros nutrientes, particularmente P, K, S, Mg y Ca. Si el suelo no dispone de suficientes cantidades de estos elementos y éstos no son añadidos como fertilizantes, se pierde una buena parte del beneficio de la aplicación del N y, además, se reduce significativamente el valor nutricional del forraje.

1.6.4 Efecto de la fertilización en la calidad del forraje

INFOPOS (2003), menciona que se ha especulado mucho acerca del efecto de la fertilización sobre la calidad del forraje. Los resultados de investigación reportados en diferentes sitios son muy variables. El

elemento más debatido es el N, pues existe una serie de reportes contradictorios del efecto de este nutriente sobre la calidad del forraje y la salud de los animales. Numerosos experimentos indican que la fertilización nitrogenada aumenta la producción del forraje, sin afectar adversamente la calidad del pasto y el consumo o la producción por parte de los animales. La respuesta a la fertilización nitrogenada depende del tipo y del nivel de fertilidad del suelo, del balance entre los distintos nutrientes presentes, de la especie forrajera y de las condiciones climáticas. En general, la aplicación de N aumenta la producción de materia seca y el contenido de proteína por unidad de área, así como la producción de gran cantidad de hojas, cuando existe suficiente humedad. Este efecto del N, especialmente en la producción de hojas, resulta en una inmediata disminución en el contenido de carbohidratos de reserva, especialmente fructosana.

El efecto del P en la absorción de N depende de la disponibilidad de este último, pero ambos nutrientes están estrechamente correlacionados.

El S está muy relacionado con el metabolismo del N, tanto en la planta como en el animal. Contenidos adecuados de S aumentan el contenido de proteína de los forrajes, ayudan a prevenir las intoxicaciones por nitritos y nitratos y mejoran la digestibilidad de la fibra y la materia seca. Esto se debe fundamentalmente a un mejor funcionamiento de las bacterias del rumen. Las aplicaciones de K, son importantes desde el punto de vista nutricional. Cualquier práctica de manejo utilizado en las praderas puede alterar el balance de nutrientes e inducir cambios en la composición

mineral del pasto, cambios que luego se manifiestan con efectos benéficos o perjudiciales en el animal.

1.7 USO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES

INFOPOS (2003), explica que los fertilizantes son insumos costosos, por lo tanto es necesario utilizarlos de la manera más eficiente posible. El uso eficiente de los fertilizantes depende de la utilización de las cantidades correctas para las condiciones de cada suelo y pasto, así como de la forma y época de aplicación. Algunos factores a tomarse en cuenta:

1.7.1 Dosis de aplicación

Las dosis de fertilizante necesarias para cubrir los requerimientos de nutrientes varían de acuerdo a la especie de pasto que se va a fertilizar y con el contenido de nutrientes determinado por el respectivo análisis de suelo. Cuando se aplican dosis inferiores a las requeridas, no se obtienen los resultados deseados y la respuesta se manifiesta en un pobre rendimiento de forraje de baja calidad. Si la dosis de fertilizante es demasiado alta se obtiene buena producción total y buena calidad, pero el incremento en producción por kilo de fertilizante aplicado se reduce y la aplicación de fertilizantes no es económica.

1.7.2 Método de aplicación

Se utilizan diferentes métodos de aplicación de acuerdo con el tipo de pasto. En praderas, el sistema más común de aplicación es al voleo en

forma manual. En pastos sembrados en hileras como los de corte, es aconsejable aplicar el fertilizante en una banda a un lado de la hilera o surco lo que permite una mejor utilización del material. También se utiliza el sistema de corona o semicorona, depositando el fertilizante alrededor de la cepa en círculo o semi-círculo. En este caso el fertilizante debe ir íntegramente separado de la cepa para evitar la quemadura de los rebrotes tiernos.

1.7.3 Época de aplicación

Los forrajes son plantas que permanecen en continuo crecimiento, por lo tanto, necesitan un suplemento frecuente de nutrientes. La época de mayor crecimiento ocurre en la temporada de lluviosa, y es allí cuando la planta debe encontrar en el suelo buena disponibilidad de nutrientes listos para ser asimilados. Por esta razón, se recomienda aplicar el fertilizante al comienzo de la época de lluvia. Es también aconsejable hacer una aplicación aproximadamente un mes antes de que terminen las lluvias para lograr un buen crecimiento durante la época seca y de esta forma contar con abundante forraje en un periodo de normal escasez.

En pastos, el fertilizante se puede aplicar en cualquier época del año siempre que las plantas se encuentren en crecimiento y el suelo tenga un contenido adecuado de humedad. Durante la vida productiva de la pradera, se debe aplicar fertilizante completo una o dos veces al año, al comienzo de las épocas de lluvia. Para que la aplicación de fertilizantes sea eficiente también es necesario considerar el estado de desarrollo de

la planta. Las aplicaciones hechas después de que ha aparecido la hoja bandera, o cuando la planta se encuentra en plena floración, no son muy eficientes debido a que en esta época se reduce la capacidad de la planta para absorber nutrientes del suelo. La planta absorbe los nutrientes en forma dinámica cuando se encuentra en pleno desarrollo vegetativo.

1.7.4 Programas de fertilización

Los mejores resultados se logran cuando se fertiliza teniendo en cuenta la especie, suelo, época y manejo de la pradera. La fertilización debe conducirse también de acuerdo con el tipo de explotación. Cuando el manejo es intensivo, la fertilización debe ser frecuente y abundante, cuando es semi-intensivo, la fertilización puede ser estacional o estratégica y cuando el manejo es extensivo, la fertilización es eventual.

La fertilización debe tener en cuenta tanto los requisitos nutricionales de la especie como el contenido de nutrientes del suelo. Esto permite balancear la nutrición del pasto y obtener una producción uniforme todo el tiempo. La mayoría de los pastizales no cuentan con riego y producen de acuerdo a la cantidad y distribución de lluvia. Por esta razón, tanto las cantidades como las fórmulas de fertilizante deben variar de acuerdo con la humedad disponible en el suelo y la producción de forraje esperada.

1.7.5 Análisis de suelos

Melgar y Quintero (2008), indican que el análisis químico del suelo nos permite evaluar el nivel de nutrientes ofertados por el medio edáfico. Es

una de las técnicas agronómicas más ampliamente probadas y difundidas en el mundo como base de las recomendaciones de fertilización. Este concepto implica que las raíces extraen los nutrientes disponibles de la solución del suelo o de la fase más lábil y que una solución química determinada puede extraer los nutrientes de la fase líquida y sólida del suelo en una proporción similar a lo que extraerían las plantas durante un ciclo completo de cultivo.

INFOPOS (2003), menciona que la adecuada interpretación del análisis químico del suelo permite elaborar los programas de fertilización y enmiendas para las condiciones particulares. Los suelos de los pastos perennes se deben analizar cada dos o tres años.

1.8 NUTRICIÓN MINERAL DE PASTOS

1.8.1 Composición de los pastos

Según INFOPOS (2003), la materia seca remanente, después de secar un pasto fresco a 70°C por un periodo de 24 a 48 horas, es alrededor del 10 al 20 % del peso fresco inicial. Esto indica que entre el 80 y 90 % de las plantas está constituido por agua. La información analítica de los forrajes se reporta generalmente con base en peso seco.

Al analizar la materia seca se encuentra que más del 90 % del total está representado por tres elementos, carbono (C), hidrogeno (H) y oxigeno (O), combinados en las mismas proporciones en las que se encuentran en los carbohidratos. Esto se debe a que la mayor parte de la materia seca está constituida por las paredes celulares, compuestas principalmente por

celulosa. Si en promedio el 15 % del peso fresco de los pastos es materia seca, y de esto el 85 % está constituido por C, H y O, se puede concluir que todos los elementos minerales que se encuentran en las plantas solamente constituyen el 1.5 % del peso fresco de la planta. La planta toma estos elementos de sus alrededores, principalmente del suelo.

1.8.2 Análisis foliar

Melgar y Quintero (2008), mencionan que el análisis cuantitativo de los nutrientes en los tejidos vegetales, ya sea de las hojas, pecíolos, frutos, semillas o de la planta completa, es usado con frecuencia como método de diagnóstico de fertilidad. La planta integra muchos factores que hacen a su nutrición y el análisis de la concentración de un determinado elemento puede asociarse con la respuesta al aporte de ese nutriente en aumentos de rendimiento o de calidad.

INFOPOS (2003), indica que normalmente, las plantas pueden sufrir de una deficiencia sin presentar ninguna evidencia visual, condición que se conoce como hambre escondida. Al momento que aparecen los síntomas visibles de la deficiencia de nutrientes, las plantas han perdido ya una considerable porción del potencial del rendimiento. Por esta razón, es importante detectar las carencias de nutrientes antes de que éstas sean aparentes en el campo. Este diagnóstico se logra con el análisis de tejidos o análisis foliar.

1.8.3 Niveles críticos

Según Ibáñez y Aguirre (1983), el “Nivel crítico”, es un valor que indica que los suelos, cuyos contenidos del elemento considerado estén por debajo de esa concentración, tienen alta probabilidad de respuesta a este elemento, mientras que aquellos suelos, con contenido superiores al valor establecido por el nivel crítico, la probabilidad de respuesta es mínima. Las plantas que tienen contenidos de un nutriente por debajo de este nivel crítico responden bien a la aplicación del nutriente. La información generada por estos estudios permite identificar el problema y ayuda a tomar decisiones en cuanto a la cantidad y tipo de fertilizante a usar.

INFOPOS (2003), señala que la utilidad del análisis foliar se basa en las siguientes premisas: Existe una relación directa entre el suplemento de nutrientes y el rendimiento, entre el suplemento de nutrientes y la concentración de éstos en las hojas y entre la concentración en las hojas y el rendimiento. La relación entre el contenido de nutrientes y el crecimiento o rendimiento de la planta se ilustra en la Fig. 01.

La sección A de la parte izquierda de la curva se conoce como el efecto Steenbjerg. Este fenómeno resulta de la combinación de efectos producidos por la reducción de la materia seca en la concentración de nutrientes, es decir las plantas pequeñas con contenidos aparentemente altos de nutrientes. Se puede llegar fácilmente a una interpretación errada de los resultados si la persona que interpreta los análisis no está familiarizada con las relaciones entre la acumulación de la materia seca y la concentración de nutrientes. En la sección B de la curva, la tasa de

crecimiento mejora algo continuando la severa deficiencia de nutrientes. La sección C corresponde a la deficiencia moderada del nutriente y la sección D corresponde al consumo de lujo. En la unión de las secciones C y D se encuentra el nivel crítico. Concentraciones en las hojas mayores al nivel crítico no influyen en el rendimiento. Por otro lado, a concentraciones menores que el nivel crítico existe una alta probabilidad de aumentar los rendimientos al aplicar los nutrientes en cuestión. La sección E de la curva representa toxicidad que provoca una reducción en el crecimiento y en la productividad del cultivo.

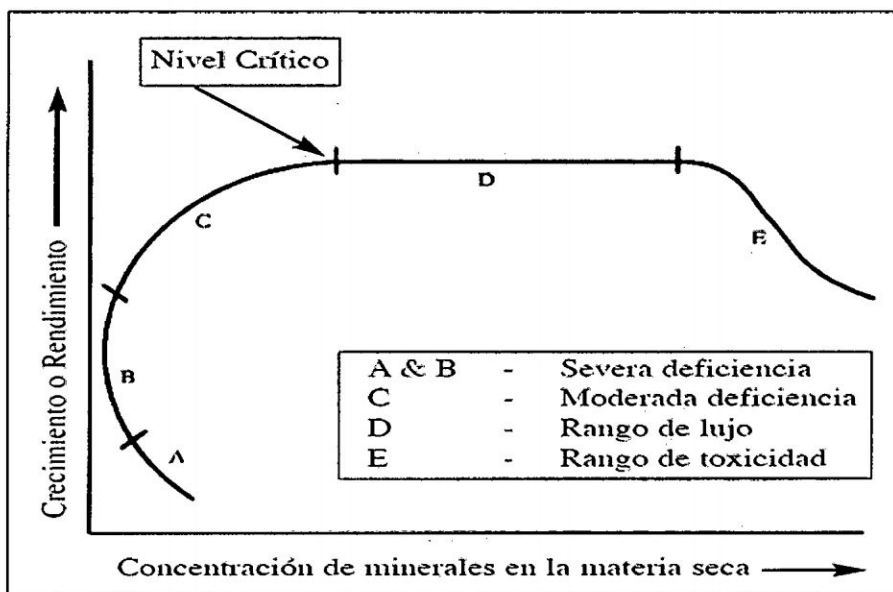


Figura 01: Relación entre la concentración de nutrientes en la planta y el crecimiento o rendimiento (INFOPOS 2003).

1.9 FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES EN LAS PLANTAS, DINÁMICA DE LOS NUTRIENTES EN EL SUELO, SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA Y EXCESO

Según Tisdale y Nelson (1970), las plantas absorben elementos minerales de las proximidades de las raíces de una forma indiscriminada, pero la

presencia en una planta de algún elemento particular no constituye una prueba de que este elemento sea esencial para su desarrollo. Por ello se ha establecido lo siguiente:

1. Una deficiencia del elemento hace imposible para la planta completar el estadio vegetativo o reproductivo de su vida.
2. Los síntomas de deficiencia del elemento en cuestión pueden ser prevenidos, o corregidos, solamente mediante el suministro del elemento.
3. El elemento está directamente involucrado en la nutrición de la planta, aparte de su posible efecto corrigiendo alguna condición microbiológica o química en el suelo o medio del cultivo.

1.9.1 NITRÓGENO

Tisdale y Nelson (1970), mencionan que el N tiene vital importancia para la nutrición de la planta y su suministro puede ser controlado por el hombre. Este elemento, para ser absorbido por la mayoría de las plantas (excepto leguminosas), debe estar en forma diferente que la del nitrógeno elemental. Las formas más comúnmente asimiladas por las plantas son los iones de nitrato (NO_3^-), pero también lo puede absorber en forma de amonio (NH_4^+). Este nutriente es muy móvil dentro de la planta. Independientemente de la forma del nitrógeno absorbido por las plantas, éste es transformado en el interior de las plantas en proteínas y tiene una naturaleza más funcional que estructural. La mayoría de estas proteínas son enzimas y sirven como catalizadores y directores del metabolismo

responsables de regular el crecimiento y formación del material vegetal. Además de su papel en la formación de proteínas, el nitrógeno es parte integral de la molécula de clorofila y se relaciona con la utilización de los carbohidratos.

INFOPOS (1997), indica que el N es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula de la clorofila está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. La carencia de N y en consecuencia la carencia de clorofila no permite que la planta utilice la luz solar como fuente de energía en el proceso de la fotosíntesis y la planta pierde la habilidad de ejecutar funciones esenciales como la absorción de nutrientes.

La concentración de N en la materia seca varía entre 1 y 5%. En pastos se considera alto un contenido mayor a 4% y bajo cuando es inferior al 2.9%.

a) Dinámica del nitrógeno en el suelo

Tisdale y Nelson (1970), señalan que en todos los suelos, y de forma continua existen considerables entradas y salidas de nitrógeno, acompañadas de muchas transformaciones complejas. Algunos de estos cambios pueden controlarse más o menos por el hombre, mientras que otros están más allá de su control. El conjunto de todos estos procesos constituye una parte importante del ciclo general del nitrógeno en la Naturaleza.

El nitrógeno presente en suelos cultivables procede de materiales diversos: restos de cultivos, abonos verdes, estiércol, fertilizantes

comerciales y nitratos aportados por lluvias, así como por la fijación del nitrógeno atmosférico realizado por ciertos microorganismos. Las pérdidas se deben a la absorción del cultivo, a la erosión, lixiviación y a su volatilización en condición gaseosa, tanto en forma elemental como en forma de óxidos o de amoníaco.

INFOPOS (2003), indica que la cantidad de N en el suelo, disponible para la planta, es relativamente pequeña. Por esta razón, se debe suplir este nutriente con regularidad a las praderas a través de programas de fertilización o estableciendo mezclas de gramíneas y leguminosas que puedan satisfacer los requerimientos de este elemento por fijación simbiótica.

Las cantidades de N presentes en el suelo están controladas por las condiciones climáticas, vegetación, topografía, material parental, las actividades humanas y el tiempo que estos factores han actuado sobre el suelo. Este nutriente se presenta en el suelo en dos formas principales:

- El N orgánico, que se encuentra en los residuos de plantas, animales y microorganismos que quedan en el suelo. Un alto porcentaje del N total en el suelo se encuentra en esta forma, pero no es inmediatamente disponible para las plantas. El N orgánico debe descomponerse y formar compuestos inorgánicos para que pueda ser absorbido por la planta.
- El N inorgánico se encuentra en el suelo en forma de iones amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-), que son inmediatamente disponibles para las

plantas. Los fertilizantes nitrogenados suplen el N en estas dos formas.

La cantidad de N inorgánico disponible para las plantas (NH_4^+ y NO_3^-) depende principalmente de la cantidad de N aplicado como fertilizante y del N mineralizado de los residuos orgánicos. El N presente en el suelo cambia de una forma a otra por medio de procesos que ocurren rápidamente. Estos procesos permiten que el N pueda ser absorbido por la planta, pero también elevan el potencial de pérdida de N del suelo.

b) Síntomas de deficiencia y exceso

Navarro y Navarro (2000), señalan que una insuficiente nutrición en nitrógeno se manifiesta en primer lugar, por una vegetación raquítica. La planta se debilita, se desarrolla poco, las hojas permanecen pequeñas, adquieren una notable rigidez y toman un color verde amarillento; el peciolo se acorta y las nerviaciones son más pronunciadas, ya que el desarrollo de las partes suculentas se retrasa. Debido a que el elemento es móvil dentro de la planta, la deficiencia se acusa primero en las hojas más viejas, ya que hay un desplazamiento hacia las más jóvenes, puesto que el N se trasloca de las partes maduras de la planta a los puntos jóvenes de crecimiento activo.

Cantidades excesivas originan plantas muy suculentas, con pocas partes leñosas, disminución muy marcada en el desarrollo de las raíces y con un amplio desarrollo vegetal aéreo. Las hojas toman un color verde muy oscuro y la maduración se retrasa. Una excesiva fertilización nitrogenada puede provocar que una planta sea más susceptible al ataque de

enfermedades y a las condiciones climatológicas, como sequías y heladas. Al quedar los tejidos durante largo tiempo verdes y tiernos.

1.9.2 AZUFRE

Según Navarro y Navarro (2000), el azufre es absorbido por la planta casi exclusivamente en forma de anión sulfato (SO_4^{-2}) de la solución del suelo a través de su sistema radicular. En pequeñas cantidades también puede ser absorbido del suelo como SO_3^{-2} y de la atmósfera como dióxido de azufre (SO_2), por las hojas a través de los estomas, por difusión. Como en el caso del nitrógeno, la mayor parte del SO_4^{-2} absorbido se reduce en la planta a compuestos sulfhídricos (-SH), y así, en este estado se integra en los compuestos orgánicos. Sólo una pequeña parte se incorpora sin ningún cambio redox, y como tal ión inorgánico contribuye a la regulación osmótica celular. Pero a diferencia del N, que una vez reducido en la planta no vuelve a ser oxidado a NO_3^- , el azufre reducido puede ser reoxidado a SO_4^{-2} y permanecer en la planta como reserva. Bajo esta forma se halla distribuido con bastante regularidad en todas las partes vitales: raíces, tallos, hojas, etc.

La cantidad de azufre existente en la planta varía dentro de límites relativamente amplios, y pueden situarse entre 0.1 y 1 % de S en peso seco. Estos valores dependen no sólo del contenido en el suelo, sino también de las necesidades fisiológicas propias de cada especie. Las menores cantidades se suelen encontrar en las gramíneas, y las más altas en las leguminosas y crucíferas. Se considera que las plantas son

deficientes cuando el contenido de S es menor del 0.25 % de la materia seca y alto cuando la concentración es mayor que 0.54 %.

La mayor parte de azufre del suelo procede inicialmente de los sulfuros metálicos constituyentes de las rocas ígneas. A su degradación, estos minerales, en condiciones aeróbicas, se oxidan rápidamente a sulfatos. Pero en condiciones anaeróbicas permanecen en el suelo en su forma original, o bien pueden aparecer por una reducción de los sulfatos. Sulfuros y sulfatos son, por tanto, los dos modos de acumulación mineral en el suelo. Dentro de estas formas, piritas (S_2Fe), calcopirita (S_2CuFe), blenda (SZn) y el sulfato cálcico son frecuentes en los suelos. El S elemental, constituye tan solo el estado intermedio dentro del ciclo de transformaciones que los microorganismos realizan y no se acumulan en el suelo.

El contenido medio de azufre en los suelos se calcula situado entre 0.02 y 0.05 %, aunque los suelos de las regiones áridas pueden llegar hasta el 1 %, especialmente en las capas superficiales, y precipitados como sulfatos de calcio, magnesio, sodio y potasio. En la mayor parte de los suelos cultivados se halla preferentemente bajo la forma orgánica y como sulfatos solubles en la disolución, o adsorbido al complejo coloidal del suelo.

INFOPOS (2003), indica que la función más importante del S en las plantas es su participación en la estructura de las proteínas, al servir de enlace de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina. Las plantas que presentan mayores contenidos de N requieren mayor cantidad de S para

la formación de proteínas. Su función también está ligada a las vitaminas como biotina, tiamina y la coenzima A que es indispensable para la formación de clorofila. El azufre es inmóvil dentro de las plantas. El S promueve la nodulación en las leguminosas, ayuda en la producción de semilla.

a) Dinámica del azufre en el suelo

INFOPOS (2003), menciona que el S está presente en el suelo en formas orgánicas e inorgánicas, sin embargo, la mayor cantidad de este nutriente se encuentra en forma orgánica. La planta absorbe S principalmente en forma de ión sulfato (SO_4^-), que proviene de la mineralización de la materia orgánica y del aporte de los fertilizantes.

Navarro y Navarro (2000), indican que tres fases pueden concretarse en la dinámica del azufre en el suelo: 1°) Sulfhidración, o mineralización del azufre orgánico; 2°) Sulfooxidación, u oxidación del azufre mineral; y 3°) Desulfatación, o reducción del azufre mineral. Estas tres fases gobiernan las principales formas del azufre en los suelos en proporción variable, y en íntima relación con las condiciones climáticas y ecológicas.

Las transformaciones del azufre elemental (S^0) en el suelo se producen por la acción de los microorganismos especializados que oxidan el S^0 a su forma final SO_4^{-2} . Este proceso de oxidación produce un exceso de iones H^+ que acidifica el suelo. Es necesario aclarar que solamente la transformación microbiana del S^0 a SO_4^{2-} produce acidez. Cuando se agrega S al suelo en forma de SO_4^{2-} (sulfato de amonio, sulfato de potasio) el S presente en estos materiales no acidifica el suelo porque se

encuentra ya en forma oxidada. La acidez producida por el sulfato de amonio se debe en su totalidad a la nitrificación del NH_4^+ . La velocidad de la mineralización del S orgánico depende de las condiciones climáticas, ya que las temperaturas bajas hacen que la materia orgánica se descomponga lentamente.

El ión SO_4^{2-} al igual que el NO_3^- , se puede perder fácilmente del suelo por lixiviación.

b) Síntomas de deficiencia

Navarro y Navarro (2000), mencionan que la deficiencia del azufre en la planta presenta una notable similitud con la del nitrógeno: retraso en el crecimiento, clorosis uniforme de las hojas y tendencia a formar gradualmente coloración bronceada con necrosis en las puntas. A diferencia de la deficiencia de nitrógeno, las plantas deficientes en azufre presentan clorosis inicialmente en las hojas más jóvenes.

INFOPOS (2003), reporta que en las leguminosas forrajeras, las hojas jóvenes presentan una coloración amarillenta que comienza a lo largo de la nervadura principal. Cuando la deficiencia es severa toda la planta se torna clorótica, y crece muy poco y las hojas afectadas presentan un aspecto moteado similar a los síntomas de deficiencia de Zn o Fe.

Thompson (1974), citado por Palomino (1987), encontró que la falta de azufre reducía la asimilación de N y disminuye las relaciones de carbohidratos a nitrógeno en la planta reduciendo para ello la actividad de los organismos simbióticos.

Coleman (1966), citado por Ibáñez (1976), reporta que las deficiencias de S, ocurren generalmente en suelos de bueno a excesivamente drenados, suelos arenosos bajo condiciones de lluvia alta, caso de chupas; en suelos con horizontes de profundidad arcillosa con hidróxidos de Fe y Al y un pH ácido, caso de los suelos de Allpachaka y otros. Estos síntomas de deficiencias de S, se presentan poco después de la germinación debido a la fijación de los SO_4^- .

Ramírez (1976), reporta que los suelos de puna se caracterizan por tener un pH fuertemente ácido; buena materia orgánica, que les da propiedades de buena infiltración; y lluvias relativamente abundantes en mayor intensidad que la evapotranspiración. Además se presume que tengan contenidos relativamente altos de óxidos hidratados de hierro y aluminio. Todas estas características hacen que el azufre pueda ser lavado hacia los horizontes inferiores, produciéndose síntomas de deficiencia al ser extraído, lo poco que queda, por una o dos cosechas a lo que hay que agregarle la lenta mineralización del azufre orgánico bajo esas condiciones climáticas.

Ascue (1978), al estudiar la respuesta al abonamiento azufrado en suelos agrícolas de Ayacucho, encontró respuesta positiva del tomate a la aplicación de S a una dosis de 60 Kg/ha bajo condiciones de invernadero en 11 de los 31 suelos estudiados.

Los niveles críticos obtenidos por la técnica de Cate y Nelson son relativos y está entre los rangos de 6 – 18 ppm variando según el extractante.

1.9.3 AZUFRE Y NITRÓGENO

INFOPOS (1997), indica que la necesidad de S está muy relacionada con la cantidad de N disponible para la planta. Esta estrecha relación no debe sorprender debido a que ambos nutrientes son constituyentes de las proteínas y están asociados con la formación de la clorofila. El N y el S se relacionan también por el hecho de que el S juega un papel importante en la activación de la enzima nitrato reductasa, necesaria para la conversión de NO_3^- a aminoácidos en las plantas. Una baja actividad de esta enzima reduce los niveles de proteínas solubles, a la vez que incrementa la concentración de NO_3^- en los tejidos de las plantas. El NO_3^- acumulado puede también ser tóxico para los animales que consumen forraje con deficiencia de S. Niveles adecuados de S mejoran la utilización de Mg por parte de los rumiantes al reducir los niveles de N no proteico (NO_3^-) en los forrajes.

Se ha sugerido que la relación N: S (N total y S total) en las plantas es una buena guía de diagnóstico para determinar las deficiencias de S. Se han considerado relaciones de 10:1, 15:1, 7:1, 11:1. Sin importar si estas proporciones son válidas o no, existe una fuerte relación entre N y S que no puede ser ignorada cuando se evalúa la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados.

Cuadro 1.2 Elementos esenciales y concentraciones adecuadas en plantas superiores.

Elemento	Símbolo Químico	Forma disponible para las plantas	Peso Atómico	Concentración en tejidos (MS)	
				Mg/Kg	%
Nitrógeno	N	NO_3^-			
		NH_4^+	14.1	15.000	1.5
Fósforo	P	H_2PO_4^-			
		H_2PO_4^-	30.98	2.000	0.2
Potasio	K	K^-	39.10	10.000	1.0
Azufre	S	SO_4^{2-}	32.07	1.000	0.1
Magnesio	Mg	Mg^{+2}	34.32	2.000	0.2
Calcio	Ca	Ca^{+2}	40.08	5.000	0.5

Fuente: Modificado de Rojas, 2006.

INFOPOS (2003), señala que el S desempeña un importante papel en el metabolismo del N y en las síntesis de proteínas. La deficiencia de S influye en la acumulación de nitritos y nitratos en el metabolismo de las bacterias del rumen.

1.10 FUENTES DE NUTRIENTES

1.10.1 Nitrato de amonio (NO_3NH_4 – 33 % N)

Ibáñez y Aguirre (1983), indican que es un abono simple, nitrogenado, de gránulos y/o fragmentos de color blanco opaco de forma esférica irregular a veces hueca (2 – 5mm) con una superficie seca pulverulenta, se quiebran fácilmente en pequeños cristales higroscópicos.

Torres (2008), señala que es de reacción ácida, así, es necesario el equivalente a 35 kg de CaO para neutralizar la acidez generada por la conversión de NO_3NH_4 a nitrato, por la aplicación de 100 kg de NO_3NH_4 .

INFOPOS (2003), menciona que es un material adecuado para pastos, es una sal formada por iones de NH_4^+ y NO_3^- ; en igual proporción. Se puede utilizar a la siembra, en épocas de transición después del corte o pastoreo y en épocas secas porque no sufre pérdidas por volatilización. Deja un residuo ácido, que sin embargo es menor del que produce el sulfato de amonio, por el simple hecho de que solamente la mitad del N está presente en forma de NH_4^+ que se puede nitrificar y producir acidez. Este material es higroscópico y tiende a endurecerse en condiciones de alta humedad ambiental. Por esta razón se debe evitar almacenarlo por mucho tiempo.

1.10.2 Sulfato de potasio (K_2SO_4 – 50 % K_2O y 18 % S)

Ibáñez y Aguirre (1983), describen que son cristales semi transparentes u opacos de forma rómbica y/o hexagonal de color blanco o con tintes rosados (0.1 – 3.0 mm), con frecuencia forma agregados irregulares que se trituran fácilmente en cristales pequeños.

INFOPOS (2003), menciona que es una fuente de S utilizada cuando también se debe suministrar K. Es un producto fácil de manejar y almacenar. Se aplica en casi todos los suelos y cultivos. El K_2SO_4 no acidifica el suelo. Se recomienda en suelos salinos y en invernaderos.

1.10.3 Superfosfato triple de calcio [$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ – 46% P_2O_5 y 13 % Ca]

Ibáñez y Aguirre (1983), indican que son gránulos no cristalinos pequeños de color blanco, opaco y/o gris, generalmente forma agregados (1 – 6 mm) que se quiebran fácilmente en partículas pequeñas.

Se utiliza ampliamente en suelos deficientes en P, solo o en mezclas con otros fertilizantes. Es también una fuente de moderada solubilidad y de buena eficacia en pastos. Es un fertilizante altamente concentrado en fósforo disponible y ofrece además una disponibilidad conjunta del micronutriente Calcio. Se fabrica reaccionando la roca fosfórica con ácido fosfórico.

1.11 INTOXICACIÓN POR NITRATOS

1.11.1 Acumulación de nitratos en las plantas

Según INFOPOS (2003), el problema de intoxicación con nitratos se presenta por los cambios metabólicos del N en las plantas y en los animales. En general, las plantas, particularmente las gramíneas, requieren cantidades relativamente altas de N para su desarrollo. Se recomienda aplicar N a la siembra y complementar los requerimientos con aplicaciones adicionales después de cada corte o pastoreo. Inmediatamente después de la fertilización, el rebrote toma cantidades altas de N del suelo y lo almacena como nitrato en los tejidos para posteriormente convertirlo en proteína, de esta manera: Nitrato → Nitrito → Amoniaco → Aminoácido → Proteína.

Durante las sequías prolongadas y después de las heladas, los nitratos se acumulan en cantidades anormalmente altas, mientras que cuando se presentan las lluvias en las praderas, el nitrato se moviliza y se convierte en proteína en el proceso normal de transformación del N en la planta. El peligro de intoxicación con nitratos se presenta al alimentar los animales

con forraje que todavía tiene cantidades muy altas de nitratos y nitritos en los tejidos. En condiciones normales, las concentraciones de nitratos en la planta son menores que los niveles considerados como tóxicos para los animales. Sin embargo, cuando se presenta una condición de estrés que reduce o paraliza completamente el crecimiento de la planta (helada o sequía por ejemplo) los nitratos se acumulan debido a que la formación de proteínas también se reduce o detiene.

1.11.2 Toxicidad de nitratos en los animales

INFOPOS (2003), indica que la intoxicación por los nitratos es una alteración en los bovinos, de origen no infeccioso, que modifica el metabolismo del animal. Esta condición se presenta cuando el animal consume alimentos que contienen una cantidad alta de nitratos que no los puede utilizar o eliminar. Los nitratos se convierten en nitritos en el rumen y en esta forma penetran en la corriente sanguínea, donde reaccionan con la hemoglobina de los glóbulos rojos. El producto de esta reacción es la metahemoglobina, una hemoglobina alterada incapaz de transportar oxígeno a los diferentes tejidos del animal. Estos cambios inducen anoxia e inclusive pueden causar la muerte del animal por asfixia.

No existe un criterio unánime con respecto a cuál es el nivel tóxico de nitratos en la dieta de los animales. Algunos sostienen que concentraciones de nitratos mayores al 0.21 % (de la materia seca del forraje) pueden ser peligrosas, otros afirman que solamente son peligrosas cuando superan el 0.5 % de la dieta (en base seca) y algunos

opinan que los animales pueden tolerar contenidos de nitratos hasta del 1 % en base seca.

1.12 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES FORRAJERAS NATIVAS DE LA ZONA ALTOANDINA

Son pocos los estudios realizados sobre las especies nativas de la zona altoandina, en función a sus características. En la EEA Canaán del INIA desde el año 2007 se viene realizando estudios que caracterizan su ecología, fenología, producción y calidad de forraje y semilla, diversidad genética, deseabilidad, morfología y propagación, para determinar el potencial de estas especies para el desarrollo de la ganadería en la zona altoandina. (Mamani, 2010).

1.12.1 Fenología

La fenología es una de las características claves para el manejo y conservación de los pastizales. La fenología determina las etapas productivas y reproductivas de los pastizales, por lo tanto, tiene que ver directamente con los momentos de utilización sea al pastoreo o corte. Asimismo determina los periodos de descanso que cada especie requiere para no afectar su presencia en el pastizal.

Ruiz y Tapia (1987), mencionan que el conocimiento de las bases fisiológicas orienta a controlar el crecimiento vegetal con el acceso de los animales a las pasturas, con el fin de conseguir un alto valor nutritivo de la pastura, máxima productividad, persistencia, adecuado nivel de consumo

del forraje producido y con esto, lograr la más alta producción animal por hectárea. Los aspectos que se deben considerar en la fisiología de las plantas forrajeras son:

- El hábito de crecimiento de las especies, observar si las plantas son postradas, erectas, semiextendidas o rastreras.
- La cobertura vegetal, que puede dejar partes del suelo desnudo o cubrirlo.
- El mecanismo de propagación y persistencia, conocer si se propagan por vía vegetativa o semillas y cuánto tiempo son utilizables.
- En la respuesta a factores ambientales y la reproducción se debe tener en cuenta si son resistentes o no a las heladas, sequías, humedad ambiental y si son de reproducción cruzada o autoestériles.

También se debe considerar los cambios en el valor nutritivo de las pasturas, es decir su composición química y digestibilidad, para conocer el momento adecuado de su utilización.

En el (cuadro 1.3) calendario fenológico, se muestra las 5 etapas fenológicas determinadas luego de una evaluación realizada en las regiones de Ayacucho y Huancavelica. En este calendario se puede distinguir la duración, inicio y fin de cada etapa fenológica de las 5 especies en estudio. Por ejemplo, para el caso de la *Festuca dolichophylla* el periodo fenológico comienza a inicios del mes de diciembre con la etapa vegetativa (rebrote), finalizando esta etapa a fines

enero. Comparando esta especie con el *Trifolium amabile*, el periodo fenológico inicia a mediados del mes de noviembre con la etapa vegetativa, culminando el mismo también a fines del mes de enero.

Cuadro 1.3: Calendario fenológico de los cinco pastizales altoandinos de la comunidad de Ccarhuaccpampa.

ESPECIES	MESES											
	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
<i>Fedo</i>												
<i>Feri</i>												
<i>Muli</i>												
<i>Poper</i>												
<i>Triam</i>												

ETAPAS FENOLÓGICAS	
VEGETATIVA	
REPRODUCTIVA	
MADURACIÓN	
DISEMINACIÓN	
HIBERNACIÓN	

Fuente: Durand (2008).

En el cuadro 1.4 se muestra el resumen de los estados y etapas fenológicas de las cinco especies en estudio, registradas en las diferentes zonas de Ayacucho y Huancavelica

En el caso de las gramíneas se han identificado nueve estados dentro de las cinco etapas fenológicas diferenciadas, a excepción de la *Muhlenbergia ligularis* y *Poa perligulata* que solo se diferenciaron 8 estados. Y para el caso del *Trifolium amabile*, se pudo diferenciar diez estados fenológicos distribuidas en las cinco etapas fenológicas diferenciadas. (Durand, 2008).

Cuadro 1.4 Estados y etapas fenológicas de las cinco especies en estudio, registradas en las diferentes zonas de Ayacucho y Huancavelica.

Especies	Estados (días)		Estados (días)			Etapa Reproductiva		Estados (días)			Etapa de Maduración		Etapa de Diseminación		Etapa de Hibernación	Total de días	
	Rebrote	Inicio de elongación	Hoja bandera	Inicio de Panoja y/o espiga	Inicio de floración	Plena floración	Días	Meses	Grano lechoso	Grano pastoso	Semilleo	Días	Meses	Días			Meses
<i>Fedo</i>	23	15	15	10	9	5	59	Ene-Mar	29	30	10	93	Abr-Jun	31	Jun	Ago-Nov	242
<i>Feri</i>	23	15	15	10	9	5	59	Ene-Mar	29	30	10	93	Abr-Jun	31	Jun	Ago-Nov	242
<i>Muli</i>	21	22		14	10	7	61	Mar-May	16	15	5	50	May-Jul	15	Jul-Ago	Ago-Nov	244
<i>Popo</i>	15	21		16	19	5	52	Feb-Abr	17	8	5	61	Abr-Jun	26	Jun-Jul	Ago-Nov	208

Especie	Estados (días)		Estados (días)			Etapa Reproductiva		Estados (días)					Etapa de Maduración		Diseminación	Hibernación	Total de días	
	Rebrote	Inicio de elongación	Botón Floral	Inicio de floración	Plena floración	Días	Meses	Formación de vainas	Llenado de grano	Grano lechoso	Grano pastoso	Semilleo	Días	Meses				
<i>Triam</i>	24	22	13	5	6	24	Feb-Mar	7	15	9	9	7	47	Mar-May	28	Jun	Jul-Nov	218

Especies

- Fedo* : *Festuca dolichophylla*
- Feri* : *Festuca rigescens*
- Muli* : *Muhlenbergia ligularis*
- Popo* : *Poa perfoliata*
- Triam* : *Trifolium amabile*

Fuente: Durand (2008).

1.13 TAXONOMÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS CINCO ESPECIES EN ESTUDIO

1.13.1 LAS POÁCEAS

a) *Festuca dolichophylla* "Chilligua"

a.1) Taxonomía

Según Tovar (1960).

Clase : Angiospermas

Sub Clase : Monocotyledoneas

Orden : Graminales

Familia : Poáceae o Gramineae

Sub familia : Festucoideas

Tribu : Festuceae

Género : Festuca

Especie : *Festuca dolichophylla*

a.2) Características morfológicas

Según Ruiz y Tapia (1987), es una especie perenne, erecta, cespitosa, con gran cantidad de macollos, con tallos que varía de 40 – 90 cm de altura, esto de acuerdo a la edad de la planta y la profundidad de los suelos donde se desarrollan, raíz fasciculada, fibrosa con culmos cilíndricos. Hojas erguidas y firmes con vainas glabras de 20-30 cm de largo por 6-7 mm de ancho. La lígula membranosa de 1 mm de largo tiene el ápice pubescente. Láminas foliares delgadas, filiformes, convolutas. La inflorescencia es una panícula estrecha (10 – 16 cm de largo) de ramas

erectas o ascendentes. Espiguillas verdes o púrpuras, con 4-5 flósculos de 10 mm. de largo; las glumas son desiguales, la inferior de 4.5 mm de largo por 1 mm de ancho; 1-nervada y la gluma superior de 5.5 mm de largo por 1.5 mm de ancho, 3-nervada; lemma 5-nervada y palea 2-nervada.

Hábitat

Conforma el pajonal de puna, habita suelos profundos y algo húmedos, formando grandes comunidades vegetales con otras especies como la *Muhlenbergia fastigiata*, *Alchemilla pinnata*, entre otros.

Palatabilidad

La resistencia a la helada hace que sea palatable aún en los meses de sequía, sin embargo su valor forrajero decrece enormemente a medida que transcurre el periodo vegetativo. Apetecida tanto por alpacas, ovinos, llamas y vacunos.

Distribución

Territorio altoandino (Puna inferior), entre los 3 800 – 4 500 mnsn.

b) *Festuca rigescens*

b.1) Taxonomía (Tovar, 1960).

Clase : Angiospermas
Sub Clase : Monocotyledoneas
Orden : Graminales
Familia : Poáceae o Gramineae
Sub familia : Festucoideas
Tribu : Festuceae
Género : Festuca
Especie : *Festuca rigescens*

b.2) Características morfológicas

Según Tovar y Oscanoa (2002), es una planta perenne, cespitosa, de cañas algo engrosadas duras, de 15 - 25 cm de altura. *Lígula* de 0.5 - 1 mm de largo, pestañeada. *Láminas foliares* de 4 - 10 cm de largo, semirígidas, de ápice obtuso, involuta, finamente pubescentes en el haz. *Panícula* de 4 - 7 cm de largo, angosta, subespeciforme, las ramas adpresas, angulosas, comúnmente glabras. *Espiguillas* 2 - 3 floras, de 6 - 7 mm de largo. *Glumas* desiguales, comúnmente obtusas, la gluma inferior de 2 - 3 mm de largo y la gluma superior de 3.2 - 4 mm de largo, algo más ancha que la inferior. *Lemma* inferior de 4.8 - 8 mm de largo, escabroso pubescente hacia el ápice, brevemente aristada; *raquilla* escabroso-pubescente.

Hábitat

Entre otras gramíneas altas, pajonal de puna de suelos húmedos o algo húmedos.

Distribución

Región altoandina de Perú, Bolivia, Chile y Argentina. En el Perú crece entre los 3 850 – 4 700 mnsn.

c) *Muhlenbergia ligularis* “atun-chiji”, “grama blanca”

c.1) Taxonomía (Tovar, 1960).

Clase : Angiospermas
Sub Clase : Monocotyledoneas
Orden : Graminales
Familia : Poáceae o Gramineae
Sub familia : Festucoideas
Tribu : Agrostideae
Género : Muhlenbergia
Especie : *Muhlenbergia ligularis*.

c.2) Características morfológicas.

Según Tovar y Oscanoa (2002), es una planta perenne, cespitosa, algo rastrera, con cañas decumbentes o postradas, de 4-8 cm de largo. Láminas foliares planas o subinvolutas, de 1 - 2 cm de largo por 1 - 2 mm de ancho, suaves. *Panícula* pequeña, negruzca, de 1.2 – 2 cm de largo, pauciflora, suelta o subapretada, ramas ascendentes-adpresas.

Espiguillas de 2 mm de largo, glumas iguales, comúnmente de 1 – 1.3 mm de largo, de ápice obtuso o truncado. *Lemma* de 2 mm de largo, acuminado o agudo, glabro.

Hábitat

Suelos sueltos, descubiertos, algo húmedos de los bofedales.

Palatabilidad

Muy apetecidas por alpacas y ovinos, ligeramente por llamas.

Distribución

Andes centrales: Ecuador, Perú y Bolivia. En el Perú se encuentra entre los 3 500 – 4 300 msnm.

d) *Poa perligulata*

d.1) Taxonomía (Tovar, 1960).

Clase : Angiospermas

Sub Clase : Monocotyledoneas

Orden : Graminales

Familia : Poáceae o Gramineae

Sub familia : Festucoideas

Tribu : Festuceae

Género : *Poa*

Especie : *Poa perligulata*

184958

d.2) Características morfológicas

Planta perenne o anuales; algunas pocas dioicas; inflorescencia en panícula abiertas o contritas hasta sub espiciformes; espiguillas multiflora, lateralmente comprimidas, desarticulada por encima de las glumas y entre los antecios; gluma inferior uninervada, gluma superior comúnmente 3 – nervada; lemma 5 – nervada, muticas, agudas u obtusas en el ápice

1.13.2 LAS FABÁCEAS.

a) *Trifolium amabile* “trébol, layo o chicmo”

a.1) Taxonomía (Tovar, 1960).

Clase : Angiospermas
Sub Clase : Dicoltyledoneas
Orden : Rosales
Familia : Fabáceas o Leguminosae
Sub familia : Papilionáceas
Tribu : Trifoliadas
Género : *Trifolium*
Especie : *Trifolium amabile*.

a.2) Características morfológicas

Según Ruiz y Tapia (1987), es una pequeña leguminosa perenne, de raíces bastantes profundas (30-50 cm.), en comparación con el porte aéreo que no pasa de los 15 cm. Las hojas palmati-trifoliadas con

manchas rojizas en cada foliolo. Inflorescencias en racimo contraído y de flores blancas ligeramente rosadas.

Tovar y Oscanoa (2002), mencionan que es una planta perenne de raíz pivotante, algo engrosada bien desarrollada de hasta 25 cm de largo; *tallo* suberguido o procumbente; *hojas* compuestas trifoliadas, los foliolos anchamente aovados redondeados en el ápice, con pedicelo de 2 mm de largo; estipulas acuminadas o mucronadas. *Inflorescencia* en umbela simple con 8 – 14 flores de color rosado – rojizo o blanquecino, de 5 - 7 mm de largo con brácteas subuladas en la base; ovario con 2 óvulos; *fruto* en vaina subglobosa corto, redondeado-elíptico, con 1 o 2 semillas.

Hábitat

Suelos algo secos o subhúmedos, en campos abiertos a la Puna. Su utilización es al pastoreo.

Palatabilidad

Muy palatable por alpacas y ovinos, poco en llamas. Es una excelente leguminosa y que en la zona altoandina constituye uno de los principales recursos proteicos de los pastizales, al igual que la *Alchemilla*.

Distribución

En el Perú, se encuentra en la región mesoandina superior y la altoandina inferior.

1.14 DISEÑO EXPERIMENTAL: DISEÑO 03 DE JULIO - D3J

1.14.1 Características

Según Tineo (2014), el Diseño 03 de Julio, es un diseño de superficie de respuesta, cuyo análisis estadístico principal consiste en ajustar a una función de acuerdo con el modelo de segundo orden:

$$Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ij} X_i^2 + \sum b_{ij} X_i X_j + e$$

El Diseño 03 de Julio, está formado por un conjunto de tratamientos provenientes de un factorial completo o fraccional 2^K , (K representa el número de factores), a los que se agrega otros tratamientos para poder estimar todos los coeficientes de un polinomio de segundo orden con K factores; los tratamientos agregados son simétricos alrededor del centro del factorial, y generan un diseño *Compuesto Central*. Este diseño se construye sumándole $4K + 1$ combinaciones al factorial 2^K . Los 2^K tratamientos (factorial), se construyen con los niveles codificados (-2, +2) de cada factor. Además del factorial 2^K existe el llamado tratamiento central (1), correspondiente al centro del diseño y en términos codificados es la combinación (0,..., 0). El resto $4K$ (tratamientos radial), se colocan a distancias $\pm X_i$ del centro del diseño, su representación codificada viene dada por $(\pm X_i, 0, 0) \dots (0, 0, \pm X_i)$.

El diseño puede subdividirse en 3 partes. Ejemplo para 2 factores:

1. La parte factorial del diseño para este caso sería 2^K .

X_1	X_2
-2	-2
2	-2
-2	2
2	2

2. Los 8 puntos adicionales incluidos para formar un diseño compuesto central, le da la característica de rotabilidad. La figura que forman estos puntos se llama **estrella**: $4K$.

X_1	X_2
-2	0
-1	0
1	0
2	0
0	-2
0	-1
0	1
0	2

3. El punto central (1).

X_1	X_2
0	0

El diseño permite evaluar a la vez 5 niveles en cada factor, tal como:

N°	Nivel codificado (X_i)	Nivel del factor (Z_i)
1	-2	Mínimo
2	-1	Bajo
3	0	Medio
4	1	Alto
5	2	Máximo

Los niveles codificados están establecidos por la estructura del Diseño; los niveles reales los propone el investigador, en función de la naturaleza del problema.

1.14.2 Análisis estadísticos

Tineo (2014), indica que el Diseño 03 de Julio, permite realizar dos tipos de análisis estadísticos: a) el análisis de variancia, para determinar el efecto de cada tratamiento sobre la producción del cultivo, y b) el análisis de regresión, para determinar el modelo polinomial de segundo grado que explica el comportamiento de las variables sobre la producción del cultivo. El análisis de variancia se realiza siguiendo los procedimientos establecidos para el diseño en el cual se distribuyeron los tratamientos en el campo. Por la estructura de los tratamientos, el D3J permite realizar otros cálculos, que ayudan a explicar la importancia de la ausencia o presencia de un elemento en el suelo y su repercusión en el crecimiento del cultivo; así como el aprovechamiento de nutrientes por la planta, cuando estos se aplican al suelo en diferentes cantidades.

1.15 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE USO DE FERTILIZANTES

Tineo (2014), menciona que la cantidad de fertilizante aprovechado por el cultivo depende de varios factores, de naturaleza edáfica, climática y del mismo cultivo. Un sistema de producción será más eficiente en la medida que el fertilizante sea mejor aprovechado por el cultivo; esta característica se conoce como Eficiencia de uso del fertilizante por el cultivo, o CAU (Coeficiente aparente de uso). Para determinar el CAU de un fertilizante, es necesario realizar un análisis del contenido del nutriente de interés (N, P, K, etc.) en el tejido vegetal (planta), procedente de los tratamientos con

el nutriente, y en el procedente del testigo. Para esta evaluación se pueden analizar los siguientes tratamientos:

CAU para diferentes niveles de abonamiento nitrogenado.

Trat.	X ₁	X ₂	
T	-2	0	
N ₁	-1	0	$CAU_N = \frac{[E(N_i) - E(T_N)]}{N_i} * 100$
N ₂	0	0	
N ₃	1	0	
N ₄	2	0	

CAU para diferentes niveles de abonamiento azufrado.

Trat.	X ₁	X ₂	
T	0	-2	
S ₁	0	-1	$CAU_S = \frac{[E(S_i) - E(T_S)]}{S_i} * 100$
S ₂	0	0	
S ₃	0	1	
S ₄	0	2	

Dónde:

E(N_i) : Extracción del N, por el cultivo, en el tratamiento N_i (nivel "i" del fertilizante nitrogenado).

E(T_N) : Extracción del N, por el cultivo, en el tratamiento T (testigo, sin fertilizante nitrogenado).

N_i : nivel "i" del fertilizante nitrogenado aplicado al suelo.

E(S_i) : Extracción del S, por el cultivo, en el tratamiento S_i (nivel "i" del fertilizante azufrado).

E(T_P) : Extracción del S, por el cultivo, en el tratamiento T (testigo, sin fertilizante azufrado).

S_i : nivel "i" del fertilizante azufrado aplicado al suelo.

Smith y Smith (2001), mencionan que Justus von Leibig en 1840, desarrolla la Ley del mínimo de Leibig, en su estudio de la relación entre el suelo y las plantas, donde se dio cuenta que las plantas necesitan unos tipos y unas cantidades de nutrientes concretos. Si falta uno de estos nutrientes la planta muere. Si está presente en cantidades mínimas, el crecimiento de la planta se verá reducido. En términos generales, la ley del mínimo dice que la actividad (supervivencia, crecimiento y reproducción) de un organismo está en función del factor ambiental que se halla en valores más limitantes. Así pues, los seres vivos se ven limitados por condiciones diversas y, además, por las interacciones producidas entre ellas. Los organismos viven dentro de unos rangos que van desde demasiado a demasiado poco, los llamados límites de tolerancia. Este concepto de que ciertas condiciones mínima y máxima limitan la presencia y el éxito de un organismo, se denomina **ley de la tolerancia**.

El rango de condiciones en que puede vivir un organismo tiene unos límites, descritos por una curva de tolerancia en forma de campana. Los puntos mínimos y máximos de la curva marcan los límites más allá de los cuales un organismo no puede sobrevivir. Dentro de ese rango de supervivencia existen otros rangos de condiciones más estrechos dentro de los cuales el organismo puede crecer y reproducirse.

El nivel de tolerancia a temperaturas mínimas y máximas define los límites de distribución de una especie. Aunque unas condiciones cercanas a los límites de tolerancia pueden ser suficientes para mantener la

supervivencia, el crecimiento y el rendimiento del organismo suele ser mucho menor que las cercanas al óptimo.

Los organismos reaccionan ante una variedad de factores ambientales, y solo pueden ocupar un cierto hábitat cuando los valores de esos factores caen dentro del rango de tolerancia de la especie.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

2.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la comunidad campesina de Ccarhuaccpampa.

Ubicación Política

Departamento: Ayacucho

Provincia : Cangallo

Distrito : Paras

Ubicación Geográfica

Latitud : 13°25'3.78" S

Longitud : 74°54'21.06" W

Altitud : 4 000 msnm



Fotografía 01: Vista panorámica de la Comunidad campesina de Ccarhuaccpampa a 4 000 msnm.

2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

La configuración topográfica está definida por un área ligeramente inclinada, con suelos de profundidad superficial entre 10 a 20 cm, de clase textural media, ácidos y con alto contenido de materia orgánica.

La vegetación de pradera natural se caracteriza por estar compuesto mayoritariamente por especies de porte bajo, típicamente cespitosa con predominancia de la *Muhlenbergia ligularis*, *Calamagrostis vicunarum*, *Stipa brachyphylla*, *Trifolium amabile*, y en menor porcentaje de especies como la *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis rigescens*, *Scirpus rigidus*, *Bromus lanatus* y *Bromus pitensis*. Además se encuentran otras especies de las familias Rosáceas, Asteráceas, Plantagináceas, etc.

2.1.3 CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS

Luego del muestreo de suelos realizado con el protocolo convencional, se realizó el análisis físico-químico del suelo en el laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes "AGROLAB" de la ciudad de Ayacucho, cuyos resultados se muestran en el cuadro 2.1.

Según Ibáñez y Aguirre (1983), se trata de un suelo fuertemente ácido, muy rico en materia orgánica, alto en nitrógeno total, alto y muy alto en P y K disponible, medio en CIC y de textura Franco arcillo arenoso (FrArA), donde los cationes cambiabiles se encuentran entre medio a alto.

Cuadro 2.1: Análisis físico-químico del suelo de Ccarhuaccpampa a 4000 msnm.

Características	Resultados		Interpretación
	Valores	Método	
Análisis físico			
Arena (%)	58.72	Bouyoucus	
Limo (%)	21.84	Bouyoucus	
Arcilla (%)	19.44	Bouyoucus	
Análisis químico			
pH	5.21	Potenciométrico	Fuert. Ácido
Materia Orgánica (%)	5.98	Walkley Black	Muy rico
Nitrógeno Total (%)	0.23	Kjeldahl	Alto
P disponible (ppm)	27.21	Olsen modificado	Alto
K disponible (ppm)	425	Morgan peach	Muy alto
CIC Cmol(+)/Ha	22.4	Acetato amonio pH 7	Medio
Ca ⁺²	15.33 Cmol(+).kg ⁻¹		Alto
Mg ⁺²	1.65 Cmol(+).kg ⁻¹		Medio
K ⁺²	0.85 Cmol(+).kg ⁻¹		Alto
Na ⁺²	0.31 Cmol(+).kg ⁻¹		Medio

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes "AGROLAB"

2.1.4 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones climáticas de temperatura máxima, mínima, media mensual, precipitación y balance hídrico correspondiente a los años 2011 - 2012 se muestran en el cuadro 2.2 y gráfico 2.1. Datos que fueron obtenidos de la Estación Meteorológica Apacheta perteneciente a la Operación y Mantenimiento de la Red Hidrometeorológica – OPEMAN del Gobierno Regional de Ayacucho.

Del cuadro, se puede observar que en el periodo comprendido entre marzo - 2011 a marzo - 2012, la variación de temperatura mínima absoluta es de -6.80 a -1.0 °C, presentándose la temperatura más baja en el mes de agosto, mientras que la temperatura máxima absoluta varía de 14.40 a 18.60 °C, presentándose la máxima temperatura en el mes de noviembre y la temperatura media mensual varía de 4.50 a 7.70 °C y los promedios mensuales de las temperaturas mínima, media y máxima fueron de -3.85, 6.02 y 15.89 °C respectivamente. Las precipitaciones mensuales varían de 2.2 mm en el mes de junio hasta la máxima de 227.50 mm registrado en febrero, acumulando la precipitación hasta 1169.10 mm. Los meses de marzo, abril, diciembre, enero, febrero y marzo fueron los más lluviosos, considerándose un año lluvioso.

El balance hídrico se calculó utilizando la metodología propuesta por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, 1976), donde se muestra un déficit hídrico durante los meses de mayo, junio y agosto del 2011, por lo que fue necesario la dotación de agua, debido a que los pastos se encontraban en la etapa de crecimiento.

Como podemos observar existe irregularidad de las precipitaciones y en los meses de mayo a agosto se registraron heladas ocasionando retardo en el normal crecimiento y desarrollo de los pastos.

En el año 2011, las lluvias se iniciaron en el mes de setiembre a noviembre con bajas precipitaciones y en los meses de diciembre a marzo del 2012 se tuvieron altas precipitaciones.

Cuadro 2.2: Temperatura Máxima, Mínima, Media y Balance Hídrico registradas durante (Marzo-2011) a (Marzo-2012) de la Estación Meteorológica de Apacheta – OPEMAN, del Gobierno Regional de Ayacucho.

ESTACIÓN : APACHETA DISTRITO : PARAS LATITUD : 13°20'51" S
 CÓDIGO : 019 PROVINCIA : CANGALLO LONGITUD : 74°38'44" W
 AÑOS : 2011 - 2012 DEPARTAMENTO : AYACUCHO ALTITUD : 4150.0 msnm

AÑO	2011												2012			TOTAL	PROM.
	MESES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR			
T° Máxima mensual (°C)	14.40	15.80	15.80	15.80	15.00	15.00	16.20	16.20	16.80	18.60	17.00	16.60	14.80	14.40		15.89	
T° Mínima mensual (°C)	-1.80	-1.20	-6.40	-6.40	-5.80	-6.00	-6.80	-5.00	-4.20	-3.20	-2.20	-4.00	-2.40	-1.00		-3.85	
T° Media mensual (°C)	6.30	7.30	4.70	4.70	4.60	4.50	4.70	5.60	6.30	7.70	7.40	6.30	6.20	6.70		6.02	
Factor	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.64	4.96			
ETP (mm)	31.25	35.04	23.31	23.31	22.08	22.32	23.31	26.88	31.25	36.96	36.70	31.25	28.77	33.23		30.6	
Precipitación (mm)	173.90	108.70	13.50	5.80	2.20	24.50	5.80	38.10	46.00	65.90	145.90	143.70	227.50	173.40			
ETP ajustado (mm)	31.25	35.04	23.31	23.31	22.08	22.32	23.31	26.88	31.25	36.96	36.70	31.25	28.77	33.23			
Humedad del suelo (mm)	142.65	73.66	9.81	-17.51	-19.88	2.18	-17.51	11.22	14.75	28.94	109.20	112.45	198.73	140.17			
Exceso (mm)	142.65	73.66				2.18		11.22	14.75	28.94	109.20	112.45	198.73	140.17			
Déficit (mm)		-9.81		-17.51	-19.88												

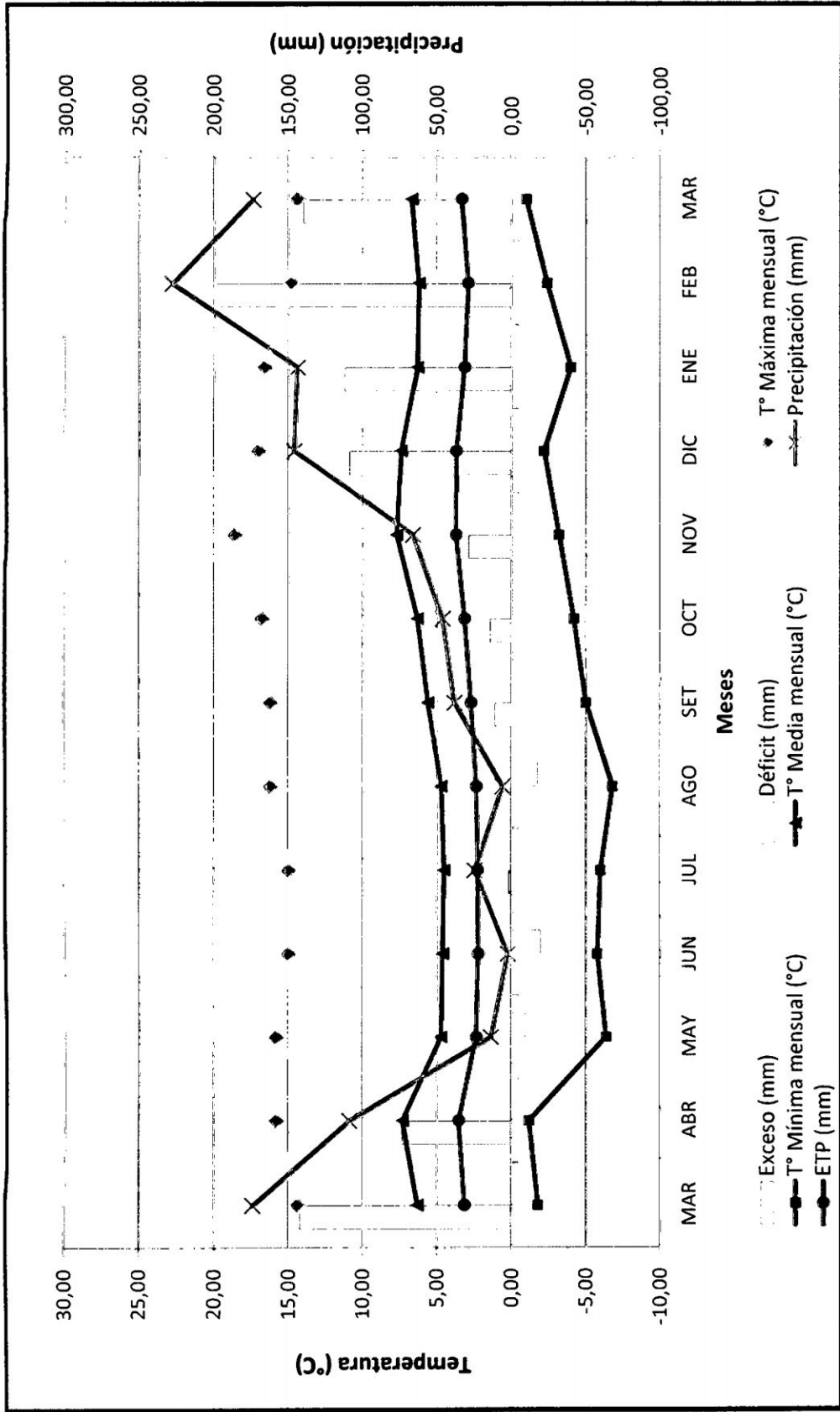


Gráfico 2.1: Diagrama Ombrotermico: T° vs PP y Balance hídrico, registradas durante el periodo de evaluación: Marzo - 2011 a Marzo - 2012.

2.2 MATERIAL BIOLÓGICO

Se emplea como material biológico cinco especies nativas:

- *Festuca dolichophylla*
 - *Festuca rigescens*
 - *Poa perligulata*
 - *Muhlenbergia ligularis* y
 - *Trifolium amabile.*
- } Porte alto
- } Porte bajo

Se eligieron las cinco especies por su dominancia (censo en la zona) y palatabilidad; en razón a que son deseadas tanto por alpacas como por los ovinos.

2.3 FUENTES DE ABONAMIENTO

Como abono se emplearon tres fuentes de nutrientes, a fin de cubrir las necesidades de N se usó el NH_4NO_3 ; de S y K el SO_4K_2 y del P el Superfosfato triple de calcio.

2.4 DISEÑO METODOLÓGICO

2.4.1 Diseño experimental y análisis estadístico

La investigación se condujo bajo el Diseño 03 de Julio (D3J) que está conformado por un grupo de tratamientos: $2^K + 4K + 1$, para dos factores (Nitrógeno y azufre). El análisis estadístico consta de un análisis de variancia con su respectiva prueba de contraste de Duncan (0.05) y el

análisis de regresión, que permite ajustar a una función de segundo orden:

$$Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ii} X_i^2 + \sum b_{ij} X_i X_j + e$$

Estos cálculos se realizaron utilizando la metodología propuesta por Tineo (2012).

2.4.2 Factores en estudio

Se consideran 2 factores de estudio:

- **Factor A:** Niveles de nitrógeno (Nitrato de amonio) y
- **Factor B:** Niveles de azufre (Sulfato de potasio).

Los niveles de cada factor se muestran en detalle en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3: Niveles de N y S empleado en el experimento.

Nº	Nivel Codificado		Niveles del nutriente (kg.ha ⁻¹)	
	Xi	Nivel	N	SO ₄ ⁼
1	-2	Mínimo	0	0
2	-1	Bajo	75	15
3	0	Medio	150	30
4	1	Alto	225	45
5	2	Máximo	300	60

2.4.3 Tratamientos

El experimento se desarrolló en macetas (baldes), como unidad experimental y consta de 13 tratamientos con tres repeticiones, obteniéndose 39 unidades experimentales por cada especie, haciendo un

total 195 unidades experimentales por las cinco especies. Todos ellos distribuidos en bloques completamente al azar (DBCA).

En el cuadro 2.4 se muestra la estructura de los tratamientos y las dosis de nitrato de amonio y sulfato de potasio con sus respectivas equivalencias en las macetas experimentales.

Cuadro 2.4: Estructura de tratamientos en el D3J, para 2 factores.

Trat.	Codificado		Nutrientes (kg/ha)				Fuentes (g/maceta)		
	X ₁	X ₂	N	P ₂ O ₅	K	S	NH ₄ NO ₃	ST	K ₂ SO ₄
1	-2	-2	0	0	0	0	0	0	0
2	2	-2	300	60	40	0	6,15	0,83	0
3	-2	2	0	60	40	60	0	0,83	2,08
4	2	2	300	60	40	60	6,15	0,83	2,08
5	-2	0	0	60	40	30	0	0,83	1,04
6	-1	0	75	60	40	30	1,54	0,83	1,04
7	1	0	225	60	40	30	4,61	0,83	1,04
8	2	0	300	60	40	30	6,15	0,83	1,04
9	0	-2	150	60	40	0	3,07	0,83	0
10	0	-1	150	60	40	15	3,07	0,83	0,52
11	0	1	150	60	40	45	3,07	0,83	1,56
12	0	2	150	60	40	60	3,07	0,83	2,08
13	0	0	150	60	40	30	3,07	0,83	1,04

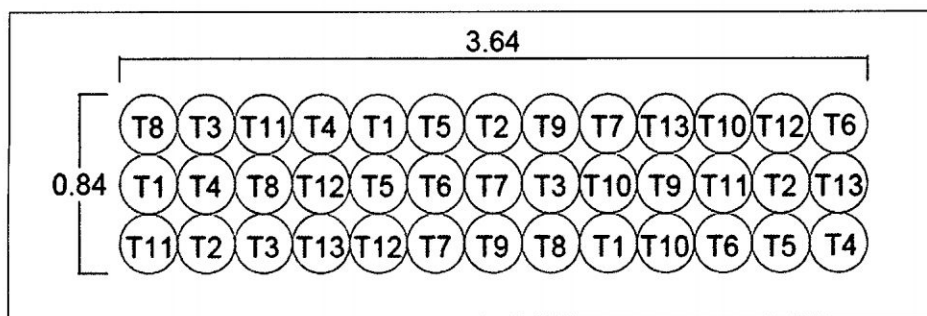


Gráfico 2.2. Croquis de distribución de las Unidades Experimentales de cada una de las especies, según DBCA.

2.5 INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.5.1 Ubicación del área experimental

La ubicación del área experimental fue seleccionada de acuerdo al hábitat y distribución de los pisos ecológicos de las cinco especies nativas que predominan en el lugar. Se ubicó a 4 000 msnm, presentando una buena uniformidad a un mismo nivel, donde los tratamientos se distribuyeron según al DBCA, colocándose las macetas de las cinco especies de acuerdo al croquis establecido.

Cada maceta tiene un área de 0.06158 m^2 , las cuales fueron colocadas en 13 columnas (tratamientos) con 3 filas (repeticiones) respectivamente, separadas por 1.0 m entre cada especie, haciendo un área total de 38 m^2 .

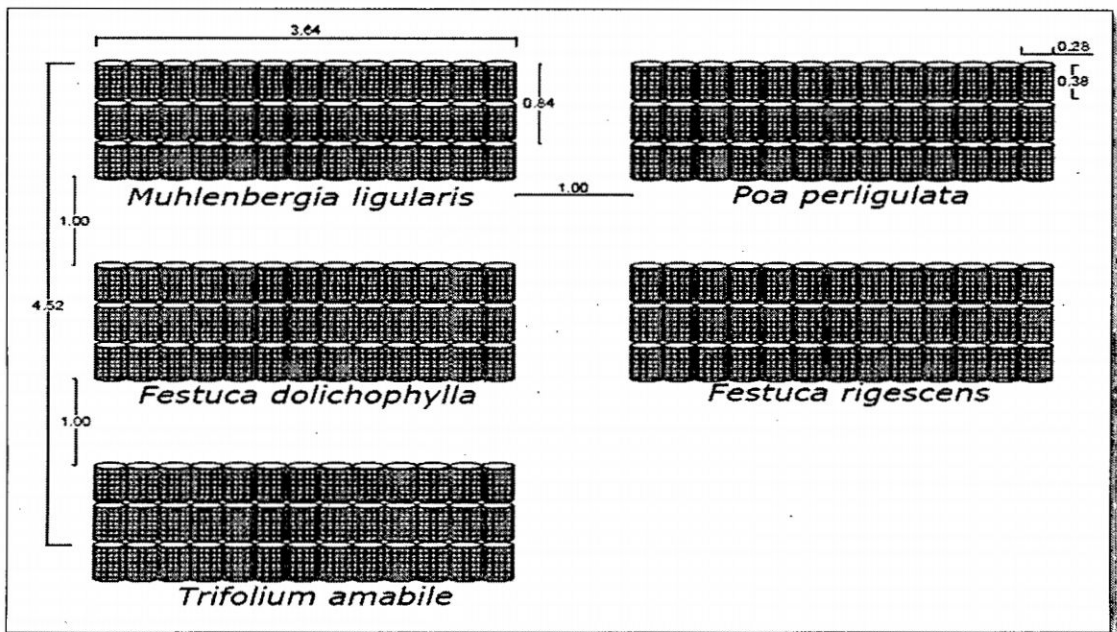


Gráfico 2.3. Croquis del campo experimental con la distribución de las cinco especies.

2.5.2 Preparación de sustrato

El suelo extraído del área experimental fue tamizado con un cernidor de 4 mm de diámetro, dejándolo a temperatura de ambiente para su secado, luego se procedió a pesar para ser puesto en las macetas. Esta actividad se llevó a cabo el día 10 de marzo del 2011.

2.5.3 Preparación de las macetas (U.E)

Las macetas fueron baldes de aceite de 20 L, con capacidad para 12.5 kg de tierra, teniendo un $A_b = 0.06158 \text{ m}^2$, a las cuales se les hizo agujeros en la base (5 agujeros/maceta), luego fueron llenadas con grava a una altura de 0.05 m, pesando 3.60 kg de grava/maceta, seguido del sustrato suelo a una altura de 0.3 m, el cual fue tarado con un balde de ocho litros llenándose al ras, este procedimiento se realizó para todos los tratamientos de las 5 especies y finalmente fueron puestas según a la distribución de tratamientos y ubicadas de acuerdo al croquis establecido, tal como se muestra en los gráficos 2.2 y 2.3. Esta labor se realizó el día 11 de marzo del 2011.

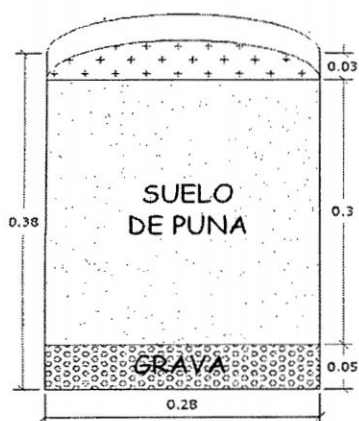


Gráfico 2.3: Descripción de la Unidad experimental (UE).

2.5.4 Extracción y preparación del material biológico

La extracción del material biológico se realizó en áreas aledañas a la comunidad campesina de Ccarhuaccpampa. Así la *Festuca rigescens* se extrajo de Apacheta; la *Muhlenbergia ligularis* y *Trifolium amabile*, alrededor del área experimental; la *Festuca dolichophylla* en Huillicani y la *Poa perligulata* en Santa Inés – Laguna de Orqococha (Huancavelica). Se escogió a las plantas jóvenes y vigorosas. En caso de gramíneas se extrajo en matas y en leguminosa (trébol) por unidad de planta.

La preparación de las plantas gramíneas consistió en elegir matas de 5 – 8 cm de diámetro, con esquejes uniformes de 1 cm de altura (para favorecer un rápido brotamiento y crecimiento de hojas) y 3 – 4 cm de raíz (para un rápido contacto con el suelo). En el caso del trébol se realizó la poda al ras de la corona (yema) y en la raíz 5 cm. Quedando de este modo listas para el transplante respectivo.

2.5.5 Fertilización de las unidades experimentales

El 23 de marzo del 2011, se procedió con el abonamiento de acuerdo a los niveles establecidos por cada U.E. Las fuentes empleadas fueron NH_4NO_3 (30.5 % N); SO_4K_2 (18 % S – 48.6 % K_2O) y el Superfosfato triple de calcio (45.36 % P_2O_5), este último tuvo la dosis constante en todas las unidades experimentales ($60 \text{ kg } \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$).

Para su aplicación, los abonos fueron mezclados con la parte superficial del suelo, con un volumen aproximado de 20 cm^3 .

2.5.6 Establecimiento del material biológico

Durante los días 24 y 25 de marzo del 2011 se realizó el transplante de matas en forma equidistante entre sí, en el caso de las gramíneas y plantas individuales en la leguminosa, cuyo número de matas o plántulas/maceta se muestra en el cuadro 2.5.

Cuadro 2.5: N° de matas/maceta (gramíneas) y N° de plántulas/maceta (leguminosas), según especies.

Especies	N° de Matas o plantas/maceta	N° Total de plantas/especie (39 U.E)
<i>Poa perligulata</i>	08	312
<i>Festuca rigescens</i>	08	312
<i>Festuca dolichophylla</i>	07	273
<i>Muhlenbergia ligularis</i>	05	195
<i>Trifolium amabile</i>	15	585

2.5.7 Riegos

Ante la ausencia de precipitación suficiente durante los meses de mayo, junio, julio y agosto, se realizaron riegos a capacidad de campo. A su vez en estos meses se registraron las temperaturas más bajas y para evitar daños por las fuertes heladas, se cubrieron las macetas con ichu.

Las macetas fueron constantemente monitoreadas realizándose observaciones y evaluaciones en los respectivos estados fenológicos.

2.5.8 Corte del material biológico

El corte de los cinco pastizales se realizó en dos estados fenológicos;

1. Inicio de espigado (en gramíneas) e inicio de floración (leguminosa).
2. Formación del grano lechoso.

El primer corte de los pastos altoandinos se efectuó a partir del mes de julio a noviembre del 2011. Así en julio se cortaron las especies: *Poa perligulata*, *Festuca dolichophylla* y *Festuca rigescens*. En agosto el *Trifolium amabile* y finalmente en noviembre la *Muhlenbergia ligularis*.

El segundo corte se dio inicio en enero del 2012, cortándose las especies: *Festuca rigescens*, *Poa perligulata*, *Festuca dolichophylla* y *Trifolium amabile*, mientras que la *Muhlenbergia ligularis* se realizó 12 de marzo. En el caso del trébol no alcanzó al estado fenológico grano lechoso por factores ambientales y a su periodo vegetativo prolongado.

El procedimiento general para el corte de las gramíneas fue desde la base de los macollos y en el caso de la leguminosa por encima de la corona, empleando para ello tijeras podadoras. Se cortaron todas las matas en cada una de las unidades experimentales.

2.6 VARIABLES DE EVALUACIÓN

2.6.1 PRODUCTIVIDAD

a) Altura de planta (cm)

Se midió las plantas en los diferentes estados fenológicos, hasta el corte. Para tal efecto se usó una regla simple, midiendo desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja y/o inflorescencia (espiga), en caso del trébol

desde la base de la corona hasta el final de la hoja trifoliada (último foliolo). Se tomó cinco medidas de cada tratamiento y repetición.

b) Macollamiento (Nº tallos/planta)

Se evaluó 5 plantas al azar de cada tratamiento y repetición en cada especie y se procedió a contar el número de tallos/planta y en caso de las leguminosas se contó el número de tallos estoloníferos/planta. Esta evaluación se realizó en campo al momento de los dos cortes.

c) Longitud de lámina foliar (cm)

Se midió la longitud polar de las láminas foliares de cada especie con una regla simple, desde la base hasta el ápice de la hoja, a través de la nervadura central. Se midió 10 láminas foliares (gramíneas) y 10 hojas trifoliadas (leguminosas) por cada tratamiento y repetición. Esta evaluación se realizó en el laboratorio en los dos cortes.

d) Relación: Hoja - Tallo

Se tomó de 2 a 3 matas cortadas de cada tratamiento y repetición para separar la parte foliar del tallo, luego se pesó cada una de estas en una balanza analítica y se obtuvo un porcentaje en relación hoja: tallo. Esta evaluación se realizó en el laboratorio, solo en el segundo corte.

e) Rendimiento de materia seca (g/maceta)

Una vez llegado al estado fenológico de los pastos Inicio de espigado y formación de grano lechoso, se procedió con el corte de las plantas, las que una vez cortadas fueron pesadas y puestas en papel kraft para ser llevadas a la estufa a 70°C durante 48 horas aproximadamente hasta

adquirir peso constante. Una vez secas, se obtuvo la materia seca pesando en una balanza de precisión.

El rendimiento de la materia seca se calculó a una cobertura vegetal de 80 %, la cual se determinó mediante el área basal en las gramíneas y el área de canopia en las leguminosas.

2.6.2 DEL COEFICIENTE APARENTE DE USO (CAU)

Para la determinación del CAU del fertilizante, se mandó las muestras secas de cada especie al laboratorio para realizar el análisis foliar respectivo donde se determinó el contenido de los nutrientes de nitrógeno y azufre en el tejido vegetal de las cinco especies y finalmente obtener el CAU en función a la cantidad del fertilizante aplicado.

El CAU del N y S se determinó en dos estados fenológicos evaluados a excepción de la *Muhlenbergia ligularis*, que se hizo en un solo estado (grano lechoso), debido a su reacción tardía luego del transplante.

El CAU se pudo obtener en función a la siguiente relación:

$$CAU_N = \frac{E(N_i) - E(T_N)}{N_i} \times 100$$

Dónde:

$E(N_i)$: Extracción del N, por el cultivo, en el tratamiento N_i (nivel "i" del fertilizante nitrogenado).

$E(T_N)$: Extracción del N, por el cultivo, en el tratamiento T (testigo, sin fertilizante nitrogenado).

N_i : nivel "i" del fertilizante nitrogenado aplicado al suelo.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD

a) RENDIMIENTO DE MATERIA SECA POR ESPECIES

a.1) *Festuca dolichophylla* “chillihua”

Cuadro 3.1 Cuadrados medios del ANVA del rendimiento de materia seca de la *Festuca dolichophylla*. Ccarhuaccpampa a 4000 mnsnm.

Fuente de Variación	GL	<i>Festuca dolichophylla</i>					
		1er corte		2do corte		Pr>F	
		CM	FC	CM	FC	0.05	0.01
Bloques	2	11.2930	2.253 ns	9.1392	0.489 ns	3.40	5.61
Tratamientos	12	4.8537	0.968 ns	181.8918	9.738 **	2.18	3.03
Error	24	5.0122		18.6785			
Total	38						
CV (%)		26.39		15.53			

El rendimiento de materia seca de la *Festuca dolichophylla* o chilligua fue evaluada en dos momentos; así en el cuadro 3.1 se muestra el ANVA del primer corte, donde se observa que no existe diferencia significativa entre

tratamientos. Sin embargo en el gráfico 3.1 del rendimiento de MS de los tratamientos, se observa que los rendimientos más altos se obtienen con el aporte simultáneo de nitrógeno y azufre, en éste último influye desde 30 kg.ha⁻¹.

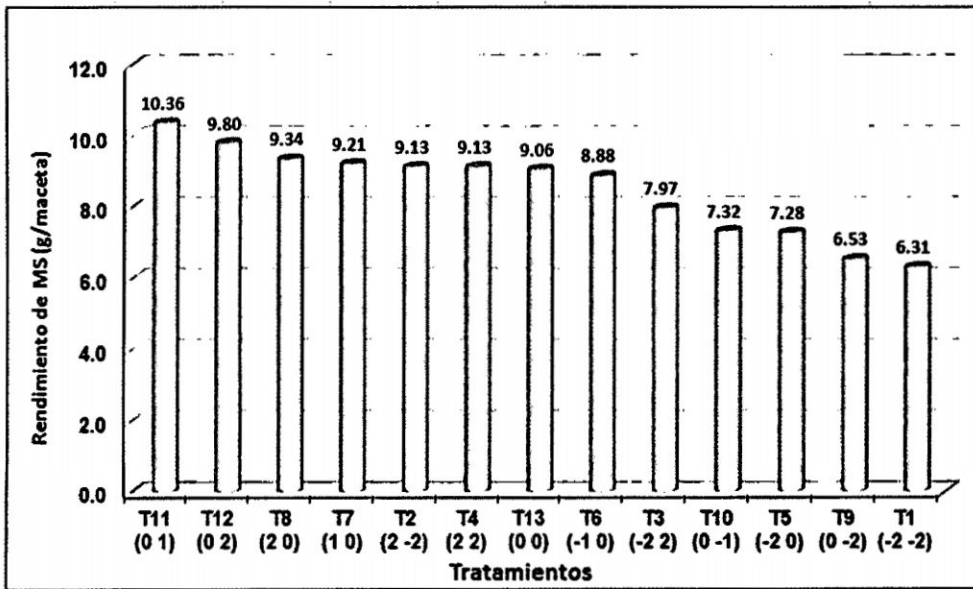


Gráfico 3.1: Rendimiento de materia seca de los tratamientos de la *Festuca dolichophylla* (g/maceta). 1er corte.

En el segundo corte, en el mismo cuadro 3.1 del ANVA, se observa diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, indicando que los tratamientos aplicados influyen sobre el rendimiento de manera diferente. El coeficiente de variabilidad de 15.53 % de acuerdo a la escala de precisión de experimentos de campo, según Calzada (1964), es buena. Según la prueba de Duncan (gráfico 3.2), el rendimiento más alto se obtiene con el tratamiento T13 (150 – 30 kg NS.ha⁻¹), que corresponde a niveles medios de N y S, habiéndose obtenido un rendimiento de materia seca de 39.8 g/maceta, sin diferenciarse estadísticamente de los

tratamientos T7, T6 y T8 que son aquellos que recibieron la dosis común de azufre de 30 kg.ha⁻¹ y nitrógeno en dosis superior a los 75 kg.ha⁻¹. En tanto, que en aquellos tratamientos donde se aporta sólo S o solo N, aun cuando este último (N) fuera alto poseen menor rendimiento de materia seca ocupando un 2do lugar y 3er grupo, siendo no obstante todos ellos mayores al tratamiento testigo.

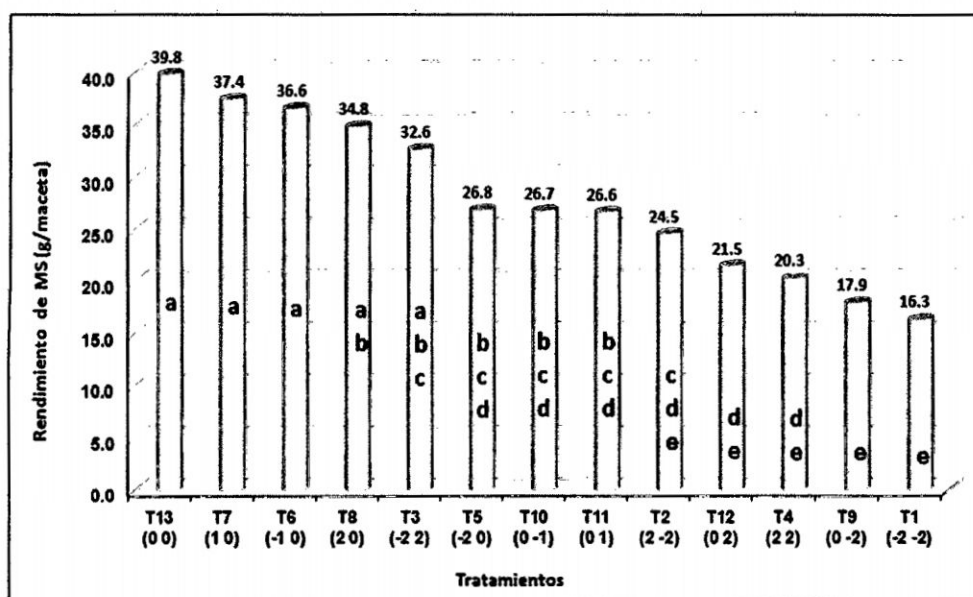


Gráfico 3.2 Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de materia seca de la *Festuca dolichophylla* (g/maceta). 2do corte.

Los resultados sugieren que la aplicación simultanea del N y S al suelo, con S en nivel medio, tuvieron efecto positivo en el rendimiento de materia seca de la *Festuca dolichophylla*.

En general, se deduce que ambos nutrientes, es decir tanto nitrógeno como azufre resultan críticos para la *Festuca dolichophylla*; pues si no se aplican simultáneamente en cantidades adecuadas como las próximas a

150 y 30 kg de N y S.ha⁻¹ respectivamente, limitan el desarrollo de esta especie.

Particularmente en el caso del azufre la carencia en suelos de puna – Ayacucho, fue reportado por Ibáñez (1972), quien menciona que dichos suelos presentan deficiencias de S en cultivos como leguminosas forrajeras, que manifestaban deficiencias tanto en el tercer como en el cuarto corte; por ello aplicando flor de azufre los rendimientos obtenidos fueron superiores a los tratamientos abonados con tan solo P y K.

En el análisis de regresión (cuadro 3.2), para encontrar tendencia de la fertilización nitrogenada y azufrada en el rendimiento de materia seca, se encontró alta significación estadística para el componente lineal y cuadrático del segundo factor (S), así como para la interacción.

Cuadro 3.2: Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el rendimiento de materia seca de la *Festuca dolichophylla*. 2do corte.

Parámetro	Valor Estimado	T para H ₀ Parámetro = 0	Error estándar del valor estimado	Pr > T
Intercepto	33.57707	23.23	1.4454183	<.0001 **
X ₁	0.33168	0.54	0.6142252	0.5913 ns
X ₂	1.19346	1.95	0.6120331	0.0596 *
X ₁ ²	0.17913	0.38	0.4714004	0.7093 ns
X ₂ ²	-3.04900	-6.40	0.4764058	<.0001 **
X ₁ X ₂	-1.28828	-3.30	0.3903892	0.0023 **

De esta manera la ecuación polinomial de superficie de respuesta del rendimiento que mejor representa es:

$$Y = 33.577 + 0.332 X_1 + 1.194 X_2 + 0.179 X_1^2 - 3.049 X_2^2 - 1.288 X_1X_2$$

De donde se desprende que los niveles que maximizan el rendimiento de la *Festuca dolichophylla* son los siguientes:

$$N = 140.54 \text{ kg N.ha}^{-1} \text{ y } S = 33.34 \text{ kg S.ha}^{-1}$$

Con el que se obtendría una producción máxima de 33.69 g/maceta.

La respuesta del pasto a dosis media de N, probablemente obedezca al hecho de que el suelo contiene N, pues de acuerdo al análisis mostrado en el cuadro 2.1, éste es alto, el cual no obstante a las condiciones climáticas adversas a la actividad microbiana resultan liberando N-orgánico vía mineralización al punto que hasta el segundo corte, solo es necesario hasta aproximadamente los 150 kg.ha⁻¹, tal como se observa en el gráfico (3.3) de superficie de respuesta que muestra claramente que la *Festuca dolichophylla* responde hasta dosis medias de azufre junto con nitrógeno. También se observa que a dosis muy bajas o altas de S, el rendimiento disminuye.

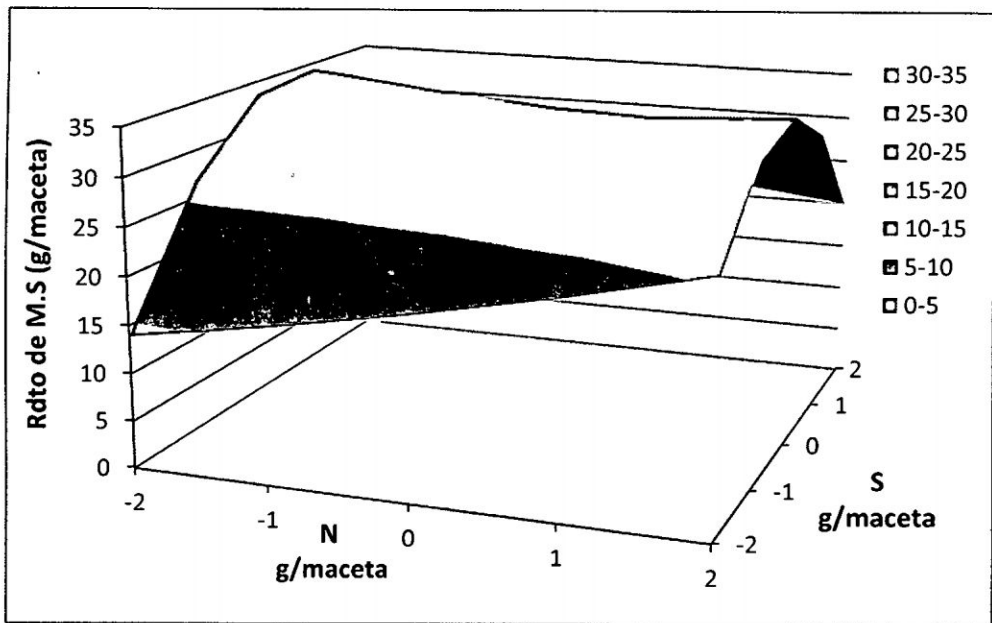


Gráfico 3.3. Superficie de respuesta del rendimiento de materia seca de la *Festuca dolichophylla*. Ccarhuaccpampa 4000 msnm. 2do corte.

a. 2) *Festuca rigescens*

Cuadro 3.3: Cuadrados medios del ANVA del rendimiento de materia seca de la *Festuca rigescens*. Ccarhuaccpampa a 4000 msnm.

Fuente de Variación	GL	<i>Festuca rigescens</i>					
		1er corte		2do corte		Pr>F	
		CM	FC	CM	FC	0.05	0.01
Bloques	2	10.158	1.793 ns	6.089	0.846 ns	3.40	5.61
Tratamientos	12	26.167	4.619 **	104.057	14.456 **	2.18	3.03
Error	24	5.665		7.198			
Total	38						
CV (%)		16.77		15.87			

En el cuadro 3.3 se muestra el ANVA del rendimiento de materia seca de la *Festuca rigescens* tanto en el primer como el segundo corte, donde se observa que existe diferencia estadística altamente significativa entre

tratamientos en ambos momentos, indicando que los tratamientos aplicados influyen sobre el rendimiento de manera diferente. Los coeficientes de variabilidad de 16.77 y 15.87 % respectivamente, se encuentran en la escala de precisión de experimentos de buena y muy buena, según Calzada (1964).

Según la prueba de Duncan de ambos cortes (gráficos 3.4 y 3.5), los rendimientos más altos se obtuvieron con el tratamiento T2 (300 - 00 kg NS.ha⁻¹), donde se aplicó el nivel máximo de N, habiéndose obtenido rendimiento de materia seca de 20.3 y 29.9 g/maceta, en el primer y segundo corte respectivamente.

En el 1er corte este mayor rendimiento no se diferencia estadísticamente de los tratamientos T4 (300 - 60 kg NS.Ha⁻¹) y T7 (225 - 30 kg NS.Ha⁻¹), es decir es importante la presencia del N en nivel alto. Los otros tratamientos ocupan un último grupo con rendimientos menores fluctuantes entre 15.4 hasta 11.1 g/maceta de materia seca, básicamente están aquellos que recibieron menores dosis de N y S, así como el testigo absoluto.

En el 2do corte nuevamente se observa lo crítico de la presencia de dosis máximas de N, pues con el T2 (300 kg N.ha⁻¹) se produce un máximo de 29.9 g/maceta de MS. Se observa también la influencia secundaria del S en nivel alto pero siempre acompañado de N. Y donde no se aplique N los rendimientos pueden disminuir tan bajo como 7.4 g/maceta de MS de *Festuca rigescens*, como se observa en el gráfico 3.5 en el tratamiento T3 (sin N con 60 kg de S.ha⁻¹).

De acuerdo a INFOPOS (2003), las especies forrajeras, especialmente las gramíneas responden muy bien a la fertilización, particularmente a la aplicación de N, que suele producir respuestas muy altas en pastos de altura y de clima medio. La aplicación de N aumenta la producción de materia seca y el contenido de proteína bruta por unidad de área, así como la producción de gran cantidad de hojas, cuando existe suficiente humedad.

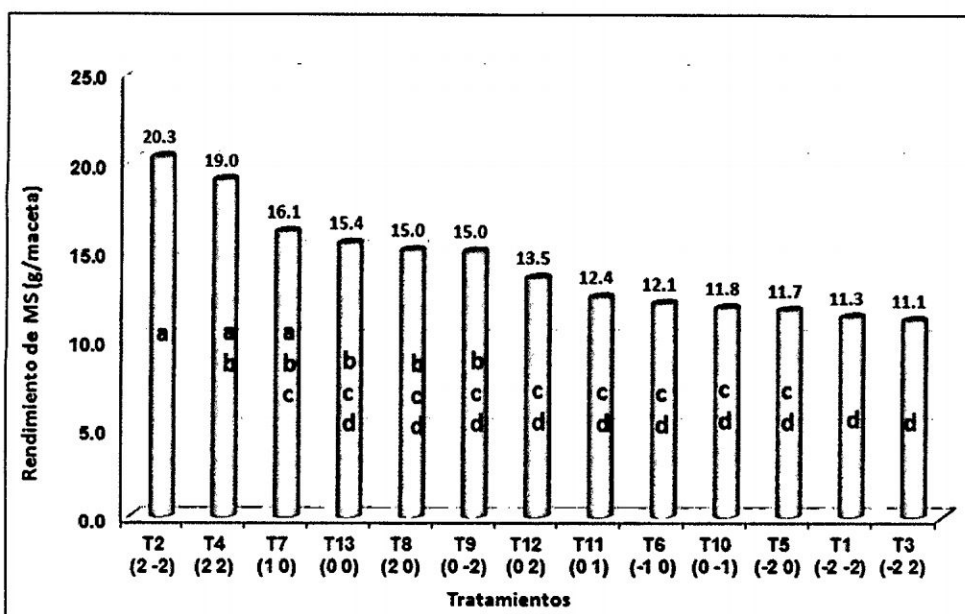


Gráfico 3.4: Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de materia seca de la *Festuca rigescens* (g/maceta). 1er corte.

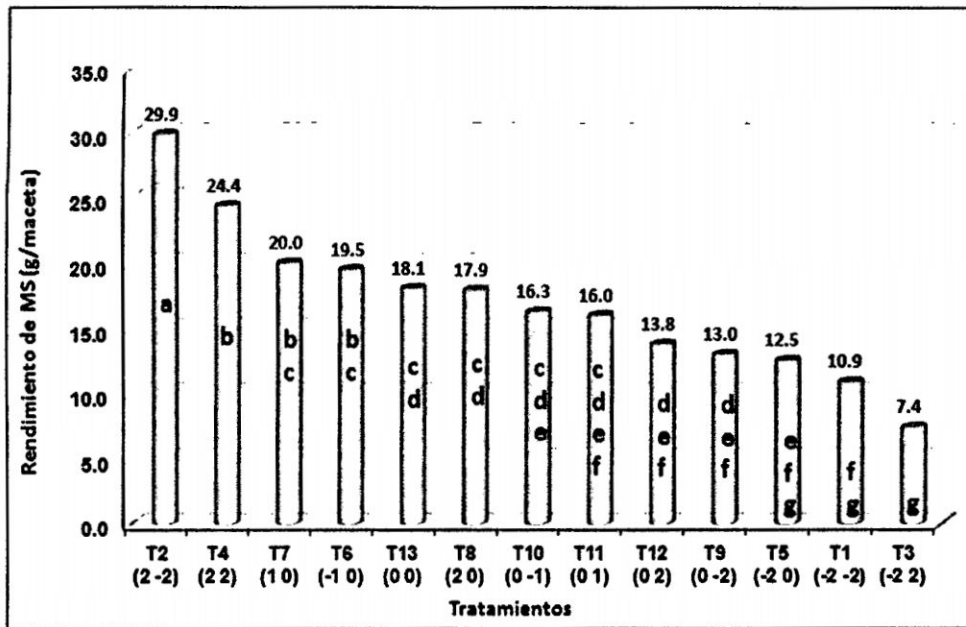


Gráfico 3.5: Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de materia seca de la *Festuca rigescens* (g/maceta). 2do corte.

Comparativamente a la chilligua o *Festuca dolichophylla*, esta especie de *Festuca rigescens* posee menor rendimiento y exige más nitrógeno. En cuanto al azufre podría considerarse que sus necesidades bordean el nivel medio, es decir $30 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$.

En el análisis de regresión (cuadros 3.4 y 3.5) del primer y segundo corte, para evaluar la tendencia o el comportamiento de la fertilización nitrogenada y azufrada en el rendimiento de materia seca, muestra alta significación estadística solo para los componentes lineales del primer factor (N) en ambos cortes.

Cuadro 3.4: Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el rendimiento de materia seca de la *Festuca rigescens*. 1er corte.

Parámetro	Valor Estimado	T para H ₀ Parámetro = 0	Error estándar del valor estimado	Pr > T
Intercepto	13.23785474	19.28	0.686610723	<. 0001 **
X ₁	1.71206800	5.89	0.290673684	<. 0001 **
X ₂	-0.20130480	-0.69	0.291746086	0.4932 ns
X ₁ ²	0.19424197	0.86	0.225862753	0.3967 ns
X ₂ ²	0.28498269	1.26	0.226176741	0.2166 ns
X ₁ X ₂	-0.06805551	-0.37	0.183933816	0.7155 ns

Cuadro 3.5: Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el rendimiento de materia seca de la *Festuca rigescens*. 2do corte.

Parámetro	Valor Estimado	T para H ₀ Parámetro = 0	Error estándar del valor estimado	Pr > T
Intercepto	16.816863	15.06	1.1166576	<. 0001 **
X ₁	3.206898	6.79	0.4722972	<. 0001 **
X ₂	-0.641306	-1.36	0.4715487	0.1840 ns
X ₁ ²	0.346186	0.94	0.3682826	0.3537 ns
X ₂ ²	-0.300612	-0.82	0.3666002	0.4199 ns
X ₁ X ₂	-0.125041	-0.42	0.2977159	0.6807 ns

De este modo se realiza el gráfico 3.6, el que nos muestra el comportamiento lineal del aporte de la fuente nitrogenada a las plantas de la *Festuca rigescens*, de donde también se desprende que a mayor dosis de N los rendimientos también incrementan en similar proporción. Se observa también que en el 2do corte los rendimientos son mayores, existiendo mayor eficiencia en el uso del N, así por cada unidad de N aplicado a la planta existe un incremento de 3.207 g de MS/maceta, mientras que el 1er corte es del orden de 1.712 g MS/maceta.

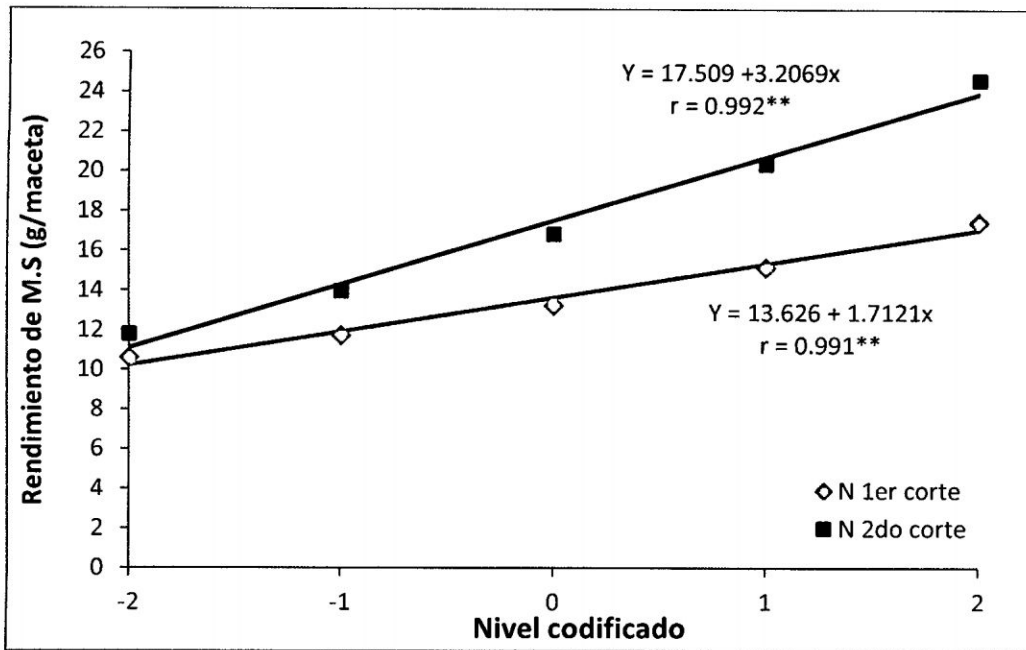


Gráfico 3.6. Efecto del N en el primer y segundo corte sobre el rendimiento de materia seca de la *Festuca rigescens*.

a. 3) *Poa perligulata*

Cuadro 3.6: Cuadrados medios del ANVA del rendimiento de materia seca de la *Poa perligulata*. Ccarhuaccpampa a 4000 msnm.

Fuente de Variación	GL	<i>Poa perligulata</i>					
		1er corte		2do corte		Pr>F	
		CM	FC	CM	FC	0.05	0.01
Bloques	2	9.8026	2.045 ns	20.158	4.018 *	3.40	5.61
Tratamientos	12	7.6563	1.597 ns	4.854	0.968 ns	2.18	3.03
Error	24	4.7934		5.017			
Total	38						
CV (%)		22.41		21.95			

El cuadro 3.6 del ANVA del rendimiento de materia seca de la *Poa perligulata* en el primer y segundo corte muestra que no existe diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos luego de aplicar los tratamientos. No obstante se puede observar que las ligeras variaciones existentes están relacionadas con los niveles medios de N y S. Así, en el

gráfico 3.7 del rendimiento de materia seca por tratamientos de ambos cortes, se observa que los rendimientos más altos se obtienen con el aporte del nitrógeno y azufre en un nivel medio (150 - 30 kg NS.ha⁻¹) obteniendo un rendimiento de materia seca de 12.37 y 12.95 g/maceta respectivamente, seguido de los rendimientos de aquel tratamiento que recibió el nivel medio de N y dosis bajas de S (T10; 150 kg N y 15 kg S).

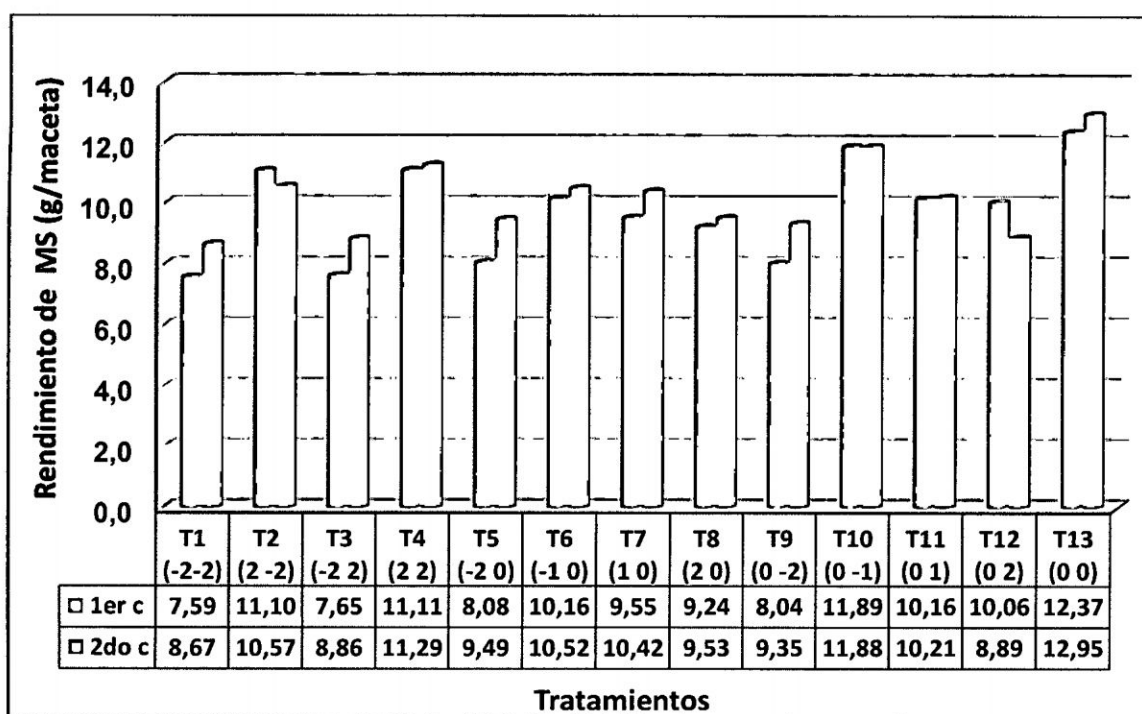


Gráfico 3.7: Rendimiento de materia seca de los tratamientos de la *Poa perligulata* (g/maceta). 1er y 2do corte.

Los coeficientes de variabilidad son 22.41 y 21.95 % respectivamente; encontrándose en una escala de precisión regular, estos coeficientes expresan, que en la variación del rendimiento de materia seca influyeron otros factores aleatorios, además de los factores ambientales y propios de

las plantas, por lo que no resultaron significativos en ninguno de los cortes.

Fogg (1967), indica que la variación de las manifestaciones de una planta está determinada por la temperatura, la precipitación, el fotoperiodismo y, en especial por los factores genéticos. Por lo tanto, unos y otros resultados de investigaciones son consecuencias de las interacciones medio ambiente planta y de las apreciaciones de cada investigador.

En el análisis de regresión (cuadro 3.7) del primer corte, para estimar la influencia de la fertilización nitrogenada y azufrada en el rendimiento de materia seca, se encontró significación estadística solo para el componente lineal del primer factor (N).

Cuadro 3.7: Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el rendimiento de materia seca de la *Poa perligulata*. 1er corte.

Parámetro	Valor Estimado	T para H_0 Parámetro = 0	Error estándar del valor estimado	Pr > T
Intercepto	10.6287079	17.00	0.625218111	<. 0001 **
X_1	0.6016808	2.27	0.265057612	0.0296 *
X_2	0.0943305	0.36	0.262029065	0.7237 ns
X_1^2	-0.2950869	-1.43	0.206354455	0.1616 ns
X_2^2	-0.1344682	-0.65	0.206874093	0.5186 ns
X_1X_2	-0.0027222	-0.02	0.136111024	0.9872 ns

En el gráfico 3.8, se observa el efecto lineal del nitrógeno en el rendimiento de materia seca del primer corte, donde el incremento del N es hasta el mayor nivel.

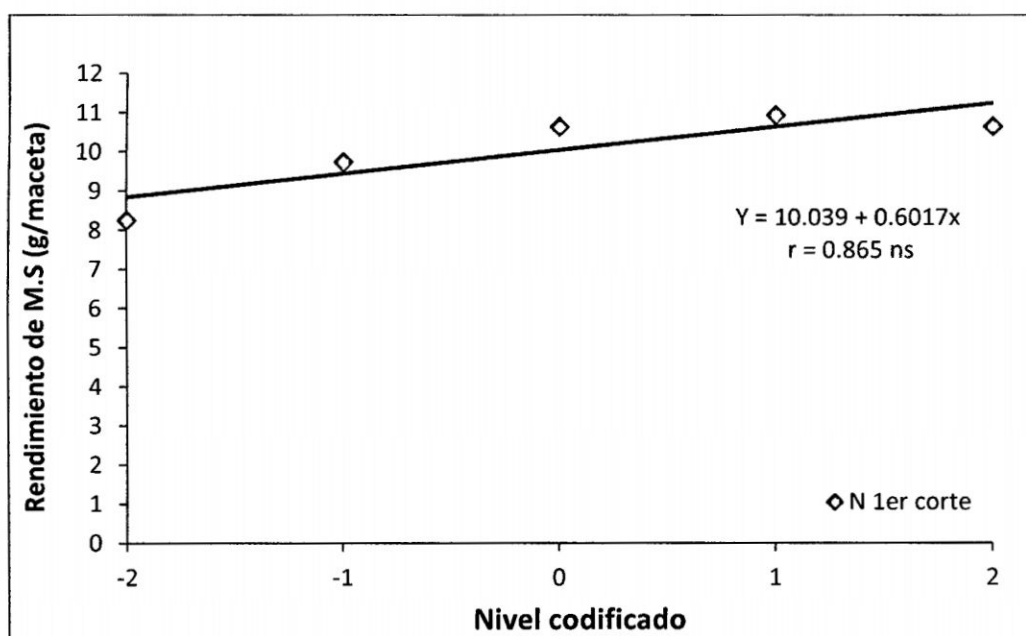


Gráfico 3.8: Efecto del N en el primer corte sobre el rendimiento de materia seca de la *Poa perligulata*.

a. 4) *Muhlenbergia ligularis*

Cuadro 3.8: Cuadrados medios del ANVA del rendimiento de materia seca de la *Muhlenbergia ligularis*. Ccarhuaccpampa a 4000 msnm.

Fuente de Variación	GL	<i>Muhlenbergia ligularis</i>					
		1er corte		2do corte		Pr>F	
		CM	FC	CM	FC	0.05	0.01
Bloques	2	0.6747	0.649 ns	0.0982	0.029 ns	3.40	5.61
Tratamientos	12	5.7466	5.530 **	34.2559	10.109 **	2.18	3.03
Error	24	1.0391		3.3886			
Total	38						

CV (%)

27.26

24.30

En el cuadro 3.8 se muestra el ANVA del rendimiento de materia seca de la *Muhlenbergia ligularis* del primer y segundo corte, donde se observa que existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos,

indicando que los tratamientos aplicados influyeron sobre el rendimiento de materia seca de manera diferente.

Los coeficientes de variabilidad son 27.26 y 24.30 % respectivamente, según Calzada (1969), estos valores se encuentran dentro de los coeficientes de variabilidad de los experimentos de rendimientos agronómicos y ganaderos.

Según la prueba de Duncan, tanto en el primer como en el segundo corte (gráficos 3.9 y 3.10), el mayor rendimiento se obtiene con el tratamiento T13 (150 - 30 kg NS.ha⁻¹) con el que se alcanza 8.0 y 15.39 g de MS/maceta en el primer y segundo corte respectivamente.

En el 1er corte se puede observar, que cuando la dosis de N y S se incrementa, los rendimientos van disminuyendo, indicándonos que luego del promedio se estaría alcanzando el nivel máximo permisible por sobre el cual los rendimientos de materia seca de la *Muhlenbergia ligularis* estaría disminuyendo por debajo del 50 % respecto al tratamiento (T13) cumpliéndose de este modo con la Ley de los incrementos decrecientes.

En el 2do corte se observa, que el tratamiento T13 continua siendo el que más materia seca obtiene, el cual resulta siendo prácticamente el doble del primero y la tendencia es similar al anterior, es decir dosis altas de N y S provocarían efectos tóxicos en la planta.

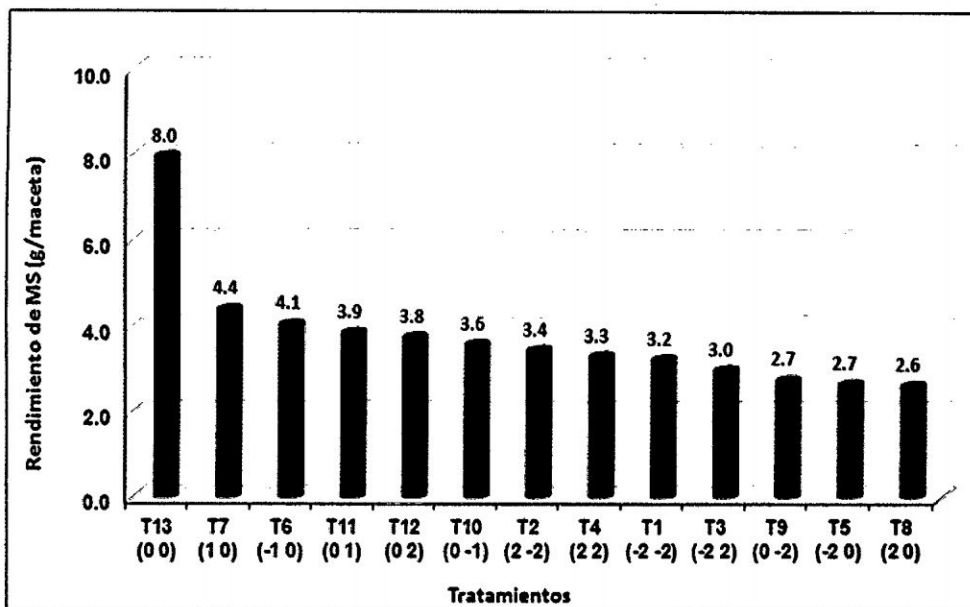


Gráfico 3.9: Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de materia seca de la *Muhlenbergia ligularis* (g/maceta). 1er corte.

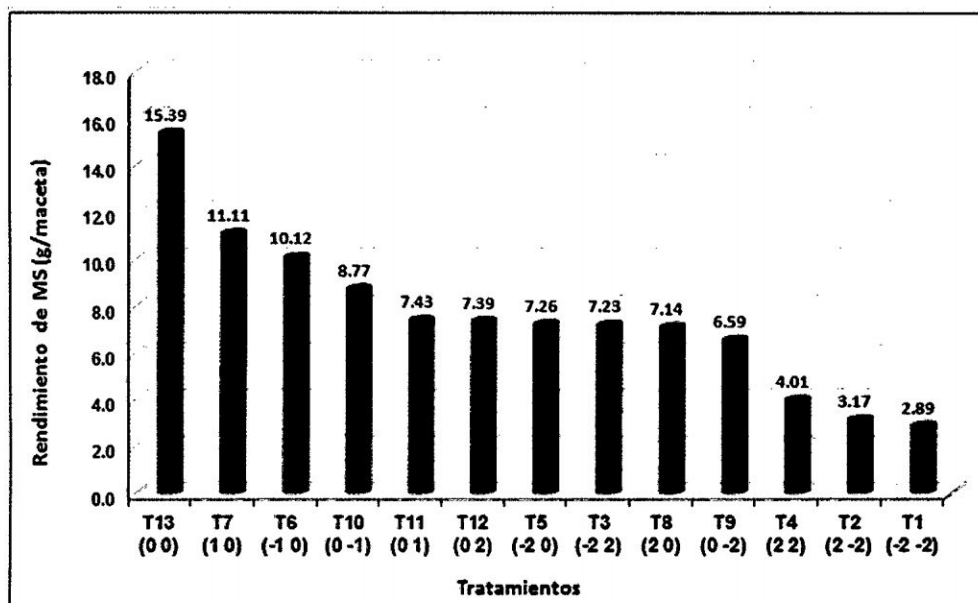


Gráfico 3.10: Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de materia seca de la *Muhlenbergia ligularis* (g/maceta). 2do corte.

En el análisis de regresión del primer y segundo corte (cuadros 3.9 y 3.10), para estimar la influencia de la fertilización nitrogenada y azufrada

en el rendimiento de materia seca de la *Muhlenbergia ligularis*; en el primer corte solo se encontró significación estadística para el componente cuadrático del primer factor (N), mientras que para el segundo corte se encontró alta significación estadística para los componentes cuadráticos de ambos factores (N y S), por lo que es posible, con los tratamientos aplicados determinar los niveles de N y S que maximicen el rendimiento de materia seca de la *Muhlenbergia ligularis*.

Cuadro 3.9: Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el rendimiento de materia seca de la *Muhlenbergia ligularis*. 1er corte.

Parámetro	Valor Estimado	T para H ₀ Parámetro = 0	Error estándar del valor estimado	Pr > T
Intercepto	4.6942981	11.69	0.401565279	<.0001 **
X ₁	0.0514188	0.30	0.171395974	0.7641 ns
X ₂	0.0579829	0.34	0.170537921	0.7351 ns
X ₁ ²	-0.2952255	-2.23	0.132388127	0.0326 *
X ₂ ²	-0.1819079	-1.37	0.132779485	0.1785 ns
X ₁ X ₂	0.0068000	0.06	0.113333261	0.9503 ns

CUADRO 3.10 Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el rendimiento de materia seca de la *Muhlenbergia ligularis*. 2do corte.

Parámetro	Valor Estimado	T para H ₀ Parámetro = 0	Error estándar del valor estimado	Pr > T
Intercepto	11.186017	17.80	0.628427942	<.0001 **
X ₁	-0.197377	-0.74	0.266726155	0.4631 ns
X ₂	0.408380	1.54	0.265181674	0.1341 ns
X ₁ ²	-0.803499	-3.88	0.207087469	0.0005 **
X ₂ ²	-1.001407	-4.84	0.206902207	<.0001 **
X ₁ X ₂	-0.218685	-1.29	0.169523291	0.2059 ns

De esta manera la ecuación polinomial de superficie de respuesta del rendimiento que mejor representan es:

$$Y = 11.186 - 0.197X_1 + 0.408X_2 - 0.804X_1^2 - 1.001X_2^2 - 0.219X_1X_2$$

2do corte.

De donde se desprende que los niveles que maximizan el rendimiento de MS de la *Muhlenbergia ligularis* son los siguientes:

$$N = 138.54 \text{ kg N.ha}^{-1} \text{ y } 33.31 \text{ kg S.ha}^{-1}.$$

Con el que se obtendría una producción máxima de 11.25 g MS/maceta.

En el gráfico (3.11) se muestra el efecto cuadrático del N y S en el rendimiento de materia seca, donde se observa claramente que la *Muhlenbergia ligularis* responde a dosis medias de N y S, observándose que a dosis bajas o altas de estos mismos, el rendimiento disminuye. Así mismo, los rendimientos en el 2do corte son mayores, existiendo mayor eficiencia en el uso del N debido al establecimiento de las plantas.

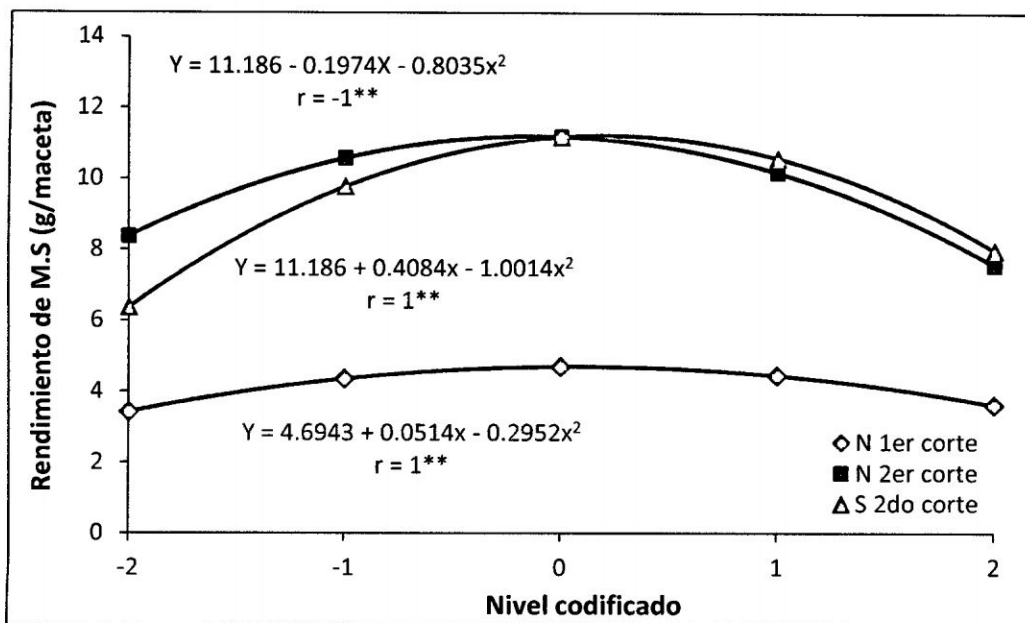


Gráfico 3.11 Efecto del N y S en el primer y segundo corte sobre el rendimiento de materia seca de la *Muhlenbergia ligularis*.

a.5) *Trifolium amabile*

Cuadro 3.11 Cuadrados medios del ANVA del rendimiento de materia seca del *Trifolium amabile*. Ccarhuaccpampa a 4000 msnm.

Fuente de Variación	GL	<i>Trifolium amabile</i>				
		2do corte			Pr>F	
		CM	FC		0.05	0.01
Bloques	2	0.3567	0.653	ns	3.40	5.61
Tratamientos	12	4.8112	8.809	**	2.18	3.03
Error	24	0.5462				
Total	38					

CV (%) **21.22**

En el cuadro 3.11 del ANVA del rendimiento de materia seca del *Trifolium amabile*, muestra que existe diferencia estadística altamente significativa

entre tratamientos, indicando que los tratamientos aplicados influyeron sobre el rendimiento de manera diferente en el segundo corte.

El coeficiente de variabilidad es de 21.22 %, siendo regular de acuerdo a la escala de precisión de experimentos en campo. Calzada (1964).

Según la prueba de Duncan (gráfico 3.13), el rendimiento más alto se obtiene con el tratamiento T1 (testigo), obteniendo un rendimiento de 6.65 g MS/maceta, diferenciándose estadísticamente de los tratamientos T13 (150 - 30 kg NS.ha⁻¹) y T7 (225 - 30 kg NS.ha⁻¹) que recibieron la dosis común de azufre de 30 kg.ha⁻¹ y nitrógeno en dosis superior a los 150 kg.ha⁻¹, con rendimientos de materia seca de 5.15 y 4.66 g/maceta respectivamente. En tanto los rendimientos más bajos corresponden a todos aquellos tratamientos en los que se aplicaron dosis altas de N y S.

Sin embargo cabe señalar que al ser el testigo superior, ocupando el primer lugar, se deduce que las plantas de *Trifolium amabile* no requieren de la incorporación de N ni S, cuando menos en este suelo cuyo contenido de materia orgánica es alta, aun cuando las condiciones climáticas sean adversas a la liberación vía mineralización.

Vogel, citado por Ibáñez 1972, afirma que en experiencias de cinco años sobre abonamiento en Pradera Natural de Puna de Ayacucho "se han registrado incrementos espectaculares de la proporción del *Trifolium amabile* bajo la influencia de diversos abonos azufrados, con un aumento muy marcado de la producción de toda la asociación vegetal, en cuanto a rendimiento en materia seca y proteína bruta" se refiere.

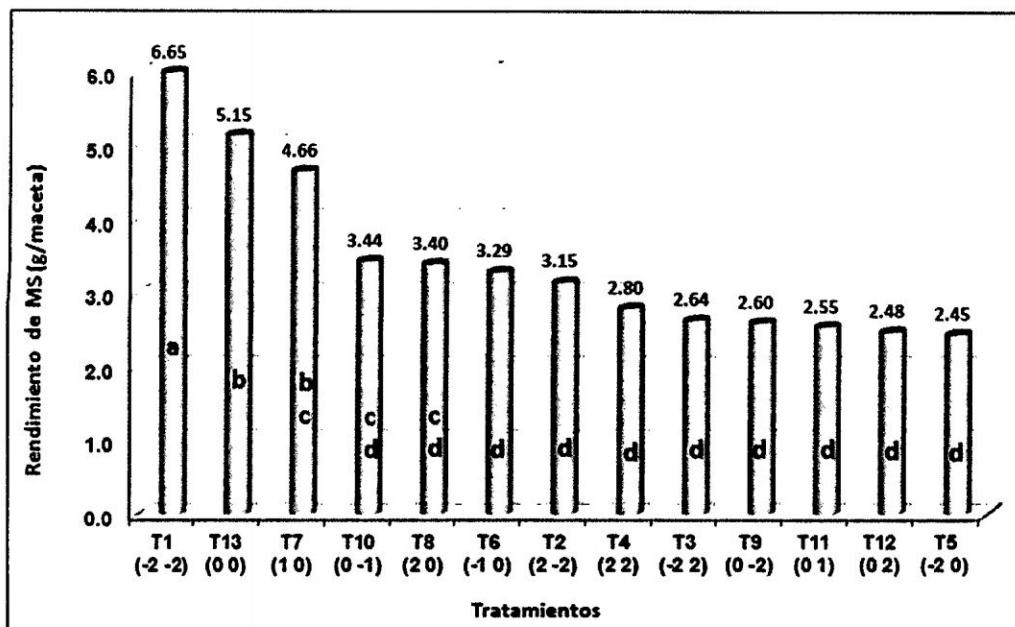


Gráfico 3.12 Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de materia seca del *Trifolium amabile* (g/maceta). 2do corte.

Solo se consideró el 2do corte debido a que esta especie demora mucho para establecerse, por ello el primer corte fue de homogenización.

En el análisis de regresión del segundo corte (cuadro 3.12), para estimar la influencia de la fertilización nitrogenada y azufrada, en el rendimiento de materia seca; se encontró significación estadística solo para el componente lineal del segundo factor (S). Así como también se encontró significación estadística para la interacción.

Cuadro 3.12 Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el rendimiento de materia seca del *Trifolium amabile*. 2do corte.

Parámetro	Valor Estimado	T para H ₀ Parámetro = 0	Error estándar del valor estimado	Pr > T
Intercepto	3.53119583	10.97	0.321895700	<. 0001 **
X ₁	-0.13078264	-0.96	0.136231920	0.3440 ns
X ₂	-0.37944207	-2.79	0.136000743	0.0088 **
X ₁ ²	0.06147952	0.58	0.105999168	0.5662 ns
X ₂ ²	-0.08591354	-0.81	0.106066104	0.4239 ns
X ₁ X ₂	0.22894456	2.64	0.086721425	0.0127 *

De esta manera la ecuación polinomial de superficie de respuesta del rendimiento que mejor representa es:

$$Y = 3.531 - 0.131 X_1 - 0.3794 X_2 + 0.0615 X_1^2 - 0.086 X_2^2 + 0.2289 X_1X_2$$

La respuesta de esta leguminosa a ninguna dosis, probablemente está relacionado con el establecimiento de las plántulas.

Ward y Blaser, citado por Flórez y Malpartida (1987), mencionan que las dosis de N a emplear deben ser bajas cuando las plántulas están establecidas (10 a 20 kg/ha de N), debido a que fijan su propio N atmosférico. Dosis mayores de nitrógeno reducen el número de plantas por unidad de superficie y, consecuentemente, la producción baja.

INFOPOS (2003). En tanto, en poblaciones puras de leguminosas, principalmente en especies de altura no se debe aplicar N.

En el gráfico (3.14) de superficie de respuesta muestra que el *Trifolium amabile* posee menor rendimiento de materia seca a medida que se va incrementando la dosis de N. En tanto que con la dosis del S, podría

mostrar una respuesta positiva tan solo hasta la dosis media de 30 kg S.ha⁻¹, pues después del cual disminuye, sin embargo esto no es tan claro ni notorio, por lo que tendría que haberse evaluado mayor número de cortes. Horber (1984) menciona que el *Trifolium amabile*, responde a una fertilización exclusiva con fósforo y azufre aumentando su biomasa debido a un incremento de vigor, así como a un crecimiento masivo del tamaño de las partes vegetativas del trébol.

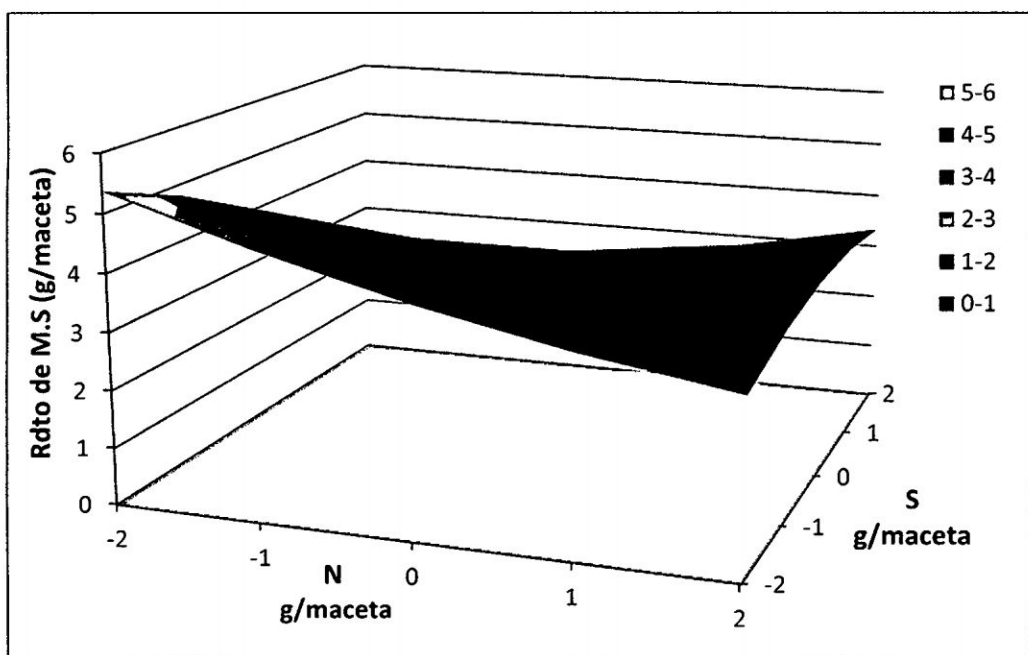


Gráfico 3.13. Superficie de respuesta del rendimiento de materia seca del *Trifolium amabile*. Ccarhuaccpampa 4000 msnm. 2do corte.

b) ALTURA DE PLANTA, MACOLLAMIENTO, LONGITUD DE LÁMINA FOLIAR, RELACIÓN: TALLO: HOJA.

b.1) *Festuca dolichophylla* “chillihua”

En el cuadro 3.13 del análisis de variancia de los parámetros de productividad como altura de planta, longitud de lámina foliar y la relación

tallo: hoja, muestra que los tratamientos aplicados a la *Festuca dolichophylla* no se diferenciaron significativamente en cada una de las variables, tanto en el primer como en el segundo corte. No obstante se puede observar (cuadro 03 del anexo) que las ligeras variaciones existentes están relacionadas con los niveles medios de N y S. En el 2do corte en el caso del macollamiento si existe diferencia estadística altamente significativa, indicando que los tratamientos aplicados influyen en el macollamiento de manera diferente.

Según la prueba de Duncan (cuadro 3.14) se observa que el mayor número de macollos por mata se alcanza con el tratamiento T7 (225 – 30 kg NS.ha⁻¹) que corresponde a nivel alto de N y medio de S, obteniendo 38.67 macollos/mata, sin diferenciarse estadísticamente de los tratamientos T13 y T5 que son aquellos tratamientos que recibieron la dosis común de azufre de 30 kg.ha⁻¹. Además se puede observar que todos los tratamientos fueron mayores a aquellos que recibieron solo S (T3) y el testigo.

Cuadro 3.13 Cuadros medios del análisis de variancia de los parámetros de productividad de la *Festuca dolichophylla* del 1er y 2do corte. Ccarhuaccpampa a 4000 msnm.

Fuente de Variación	G.L	Primer corte											
		Altura de planta (cm)											
		Etapa vegetativa		Etapa bandera (Hb)		Etapa Reproductiva		Macollamiento (N° macollos/mata)	Longitud de lámina foliar (cm)				
		Rebrote (Rb)	Elongación (Elg)	Hoja	I. de espigado (le)	Grano lechoso (Gl)	Inicio de floración (If)						
Bloques	2	0.119	ns	0.913	ns	0.499	ns	1.096	ns	7.535	ns	2.236	ns
Tratamientos	12	0.505	ns	0.603	ns	0.780	ns	1.088	ns	6.850	ns	1.327	ns
Error	24	0.673		0.722		0.462		0.791		7.946		1.238	
Total	38	11.64		11.45		8.62		10.61		20.29		13.45	
CV (%)													

Fuente de variación	G.L	Segundo corte												
		Altura de planta (cm)												
		Etapa vegetativa		Etapa bandera (Hb)		Etapa Reproductiva		Macollamiento (N° macollos/mata)	Longitud de lámina foliar (cm)	Relación: Tallo- Hoja (%)				
		Rebrote (Rb)	Elongación (Elg)	Hoja	I. de espigado (le)	Grano lechoso (Gl)	Inicio de floración (If)							
Bloques	2	0.555	ns	3.047	*	9.584	ns	2.67	ns	22.03	ns	3.307	*	Tallo: 46.40
Tratamientos	12	0.278	ns	0.554	ns	4.197	ns	1.18	ns	156.53	**	0.729	ns	Hoja: 53.60
Error	24	0.469		0.796		6.738		8.96		40.91		0.745		
Total	38	9.49		11.09		14.14		14.21		23.87		10.22		
CV (%)														

Cuadro 3.14 Prueba de Duncan del macollamiento (N° macollos/mata) de la *Festuca dolichophylla*. 2do corte.

Tratamientos	Macollamiento Promedio	ALS(D) 0.05
T7 (1 0)	38.67	a
T13 (0 0)	34.67	a b
T5 (-2 0)	34.33	a b
T11 (0 1)	30.33	a b c
T4 (2 2)	29.33	a b c
T10 (0 -1)	29.00	a b c
T8 (2 0)	28.67	a b c
T9 (0 -2)	27.00	a b c
T12 (0 2)	23.00	b c d
T2 (2 -2)	20.33	c d
T6 (-1 0)	20.33	c d
T1 (-2 -2)	19.67	c d
T3 (-2 2)	13.00	d

Debido a que los macollos salen de las axilas de las hojas, la tasa potencial del macollaje es dependiente de la tasa de producción foliar, por ello, de los elementos nutritivos mayores, el N tiene mayor efecto, de manera que, incrementando los niveles de aplicación aumenta el área foliar y el peso seco. Así el incremento de los niveles de N también pueden conducir a un incremento en la tasa de producción foliar. El N, P y K incrementan el macollamiento mostrando el N una interacción positiva con estos dos elementos, principalmente con el P. (Flórez y Malpartida, 1987).

b.2) *Festuca rigescens*

En el cuadro 3.15 del análisis de variancia de los parámetros de productividad como altura de planta, macollamiento y longitud de lámina

foliar, en el 1er corte, muestran que los tratamientos aplicados a la *Festuca rigescens* se diferencian significativamente en cada una de las variables, estas diferencias están relacionadas con los niveles altos del N a nivel medio de S, alcanzando los mejores resultados. En el 2do corte estos parámetros no se diferenciaron significativamente en cada una de las variables a excepción del macollamiento que si muestra diferencia significativa. No obstante se puede observar que las ligeras variaciones (cuadro 04 del anexo) existentes están relacionadas con los niveles máximos de N.

Según la prueba de Duncan del macollamiento (cuadro 3.16), se observa que el mayor número de macollos por mata se alcanzó con el tratamientos T4 (300 – 60 kg NS.ha⁻¹) que corresponde a los niveles máximos de N y S, obteniendo 72 macollos/mata, sin diferenciarse estadísticamente del tratamiento T2 (300 – 00 kg NS.ha⁻¹) que recibió la dosis máxima de N, obteniendo 62.67 macollos/mata, seguido de los demás tratamientos (T12, T13 y T5) que son aquellos que recibieron dosis medias a bajas de N, siendo importante la presencia del nitrógeno en niveles máximos.

Cuadro 3.15 Cuadrados medios del análisis de variancia de los parámetros de productividad de la *Festuca rigescens* del 1er y 2do corte. Ccarhuaccpampa a 4000 msnm.

Primer corte							
Fuente de variación	G.L	Altura de planta (cm)				Macollamiento (N° macollos/mata)	Longitud de lámina foliar (cm)
		Etapa vegetativa		Etapa Reproductiva			
		Rebrote (Rb)	Elongación (Eig)	Hoja bandera (Hb)	l. de espigado (Ie)		
Bloques	2	0.5547 ns	0.3474 ns	0.4092 ns	0.2496 ns	80.068 ns	0.4097 ns
Tratamientos	12	1.3323 **	1.5159 **	1.2719 **	1.5078 **	217.606 **	1.0401 **
Error	24	0.2289	0.4061	0.3453	0.3727	64.494	0.3272
Total	38						
CV (%)		15.92	17.99	15.56	15.55	24.50	17.64

Segundo corte								
Fuente de variación	G.L	Altura de planta (cm)				Macollamiento (N° macollos/mata)	Longitud de lámina foliar (cm)	Relación: Tallo- Hoja (%)
		Etapa vegetativa		Etapa Reproductiva				
		Rebrote (Rb)	Elongación (Eig)	Inicio de floración (If)	Grano lechoso (Gl)			
Bloques	2	0.7840 *	1.6139 **	0.5176 ns	0.6473 ns	95.487 ns	0.9499 ns	Tallo: 25.51
Tratamientos	12	0.5320 *	0.6425 **	0.4718 ns	0.4157 ns	350.944 **	0.1541 ns	Hoja: 74.49
Error	24	0.2170	0.1349	0.5270	0.3239	110.182	0.3347	
Total	38							
CV (%)		18.31	7.48	13.21	9.11	21.57	14.94	

Cuadro 3.16 Prueba de Duncan del macollamiento (N° macollos/mata) de la *Festuca rigescens*. 2do corte.

Tratamientos	Macollamiento Promedio	ALS(D) 0.05
T4 (2 2)	72.00	a
T2 (2 -2)	62.67	a b
T12 (0 2)	60.67	a b c
T13 (0 0)	52.67	a b c d
T5 (-2 0)	51.67	a b c d
T10 (0 -1)	47.33	b c d
T1 (-2 -2)	45.67	b c d
T6 (-1 0)	43.67	b c d
T3 (-2 2)	41.00	c d
T7 (1 0)	41.00	c d
T8 (2 0)	39.33	d
T9 (0 -2)	39.00	d
T11 (0 1)	36.00	d

b.3) *Poa perligulata*

En el cuadro 3.17 del análisis de variancia de los parámetros de productividad como altura de planta, macollamiento y longitud de lámina foliar, muestra que no existe diferencia significativa en ninguna de las variables en el 1er corte. Sin embargo, en el 2do corte, la altura de planta y la longitud de lámina foliar se diferencian significativamente en cada una de las variables. Según la prueba de Duncan de ambas variables (cuadros 3.18 y 3.19), la mayor de altura de planta y longitud de lámina foliar se obtuvieron con el tratamiento T13 (150 – 30 kg NS.ha⁻¹) que corresponde a niveles medios de N y S, habiendo alcanzado 5.92 cm de altura y 4.90 cm de lámina foliar, diferenciándose estadísticamente de los tratamientos T10 y T12 que son aquellos tratamientos que recibieron la dosis común de N de 150 kg.ha⁻¹ y azufre en dosis superior a los 15 kg.ha⁻¹.

Cuadro 3.17 Cuadros medios del análisis de variancia de variancia de los parámetros de productividad de la *Poa perigrulata* del 1er y 2do corte. Ccarhuaccpampa a 4000 msnm.

		Primer corte					
Fuente de variación	G.L	Altura de planta (cm)			Macollamiento (N° tallos/planta)	Longitud de lámina foliar (cm)	CV (%)
		Etapa Vegetativa		E. Reprod.			
		Rebrote (Rb)	Elongación (Eig)	I. de espigado (Ie)			
Bloques	2	0.1839 ns	0.0156 ns	0.0146 ns	47.843 ns	0.295 ns	
Tratamientos	12	0.1350 *	0.0570 ns	0.0834 ns	42.983 ns	0.068 ns	
Error	24	0.0612	0.0763	0.0674	42.290	0.119	
Total	38						
		12.35	11.67	10.42	25.59	15.77	
		Segundo corte					
Fuente de variación	G.L	Altura de planta (cm)			Macollamiento (N° macollos/mata)	Longitud de lámina foliar (cm)	Relación: Tallo- Hoja (%)
		Etapa vegetativa		Etapa Reproductiva			
		Rebrote (Rb)	Elongación (Eig)	Inicio de floración (If)	Grano lechoso (Gl)		
Bloques	2	0.0180 ns	0.5715 **	0.222 ns	0.542 ns	0.193 ns	Tallo: 18.79
Tratamientos	12	0.0220 ns	0.0561 ns	0.732 *	0.868 **	0.517 **	Hoja: 81.21
Error	24	0.0220	0.0814	0.289	0.254	0.083	
Total	38						
		13.20	10.24	13.23	11.44	7.58	

En tanto los resultados más bajos corresponden a los tratamientos en los que se aplicaron dosis mayores al nivel medio de N y S.

En el caso del macollamiento no se encontró diferencia significativa entre tratamientos. No obstante se puede observar (cuadro 05 del anexo) que las ligeras variaciones existentes están relacionadas con los niveles medios de N y S.

Cuadro 3.18 Prueba de Duncan de la Altura de planta (cm) de la *Poa perigulata*. 2do corte.

Tratamientos	Altura (cm) Promedio	ALS(D) 0.05
T13 (0 0)	5.92	a
T10 (0 -1)	4.66	b
T12 (0 2)	4.53	b c
T2 (2 -2)	4.43	b c
T3 (-2 2)	4.43	b c
T5 (-2 0)	4.41	b c
T11 (0 1)	4.41	b c
T4 (2 2)	4.40	b c
T9 (0 -2)	4.34	b c
T1 (-2 -2)	4.19	b c
T6 (-1 0)	3.93	b c
T8 (2 0)	3.88	b c
T7 (1 0)	3.67	c

Cuadro 3.19 Prueba de Duncan de la longitud de lámina foliar (cm) de la *Poa perigulata*. 2do corte.

Tratamientos	Longitud de lámina foliar (cm) Promedio	ALS(D) 0.05
T13 (0 0)	4.90	a
T12 (0 2)	4.20	b
T1 (-2 -2)	3.98	b c
T10 (0 -1)	3.91	b c
T11 (0 1)	3.81	b c
T9 (0 -2)	3.76	b c d
T8 (2 0)	3.71	b c d
T3 (-2 2)	3.68	b c d
T6 (-1 0)	3.67	b c d
T2 (2 -2)	3.53	c d
T4 (2 2)	3.50	c d
T5 (-2 0)	3.43	c d
T7 (1 0)	3.24	d

b.4) *Muhlenbergia ligularis*

En el cuadro 3.20 del análisis de variancia de los parámetros de productividad, en el primer corte solo existe diferencia significativa en el macollamiento, mientras que en el segundo corte la altura de planta y el macollamiento, muestran que los tratamientos aplicados a la *Muhlenbergia ligularis* se diferencian significativamente en estas variables. Estas diferencias de ambos parámetros están influenciadas por la aplicación de niveles medios de N y S, según la prueba de Duncan (cuadros 3.21 y 3.22), alcanzando 3.23 cm de altura con 120 macollos/mata.

Cuadro 3.20 Cuadrados medios del análisis de variancia de variancia de los parámetros de productividad de la *Muhlenbergia ligularis* del 1er y 2do corte. Ccarhuaccpampa a 4000 msnm.

		Primer corte									
Fuente de variación	G.L	Altura de planta (cm)				Macollamiento (N° tallos/planta)	Longitud de lámina foliar (cm)				
		Etapa Vegetativa		E. Reproduc							
		Rebrote (Rb)	Elongación (Elg)	I. de espigado (Ie)							
Bloques	2	0.033	ns	0.579	ns	1.279	ns	466.2	ns	0.085	ns
Tratamientos	12	0.050	ns	0.317	ns	0.648	ns	1023.8	**	0.014	ns
Error	24	0.075		0.186		0.492		263.5		0.032	
Total	38										
CV (%)		13.2		14.32		20.82		26.5		17.17	

		Segundo corte							
Fuente de variación	G.L	Altura de planta (cm)				Macollamiento (N° macollos/mata)	Longitud de lámina foliar (cm)		
		E. Vegetativa		E. Reproductiva					
		Rebrote (Rb)	Grano lechoso (Gl)						
Bloques	2	0.1138	ns	0.6999	ns	198.87	ns	0.0901	ns
Tratamientos	12	0.1700	ns	0.8551	**	1565.63	*	0.0457	ns
Error	24	0.2147		0.2068		538.26		0.0272	
Total	38								
CV (%)		20.71		16.24		26.23		13.43	

Cuadro 3.21 Prueba de Duncan de la altura de planta (cm) de la *Muhlenbergia ligularis*. 2do corte.

Tratamiento	Altura (cm) Promedio	ALS(D) 0.05
T13 (0 0)	3.23	a
T7 (1 0)	3.13	a
T9 (0 -2)	3.11	a
T3 (-2 2)	3.08	a
T6 (-1 0)	3.05	a
T8 (2 0)	3.03	a
T10 (0 -1)	2.97	a
T1 (-2 -2)	2.84	a
T12 (0 2)	2.82	a
T5 (-2 0)	2.81	a
T11 (0 1)	2.64	a
T2 (2 -2)	2.55	a
T4 (2 2)	1.15	b

Cuadro 3.22 Prueba de Duncan del macollamiento (N° macollos/planta) de la *Muhlenbergia ligularis*. 2do corte.

Tratamiento	Macollamiento Promedio	ALS(D) 0.05
T13 (0 0)	120.3	a
T7 (1 0)	120.0	a
T5 (-2 0)	116.0	a b
T10 (0 -1)	107.0	a b c
T2 (2 -2)	98.0	a b c d
T6 (-1 0)	94.0	a b c d
T3 (-2 2)	89.7	a b c d
T1 (-2 -2)	81.3	a b c d
T12 (0 2)	72.0	b c d
T8 (2 0)	66.3	c d
T9 (0 -2)	65.7	c d
T4 (2 2)	64.0	c d
T11 (0 1)	55.3	d

Se puede observar también que los tratamientos testigos fueron superiores a aquellos tratamientos que recibieron dosis mayores al nivel medio de N y S, siendo los tratamientos (T4) con niveles máximos de N y

S, quienes ocuparon el último lugar.

En el caso de la lámina foliar, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos. No obstante se puede observar (cuadro 06 del anexo) que las ligeras variaciones existentes están relacionadas con los niveles medios de N y S.

El estado de rebrote (crecimiento de las hojas) de esta especie, se inició a partir de la segunda semana del transplante, acelerando su desarrollo y al mes de la instalación emitió sus inflorescencias, seguidamente entro a la etapa de hibernación (dormancia), sin mostrar crecimiento alguno durante los meses de mayo – agosto, iniciando nuevamente el crecimiento a finales del mes de agosto, fecha en la cual se inició con las evaluaciones respectivas.

Según INFOPOS (2003) esta reacción se presenta cuando la planta encuentra condiciones adversas y acelera sus procesos bioquímicos para perpetuar su especie.

b.5) *Trifolium amabile*

En el cuadro 3.23 del análisis de variancia de los parámetros de productividad como altura de planta, macollamiento y longitud de lámina foliar del 2do corte, muestra que los tratamientos aplicados al *Trifolium amabile* se diferenciaron significativamente en cada una de las variables.

Cuadro 3.23 Cuadros medios del análisis de variancia de los parámetros de productividad del *Trifolium amabile* del 2do corte. Ccarhuaccampa a 4000 msnm.

Fuente de variación	G.L	Segundo corte						Relación: Tallo- Hoja (%)		
		Longitud de planta (cm)			Macollamiento (N° tallos/planta)	Longitud de lámina foliar (cm)				
		E. Vegetativa	E. Reproductiva							
	Rebrote (Rb)	Botón floral (Bf)	Plena floración (Pf)							
Bloques	2	0.4430	ns	0.0064	ns	0.0350	ns	0.1801	ns	Tallo: 35.82
Tratamientos	12	0.2370	ns	1.9156	*	2.2318	*	1.2252	*	Hoja: 64.18
Error	24	0.1680		0.6858		1.0235		0.5387		
Total	38									
CV (%)		23.37		23.75		24.76		17.73	22.55	

Según la prueba de Duncan (cuadros 3.24, 3.25 y 3.26), los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento testigo, mostrando mayor longitud de planta y por ende mayor tamaño de las hojas trifoliadas, siendo estas más vigorosas en comparación con los demás tratamientos. En tanto los tratamientos sin S y con niveles altos de N, tuvieron un resultado mucho menor al testigo.

Cuadro 3.24: Prueba de Duncan de la Longitud de planta (cm) del *Trifolium amabile*.

Tratamientos	Longitud de planta (cm) Promedio	ALS(D) 0.05
T1 (-2 -2)	5.37	a
T2 (2 -2)	5.25	a
T3 (-2 2)	4.89	a b
T4 (2 2)	4.67	a b
T10 (0 -1)	4.66	a b
T5 (-2 0)	4.33	a b c
T9 (0 -2)	4.22	a b c
T6 (-1 0)	3.74	a b c
T7 (1 0)	3.74	a b c
T12 (0 2)	3.51	b c
T8 (2 0)	3.23	b c
T11 (0 1)	2.99	c
T13 (0 0)	2.60	c

Cuadro 3.25 Prueba de Duncan del macollamiento promedio (N° tallos estoloníferos/planta) del *Trifolium amabile*.

Tratamientos	Macollamiento Promedio	ALS(D) 0.05
T1 (-2 -2)	9.20	a
T3 (-2 2)	7.13	b
T13 (0 0)	6.93	b c
T9 (0 -2)	6.53	b c
T5 (-2 0)	6.27	b c
T4 (2 2)	6.20	b c
T6 (-1 0)	5.93	b c
T8 (2 0)	5.67	b c d
T2 (2 -2)	5.60	b c d
T7 (1 0)	5.13	b c d
T11 (0 1)	4.80	c d
T10 (0 -1)	4.53	c d
T12 (0 2)	3.60	d

Cuadro 3.26 Prueba de Duncan de la longitud de hoja trifoliada (cm) del *Trifolium amabile*.

Tratamientos	Longitud de Hoja (cm) Promedio	ALS(D) 0.05
T1 (-2 -2)	4.34	a
T2 (2 -2)	4.28	a
T3 (-2 2)	4.00	a b
T12 (0 2)	3.44	a b c
T4 (2 2)	3.41	a b c
T10 (0 -1)	3.39	a b c
T5 (-2 0)	3.14	a b c
T6 (-1 0)	3.04	a b c
T8 (2 0)	2.93	a b c
T7 (1 0)	2.72	b c
T9 (0 -2)	2.72	b c
T11 (0 1)	2.55	c
T13 (0 0)	2.02	c

3.2 COEFICIENTE APARENTE DE USO (CAU) DEL NITRATO DE AMONIO Y DEL SULFATO DE POTASIO

En los gráficos 3.27, 3.28, 3.29, 3.30 y 3.31, se muestran los Coeficientes Aparentes de Uso (CAU) de los fertilizantes nitrogenado y azufrado para cada una de las cinco especies nativas, en ambos cortes a excepción de la *Muhlenbergia ligularis*, que solo se realizó en el segundo corte.

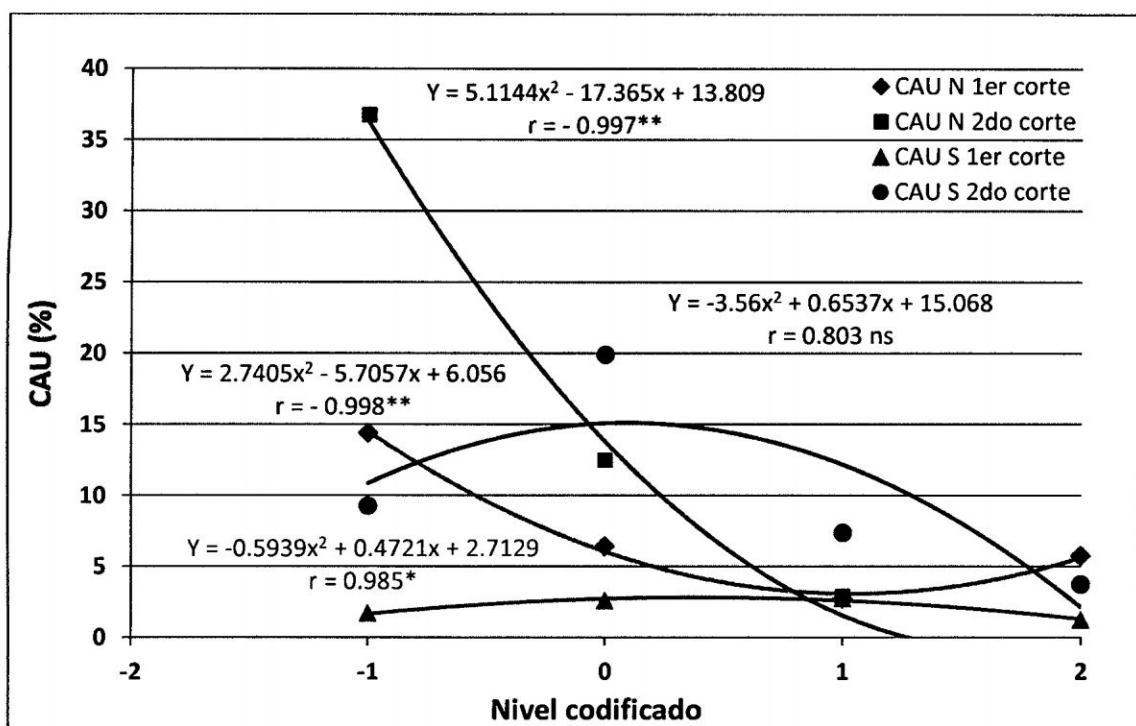


Gráfico 3.27 CAU del fertilizante nitrogenado y azufrado por la *Festuca dolichophylla*, en un suelo de Ccarhuaccpampa a 4000 msnm. 1er y 2do corte.

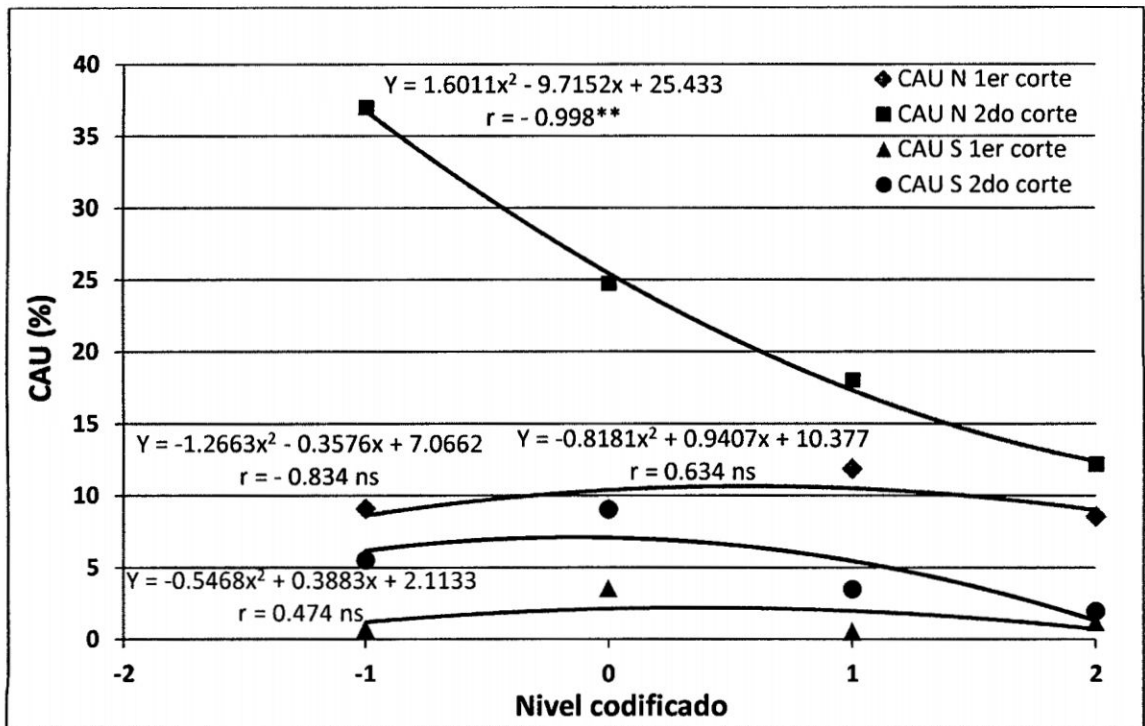


Gráfico 3.28 CAU del fertilizante nitrogenado y azufrado por la *Festuca rigescens*, en un suelo de Ccarhuaccpampa a 4000 msnm. 1er y 2do corte.

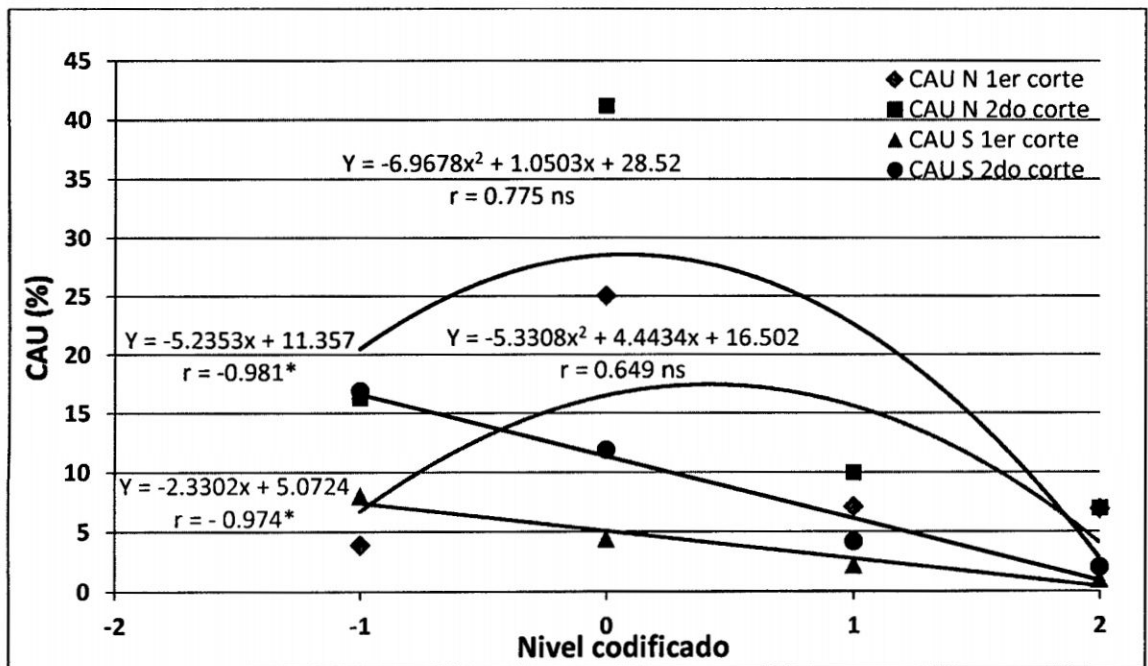


Gráfico 3.29 CAU del fertilizante nitrogenado y azufrado por la *Poa perligulata*, en un suelo de Ccarhuaccpampa a 4000 msnm. 1er y 2do corte.

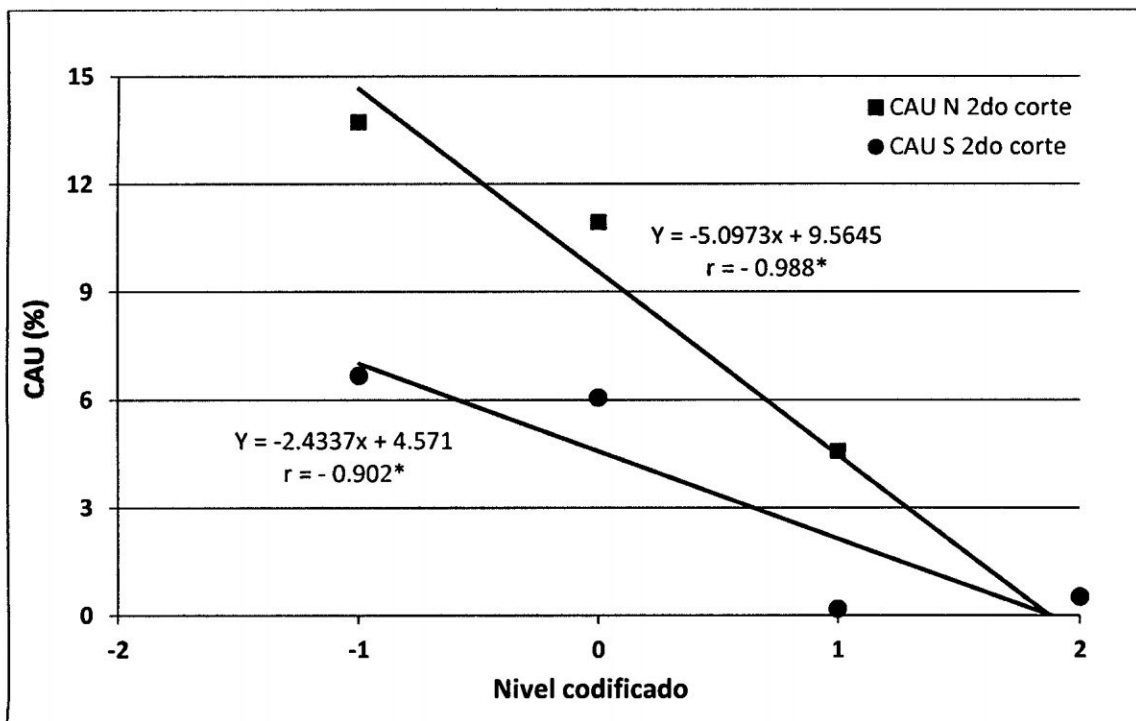


Gráfico 3.30 CAU del fertilizante nitrogenado y azufrado por la *Muhlenbergia ligularis*, en un suelo de Ccarhuaccpampa a 4000 msnm. 2do corte.

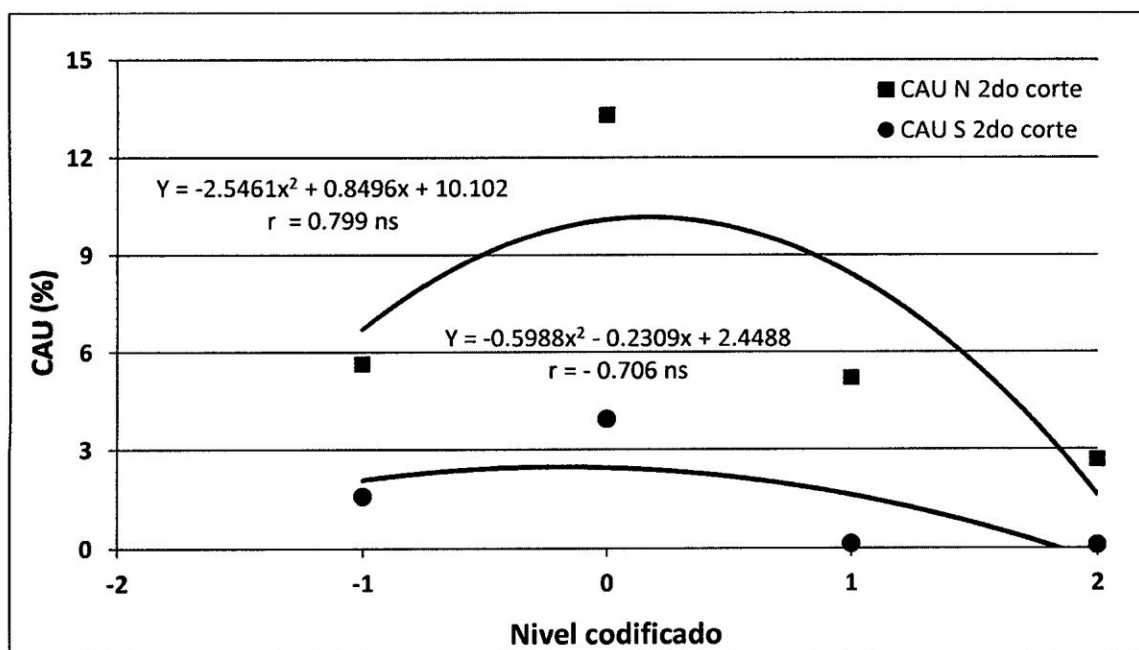


Gráfico 3.31 CAU del fertilizante nitrogenado y azufrado por el *Trifolium amabile*, en un suelo de Ccarhuaccpampa a 4000 msnm. 2do corte.

En los gráficos 3.27, 3.28 y 3.29, se observa que el CAU tanto del N como el de S, en el primer corte se muestran menores respecto al segundo corte; en las especies *Festucas* se tiene que puede alcanzar un máximo de 14 % en la *Festuca dolichophylla* con el nivel de 75 kg N.ha⁻¹, en tanto que en la *Festuca rigescens* prácticamente los coeficientes se mantienen alrededor del 10 % en todos los niveles. La *Poa perligulata* manifiesta su máximo consumo de 25 % en el nivel medio de N (150 kg.ha⁻¹).

En el segundo corte la tendencia es la misma, pero con mayor intensidad de uso, así para el caso de la *Festuca dolichophylla* y la *Festuca rigescens* alcanzan su máximo consumo de 37 % cuando la dosis es 75 kg.ha⁻¹ y a mayor dosis el CAU disminuye. Finalmente la *Poa perligulata* posee un CAU máximo de 41 % con la misma dosis de 150 kg de N.ha⁻¹ (nivel medio), resultando ser la especie con mayor uso de N con respecto a las demás especies.

El CAU del S respecto al N es más bajo, así en el primer corte las *Festucas* alcanzan un máximo de 4 % cuando la dosis de S es de 30 kg.ha⁻¹. La *Poa perligulata* alcanza 8 % con el nivel bajo (15 kg.ha⁻¹) y a dosis mayor el CAU disminuye. En el segundo corte la tendencia es la misma, así la *Festuca dolichophylla* alcanza un máximo de 20 % en el nivel medio de S (30 kg.ha⁻¹), en la *Festuca rigescens* para el mismo nivel es de 9 % y en el caso de la *Poa perligulata* con tendencia lineal alcanza en promedio 17 % de CAU siempre para el nivel medio de 15 kgS.ha⁻¹.

En el caso de la *Muhlenbergia ligularis* se observa que a medida que se

incorpora al suelo una mayor cantidad de fertilizante el CAU disminuye, siendo máximo 14 % para el N y 7 % para el S, en el nivel bajo (75 y 15 kg de N y S.ha⁻¹).

Para el caso del *Trifolium amabile* se observa la tendencia cuadrática del CAU con los niveles tanto de N como de S, así, puede alcanzar su máximo uso hasta 13 % y 4 % respectivamente en el nivel medio (150 y 30 kg de N y S.ha⁻¹).

La disminución del CAU a medida que se incorpora al suelo una mayor cantidad de fertilizante nitrogenado y/o azufrado, posiblemente obedezca a que el requerimiento nutricional de estas especies se encuentren satisfechas a niveles bajos, medios y altos de fertilización.

Los mayores valores del CAU de ambas fuentes aplicadas corresponden al segundo corte (grano lechoso), probablemente esto se deba al hecho del establecimiento de las matas en el suelo, por el mayor tiempo transcurrido en el campo en comparación al primer corte, en tanto que son más eficientes en la absorción y asimilación de los nutrientes disponibles que se encuentran en el suelo, incrementando su biomasa y por consiguiente mayor extracción de nutrientes.

De acuerdo a los informes de INFOPOS (2003) el CAU en las gramíneas es más alto en comparación a las leguminosas, debido a que las gramíneas tienen mayor habilidad de extracción de los nutrientes del suelo, por esta razón, en suelos muy pobres aparece una cubierta vegetal de gramíneas en forma natural, con pocas o ninguna leguminosa.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación nos permiten establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

4.1 CONCLUSIONES

1. Con el aporte de 150 – 300 kg de N y S.ha⁻¹ se obtienen los mayores rendimientos de materia seca. Así, en el primer y segundo corte la *Festuca dolichophylla* obtiene 10.36 y 39.8 g de MS/maceta respectivamente, la *Muhlenbergia ligularis* 8.0 y 15.39 g de MS/maceta y *Poa perligulata* 12.37 y 12.95 g de MS/maceta. En el caso de la *Festuca rigescens* obtiene 20.3 y 29.9 g de MS/maceta, siendo mejor aplicando 300 kg de N. Finalmente, el *Trifolium amabile* hasta el 2do corte no responde a la fertilización empleada.
2. El Coeficiente Aparente de Uso del NO₃NH₄ en el primer corte fluctúa de 12 – 15 % en las *Festucas* (*dolichophylla* y *rigescens*)

y en la *Poa perligulata* 25 %. En el segundo corte, el CAU de este abono se incrementa hasta 37 % en las *Festucas*, en la *Poa perligulata* se incrementa hasta 41 %, en tanto el *Trifolium amabile* y la *Muhlenbergia ligularis* entre 13% - 14 %.

El CAU del K_2SO_4 es más bajo respecto al CAU del NO_3NH_4 , así, en la *Festuca dolichophylla* fluctúa de 3 – 20 %, en la *Festuca rigescens* de 4 - 9 %, en la *Poa perligulata* de 8 – 17 %, en la *Muhlenbergia ligularis* 7 % y finalmente el *Trifolium amabile* 4 %.

3. En altura de planta, macollamiento, longitud de lámina foliar y relación tallo: hoja, mostraron respuesta al abonamiento, siendo aquellos tratamientos (T13, T7, T8, T6 y T10) que recibieron nitrógeno en dosis superior a 150 kg.ha^{-1} y azufre en dosis común de 30 kg.ha^{-1} , con las que se obtuvieron los mejores resultados respecto al testigo. En el caso de trébol el tratamiento testigo tuvo un mejor comportamiento.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la fertilización en los pastizales, principalmente en las familias de las gramíneas con niveles de 150 y 30 kg de N y S.ha⁻¹, además de 60 kg de P.
2. En vista de los interesantes efectos de la fertilización con N y S en el rendimiento de materia seca de los pastizales, se recomienda realizar estas experiencias en otras formaciones vegetales representativas del lugar y con mayor número de cortes, teniendo en cuenta el número y la proporción de especies deseables por el ganado.
3. Empleando los niveles obtenidos se recomienda realizar estudios bromatológicos de pastos nativos.

RESUMEN

El estudio se realizó en la comunidad campesina de Ccarhuaccpampa a 4 000 msnm en el distrito de Paras, provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho, con el objetivo de determinar los niveles de tolerancia al abonamiento nitrogenado y azufrado en cinco pastizales (*Festuca dolichophylla*, *Festuca rigescens*, *Muhlenbergia ligularis*, *Poa perligulata* y *Trifolium amabile*), para ello se utilizó macetas con capacidad de 12.5 kg de suelo, y como fuentes de nutrientes NO_3NH_4 de 0-300 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y K_2SO_4 de 0-60 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, estructurados de acuerdo al Diseño 03 de Julio para dos factores con 13 tratamientos y 3 repeticiones, teniendo 39 U.E./especie, haciendo un total de 195 U.E. que fueron distribuidos en el DBCA, para ello se evaluó el rendimiento de Materia Seca y el Coeficiente Aparente de Uso del N y S, en dos estados fenológicos: Inicio de espigado y grano lechoso.

Los mayores rendimientos de materia seca se obtienen con el tratamiento T13 (150 – 30 kg de N y S. ha^{-1}). Así, en el 1er y 2do corte de *Festuca dolichophylla* (10.36 y 39.8 g de MS/maceta), *Muhlenbergia ligularis* (8.0 y 15.39 g de MS/maceta) y *Poa perligulata* (12.37 y 12.95 g de MS/maceta). En el caso de la *Festuca rigescens* (20.3 y 29.9 g de MS/maceta) con el tratamiento T2 (300 – 00 kg de N y S. ha^{-1}), mientras que el *Trifolium amabile* hasta el 2do corte no responde a la fertilización empleada. Siendo los rangos de tolerancia hasta los niveles medios de N y S de la *Festuca dolichophylla*, *Poa perligulata* y la *Muhlenbergia*

ligularis, mientras que la *Festuca rigescens* hasta los niveles máximos de N y S.

El Coeficiente Aparente de Uso del NO_3NH_4 de la *Festuca dolichophylla*, *Festuca rigescens* y la *Poa perligulata* son 12, 15 y 25 % respectivamente durante el 1er corte. En el segundo corte el CAU de este abono se incrementa hasta 37 % en las *Festucas*, en la *Poa perligulata* se incrementa a 41 %, en tanto en el *Trifolium amabile* y la *Muhlenbergia ligularis* entre 13 % - 14 %. El CAU del K_2SO_4 es más bajo respecto al CAU del NO_3NH_4 , así, en la *Festuca dolichophylla* fluctúa de 3 - 20 %, en la *Festuca rigescens* de 4 - 9 %, en la *Poa perligulata* de 8 - 17 %, en la *Muhlenbergia ligularis* 7 % y finalmente el *Trifolium amabile* 4 %.

En altura de planta, macollamiento, longitud de lámina foliar y relación tallo: hoja, mostraron respuesta al abonamiento, siendo aquellos tratamientos (T13, T7, T8, T6 y T10) que recibieron nitrógeno en dosis superior a $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y azufre en dosis común de $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, con las que se obtuvieron los mejores resultados respecto al testigo. En el caso de trébol el tratamiento testigo tuvo un mejor comportamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCUE, M. 1978. Respuesta al abonamiento azufrado en suelos agrícolas de Ayacucho. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- BENAVIDES, A. 1998. El azufre en las plantas. Departamento de Horticultura, UAAAN, Sastillo 25315 - México. Disponible en: http://www.abenmen.com-a-azufre_en_plantas.
- CALZADA, J. 1969. Introducción a la estadística. Profesor de la Universidad Nacional Agraria. Librería: El estudiante. Lima – Perú.
- CALZADA, J. 1964. Métodos Estadísticos para la Investigación. 2ª ed. Lima - Perú.
- COOKE, G. 1983. Fertilización para rendimientos máximos. 2ª ed. Compañía editorial Continental SA. México D. F.
- DÍAZ, M. 2008. Fertilización de pasturas mixtas templadas. En: La fertilización de cultivos y pasturas. 2ª ed. ampliada y actualizada. Hemisferio sur S.A.; Buenos aires. p. 332 - 345.
- DOMINGUEZ, A. 1984. Tratado de fertilización. 7ª ed. Editorial Mundi Prensa. Madrid – España.
- DURAND, F. 2008. Evaluación fenológica de diez especies de pastos naturales en la praderas nativas altoandinas de la comunidad de Ccarhuaccpampa-Ayacucho. Tesis de

Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho – Perú.

FASSBENDER, H. 1987. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. 5^{ta} ed. Editorial Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas – IICA; San José - Costa Rica.

FLÓREZ, A. y MALPARTIDA, E. 1987. Manejo de praderas nativas y pasturas en la región altoandina del Perú. TOMO I y II. Editorial Abril S. A.; Lima – Perú.

FLÓREZ, A. 2003. Producción y utilización de los pastizales altoandinos del Perú. Editor REPAAN; Quito – Ecuador.

FOGG, G.E. 1967. El crecimiento de las plantas. Editorial Universitaria de Buenos Aires; Buenos Aires.

GONZÁLES, W. 2002. Manejo de pasturas y pastizales. Editorial Andy Andy C. García León; Lima – Perú.

GONZÁLES, W. 2009. Producción y Manejo de pastos y forrajes. Editorial Andy C. García León; Lima – Perú.

IBÁÑEZ, R. 1976. Estado nutricional de seis suelos de puna. Método del elemento faltante. Asociación alfalfa/phalaris como planta indicadora. En: Investigaciones. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Año I, Volumen 1, CCNN. Ayacucho – Perú. p. 13 – 30.

IBÁÑEZ, R. y AGUIRRE, G. 1983. Fertilidad de Suelos. Manual de Prácticas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.

- INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO (INFOPOS) 1997. Manual internacional de Fertilidad de suelos. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Primera impresión del manual, versión en español, mayo.
- INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO (INFOPOS). 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá.
- III CONGRESO MUNDIAL SOBRE CAMÉLIDOS. 2003. Utilización de pastizales. Potosi - Bolivia.
- HORBER, F. 1984. Experiencias en la Fertilización del Pasto Nativo Alto Andino. Cooperación técnica del gobierno suizo. Ediciones Gráfica Bellido; Lima – Perú.
- MAMANI, G. 2001. Zonificación ecológica de praderas naturales para la aplicación de estrategias de mejoramiento. Tesis Magister Scientieae Producción animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- MAMANI, G. 2010. Ecología, aptitud y manejo de las especies forrajeras nativas y cultivadas potenciales para la producción de semilla en la región andina. Informe Científico 150 pp. INIA EEA Canaán - PIEA INCAGRO. Ayacucho.
- MAMANI, G. 2011. La pradera nativa y su potencial para el desarrollo de la zona altoandina. Revista Agroinnova. Noviembre, Año 3, Edición N° 10. 08 pág. Lima – Perú.

- MELGAR, R. y DÍAZ, M. 2008. La fertilización de cultivos y pasturas. 2ª ed. ampliada y actualizada. Hemisferio sur S.A.; Buenos aires.
- MELGAR, R. y QUINTEROS, C. 2008. Diagnóstico de fertilidad y recomendaciones de fertilización. En: La fertilización de cultivos y pasturas. 2ª ed. ampliada y actualizada. Hemisferio sur S.A.; Buenos aires: p. 51 - 83.
- NAVARRO, S y NAVARRO G. 2000. Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Mundi-Prensa; Madrid – España.
- OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS NATURALES (ONERN). 1976. Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa. Lima - Perú.
- PALOMINO, R. 1987. Estado nutricional de algunos suelos agrícolas de las provincias de Huamanga, Cangallo, Víctor Fajardo del departamento de Ayacucho. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- RAMÍREZ, G. 1976. Deficiencias de Azufre en suelos de puna de Ayacucho. En: Investigaciones. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Año I, Volumen 1, CCNN. Ayacucho – Perú. Agosto, 1976. p. 3 -12.
- ROJAS, C. 2006. Estimación de las necesidades de fertilización en cultivos y praderas. Instituto de Investigaciones

Agropecuarias. Centro Regional de Investigación INIA La Platina. Chile. Disponible en: <http://www2.inia.cl-medios-biblioteca-serieactas-NR33855>.

RUIZ, C. y TAPIA, M. 1987. Producción y manejo de forrajes en los andes del Perú. Proyecto de Investigaciones de los Sistemas Agropecuarios Andinos (PISA), Convenio INIPA-CIID-ACDI. Apartado 110697, Lima.

SAN MARTÍN, F y BRYANT, F. 1988. Investigaciones sobre pastos y forrajes de Texas Tech University en el Perú. Volumen IV. Centro de investigaciones IVITA, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.

SMITH, R. y SMITH, TH. 2001. Ecología. 4^{ta} ed. Pearson Educación, S.A.; Madrid.

TAPIA, M y FLORES, J. 1984. Pastoreo y pastizales de los andes del sur del Perú. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. Programa colaborativo de apoyo a la investigación en rumiantes menores. Lima – Perú.

TINEO, A. 2014. Superficies de Respuesta: El Diseño 03 de Julio (Aplicaciones agronómicas). 2^a ed. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Gráficos de la imprenta Multiservicios Publigráf; febrero 2014. 136 pág. Ayacucho – Perú.

- TISDALE, S. y NELSON, W. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simón, S.A., Editores, Aragón, 255. Barcelona – 7. Impreso en España.
- TORRES, M. 2008. Fertilizantes químicos y minerales. En: La fertilización de cultivos y pasturas. 2ª ed. ampliada y actualizada. Hemisferio sur S.A.; Buenos aires. p. 101 - 127.
- TOVAR, O. 1960. Revisión de las Especies Peruanas del género *Calamagrostis* (Gramineae). Memorias del Mus. Hist. Nat. "J Prado". Lima.
- TOVAR, O. y OSCANOVA, L. 2002. Guía para la identificación de pastos naturales alto andinos de mayor importancia ganadera. Instituto de Montaña. Proyecto FOCAL Obc. 1ª ed. Huaraz.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA. 1976. Investigaciones. Año I, Volumen 1, CCNN. Ayacucho – Perú.

ANEXOS

Cuadro 01: Resultados del rendimiento de materia seca (g/maceta) de los cinco pastizales del primer y segundo corte en Ccarhuaccampa a 4000 msnm - Paras - Cangallo - Ayacucho.

Cuadro 1.1: Resultados del rendimiento de materia seca del primer corte (Inicio de espigado) de la *Festuca dolichophylla*.

Trat.	Rendimiento de MS (g/maceta)												
	T1 (-2-2)	T2 (2-2)	T3 (-2-2)	T4 (2-2)	T5 (-2-0)	T6 (-1-0)	T7 (1-0)	T8 (2-0)	T9 (0-2)	T10(0-1)	T11 (0-1)	T12 (0-2)	T13 (0-0)
I	5.16	12.11	7.81	4.95	8.67	10.50	8.10	7.24	6.74	5.52	8.74	8.06	11.50
II	7.45	6.67	6.56	11.86	5.63	5.23	8.17	11.97	5.20	6.95	11.43	7.49	7.02
III	6.31	8.60	9.53	10.57	7.53	10.90	11.36	8.82	7.67	9.50	10.90	13.83	8.64
Total	18.92	27.38	23.91	27.38	21.83	26.63	27.63	28.03	19.60	21.97	31.07	29.39	27.17
Prom	6.31	9.13	7.97	9.13	7.28	8.88	9.21	9.34	6.53	7.32	10.36	9.80	9.06

Cuadro 1.2: Resultados del rendimiento de materia seca del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca dolichophylla*.

Trat.	Rendimiento de MS (g/maceta)												
	T1 (-2-2)	T2 (2-2)	T3 (-2-2)	T4 (2-2)	T5 (-2-0)	T6 (-1-0)	T7 (1-0)	T8 (2-0)	T9 (0-2)	T10(0-1)	T11 (0-1)	T12 (0-2)	T13 (0-0)
I	17.03	23.24	27.33	21.28	25.61	37.01	38.62	34.87	20.31	23.94	21.85	22.50	37.93
II	16.38	22.50	29.44	20.71	29.01	38.47	37.52	36.69	12.89	26.06	32.08	26.43	32.70
III	15.46	27.88	41.09	18.79	25.88	34.20	36.18	32.89	20.56	30.24	25.88	15.43	48.78
Total	48.86	73.62	97.86	60.77	80.50	109.68	112.32	104.45	53.76	80.24	79.82	64.36	119.41
Prom	16.29	24.54	32.62	20.26	26.83	36.56	37.44	34.82	17.92	26.75	26.61	21.45	39.80

Cuadro 1.3: Resultados del rendimiento de materia seca del primer corte (Inicio de espigado) de la *Festuca rigescens*.

Trat.	Rendimiento de MS (g/maceta)												
	T1 (-2-2)	T2 (2-2)	T3 (-2-2)	T4 (2-2)	T5 (-2-0)	T6 (-1-0)	T7 (1-0)	T8 (2-0)	T9 (0-2)	T10(0-1)	T11 (0-1)	T12 (0-2)	T13 (0-0)
I	13.02	25.46	12.59	17.40	11.56	12.02	18.92	17.05	17.60	11.89	11.93	12.67	15.68
II	11.74	18.49	11.06	20.19	12.13	11.74	11.54	15.94	14.33	13.33	8.52	13.39	15.00
III	9.08	16.81	9.67	19.38	11.28	12.39	17.79	12.13	12.98	10.17	16.75	14.40	15.61
Total	33.84	60.76	33.32	56.97	34.98	36.15	48.26	45.12	44.91	35.39	37.20	40.46	46.30
Prom	11.28	20.25	11.11	18.99	11.66	12.05	16.09	15.04	14.97	11.80	12.40	13.49	15.43

Cuadro 1.4: Resultados del rendimiento de materia seca del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca rigescens*.

Trat.	Rendimiento de MS (g/maceta)												
	T1 (-2-2)	T2 (2-2)	T3 (-2-2)	T4 (2-2)	T5 (-2-0)	T6 (-1-0)	T7 (1-0)	T8 (2-0)	T9 (0-2)	T10(0-1)	T11 (0 1)	T12 (0 2)	T13 (0 0)
I	11.18	37.00	7.52	22.86	13.56	16.00	19.60	17.84	12.15	17.48	17.89	10.68	17.37
II	9.52	23.59	7.99	24.91	11.11	21.86	21.32	15.85	15.48	13.63	13.17	14.61	17.27
III	11.97	29.14	6.69	25.49	12.96	20.68	19.11	20.14	11.37	17.77	16.96	16.09	19.60
Total	32.66	89.73	22.19	73.26	37.63	58.55	60.04	53.83	39.01	48.88	48.02	41.37	54.25
Prom	10.89	29.91	7.40	24.42	12.54	19.52	20.01	17.94	13.00	16.29	16.01	13.79	18.08

Cuadro 1.5: Resultados del rendimiento de materia seca del primer corte (Inicio de espigado) de la *Poa perligulata*.

Trat.	Rendimiento de MS (g/maceta)												
	T1 (-2-2)	T2 (2-2)	T3 (-2-2)	T4 (2-2)	T5 (-2-0)	T6 (-1-0)	T7 (1-0)	T8 (2-0)	T9 (0-2)	T10(0-1)	T11 (0 1)	T12 (0 2)	T13 (0 0)
I	7.82	10.24	4.88	10.06	9.82	8.12	8.30	9.39	7.86	11.41	10.80	7.86	11.32
II	6.79	10.02	11.06	11.85	9.93	10.19	9.89	9.10	9.54	9.82	7.91	7.69	9.71
III	8.17	13.04	7.01	11.43	4.49	12.17	10.45	9.23	6.72	14.44	11.76	14.63	16.07
Total	22.78	33.30	22.95	33.34	24.24	30.49	28.64	27.72	24.12	35.67	30.47	30.18	37.11
Prom	7.59	11.10	7.65	11.11	8.08	10.16	9.55	9.24	8.04	11.89	10.16	10.06	12.37

Cuadro 1.6: Resultados del rendimiento de materia seca del segundo corte (Grano lechoso) de la *Poa perligulata*.

Trat.	Rendimiento de MS (g/maceta)												
	T1 (-2-2)	T2 (2-2)	T3 (-2-2)	T4 (2-2)	T5 (-2-0)	T6 (-1-0)	T7 (1-0)	T8 (2-0)	T9 (0-2)	T10(0-1)	T11 (0 1)	T12 (0 2)	T13 (0 0)
I	9.41	9.60	6.53	12.30	4.95	10.13	12.72	8.21	6.60	11.72	7.67	6.32	7.88
II	9.80	10.91	9.58	11.35	12.10	11.46	6.93	8.58	11.28	9.67	12.76	10.13	15.77
III	6.82	11.19	10.45	10.21	11.43	9.97	11.61	11.80	10.16	14.26	10.21	10.21	15.21
Total	26.02	31.71	26.57	33.87	28.48	31.56	31.25	28.59	28.04	35.65	30.64	26.66	38.86
Prom	8.67	10.57	8.86	11.29	9.49	10.52	10.42	9.53	9.35	11.88	10.21	8.89	12.95

Cuadro 1.7: Resultados del rendimiento de materia seca del primer corte (Inicio de espigado) de la *Muhlenbergia ligularis*.

Trat.	Rendimiento de MS (g/maceta)												
	T1 (-2 -2)	T2 (2 -2)	T3 (-2 2)	T4 (2 2)	T5 (-2 0)	T6 (-1 0)	T7 (1 0)	T8 (2 0)	T9 (0 -2)	T10 (0 -1)	T11 (0 1)	T12 (0 2)	T13 (0 0)
I	3.58	3.78	2.43	3.24	2.82	5.12	4.43	2.11	2.61	4.86	4.01	3.69	9.20
II	3.23	4.35	3.37	3.01	2.30	3.46	4.99	3.33	2.94	2.94	3.84	3.68	4.66
III	2.89	2.21	3.16	3.67	2.86	3.58	3.78	2.43	2.69	2.94	3.71	3.89	10.06
Total	9.70	10.34	8.96	9.92	7.98	12.16	13.20	7.87	8.24	10.75	11.56	11.26	23.92
Prom	3.23	3.45	2.99	3.31	2.66	4.05	4.40	2.62	2.75	3.58	3.85	3.75	7.97

Cuadro 1.8: Resultados del rendimiento de materia seca del segundo corte (Grano lechoso) de la *Muhlenbergia ligularis*.

Trat.	Rendimiento de MS (g/maceta)												
	T1 (-2 -2)	T2 (2 -2)	T3 (-2 2)	T4 (2 2)	T5 (-2 0)	T6 (-1 0)	T7 (1 0)	T8 (2 0)	T9 (0 -2)	T10 (0 -1)	T11 (0 1)	T12 (0 2)	T13 (0 0)
I	2.22	3.14	7.32	4.01	6.27	9.81	12.31	6.97	5.31	8.71	7.40	7.06	18.77
II	2.96	3.14	8.19	4.01	6.27	8.65	11.15	7.49	5.31	8.19	6.97	6.97	17.90
III	3.48	3.22	6.18	4.01	9.23	11.88	9.87	6.97	9.15	9.41	7.93	8.13	9.50
Total	8.67	9.50	21.69	12.02	21.78	30.35	33.33	21.43	19.77	26.31	22.30	22.16	46.17
Prom	2.89	3.17	7.23	4.01	7.26	10.12	11.11	7.14	6.59	8.77	7.43	7.39	15.39

Cuadro 1.9: Resultados del rendimiento de materia seca del primer corte (Inicio de floración) del *Trifolium amabile*.

Trat.	Rendimiento de MS (g/maceta)												
	T1 (-2 -2)	T2 (2 -2)	T3 (-2 2)	T4 (2 2)	T5 (-2 0)	T6 (-1 0)	T7 (1 0)	T8 (2 0)	T9 (0 -2)	T10 (0 -1)	T11 (0 1)	T12 (0 2)	T13 (0 0)
I	1.37	1.20	0.62	0.73	0.78	0.63	1.01	0.76	0.75	0.83	0.94	0.90	0.62
II	0.99	1.24	0.77	0.71	0.51	0.65	0.79	0.70	0.62	0.63	0.74	0.68	0.82
III	0.73	0.95	0.64	0.63	0.59	0.62	0.72	0.66	0.69	0.69	0.82	0.68	1.48
Total	3.09	3.39	2.04	2.07	1.88	1.90	2.52	2.11	2.07	2.16	2.49	2.26	2.93
Prom	1.03	1.13	0.68	0.69	0.63	0.63	0.84	0.70	0.69	0.72	0.83	0.75	0.98

Cuadro 1.10: Resultados del rendimiento de materia seca del segundo corte (Grano lechoso) del *Trifolium amabile*.

Trat.	Rendimiento de MS (g/maceta)													
	T1 (-2 -2)	T2 (2 -2)	T3 (-2 2)	T4 (2 2)	T5 (-2 0)	T6 (-1 0)	T7 (1 0)	T8 (2 0)	T9 (0 -2)	T10 (0 -1)	T11 (0 1)	T12 (0 2)	T13 (0 0)	
I	6.55	1.36	2.53	2.78	2.11	3.55	4.26	3.94	2.28	3.42	2.95	2.78	5.23	
II	5.18	3.51	2.65	2.55	2.98	2.94	4.69	3.71	3.26	3.68	2.33	1.88	4.97	
III	8.22	4.59	2.74	3.08	2.26	3.39	5.02	2.54	2.28	3.22	2.37	2.78	5.25	
Total	19.96	9.46	7.92	8.41	7.34	9.88	13.97	10.20	7.81	10.32	7.65	7.44	15.44	
Prom	6.65	3.15	2.64	2.80	2.45	3.29	4.66	3.40	2.60	3.44	2.55	2.48	5.15	

Cuadro 02: Resultados de los parámetros de productividad de los cinco pastizales del primer y segundo corte.
Ccarhuaccampa a 4000 msnm - Paras - Cangallo - Ayacucho.

Cuadro 2.1: Promedios generales de los parámetros de productividad de la *Festuca dolichophylla* del primer y segundo corte.

FACTORES DE PRODUCTIVIDAD	PRIMER CORTE											PROMEDIO		
	TRATAMIENTOS													
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11		T12	T13
Rebrote (Rb)	7.00	7.20	7.07	7.43	6.20	7.33	7.40	7.60	6.53	6.60	7.33	6.80	7.13	7.0
Elongación (Elg)	7.33	8.10	7.40	8.17	7.07	7.53	7.53	7.70	6.60	6.90	7.43	7.03	7.67	7.4
Hoja bandera (Hb)	7.17	8.50	7.73	8.57	7.17	8.00	8.50	7.93	7.30	7.33	8.27	7.93	8.07	7.9
Inicio de espigado (Ie)	7.40	8.60	7.70	8.73	7.47	8.40	8.63	8.77	8.57	7.77	9.23	9.10	8.60	8.4
N° de macollos por planta	12.20	15.60	12.07	12.67	14.27	12.33	15.53	15.80	12.53	12.93	16.07	14.13	14.47	13.9
Longitud de lámina foliar (cm)	7.47	8.64	8.57	7.98	7.60	7.09	8.05	9.07	8.56	8.40	8.42	9.57	8.13	8.3
FACTORES DE PRODUCTIVIDAD	SEGUNDO CORTE											PROMEDIO		
	TRATAMIENTOS													
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11		T12	T13
Rebrote (Rb)	6.85	7.40	7.62	7.05	7.13	7.63	7.59	7.33	7.38	6.81	6.91	6.85	7.23	7.2
Elongación (Elg)	12.99	12.99	13.26	12.40	12.37	12.89	13.15	11.95	12.29	12.55	12.54	11.97	12.33	12.6
Inicio de floración (If)	19.42	19.47	20.20	19.93	18.00	17.83	19.17	16.40	18.57	17.67	17.33	17.30	17.37	18.4
Grano lechoso (Gl)	20.00	21.43	21.00	22.13	20.17	21.00	21.67	21.47	21.03	20.83	20.33	21.00	21.67	21.1
N° de macollos por planta	19.67	20.33	13.00	29.33	34.33	20.33	38.67	28.67	27.00	29.00	30.33	23.00	34.67	26.8
Longitud de lámina foliar (cm)	8.24	9.12	8.99	8.44	8.50	8.48	7.92	7.85	7.82	8.02	8.48	8.55	9.39	8.4
Tallo %	42.12	43.64	51.82	51.68	48.43	31.77	48.87	54.26	56.46	52.85	44.33	41.60	35.42	46.40
Relación: Hoja %	57.88	56.36	48.18	48.32	51.57	68.23	51.13	45.74	43.54	47.15	55.67	58.40	64.58	53.60

Cuadro 2.2: Promedios generales de los parámetros de productividad de la *Festuca rigescens* del primer y segundo corte.

PRIMER CORTE														
FACTORES DE PRODUCTIVIDAD	TRATAMIENTOS													
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	PROMEDIO
	(-2 -2)	(2 -2)	(-2 2)	(2 2)	(-2 0)	(-1 0)	(1 0)	(2 0)	(0 -2)	(0 -1)	(0 1)	(0 2)	(0 0)	
Rebrote (Rb)	3.17	3.03	2.37	2.57	2.03	2.81	4.33	3.83	3.73	3.27	3.07	2.37	2.50	3.0
Elongación (Elg)	3.53	3.07	2.75	3.20	2.63	3.85	4.73	4.80	4.27	3.57	3.67	2.93	3.03	3.5
Hoja bandera (Hb)	3.63	3.53	3.27	3.67	3.00	3.93	4.83	4.97	4.53	3.67	3.90	3.00	3.17	3.8
Inicio de espigado (Ie)	3.73	3.93	3.40	3.97	3.13	4.03	4.90	5.47	4.57	3.67	3.97	3.07	3.20	3.9
N° de macollos por planta	21.58	43.71	23.29	44.67	24.04	25.96	40.38	29.17	31.25	24.75	36.88	38.38	42.04	32.8
Longitud de lámina foliar (cm)	3.60	3.38	2.79	2.64	2.36	3.41	3.68	4.13	4.25	3.25	3.31	2.72	2.64	3.2
SEGUNDO CORTE														
Rebrote (Rb)	2.83	2.33	2.27	2.23	2.27	2.79	3.00	3.53	2.79	2.54	2.25	2.19	2.07	2.5
Elongación (Elg)	5.16	4.83	4.63	4.89	4.77	5.33	5.40	5.79	5.32	4.66	4.39	4.42	4.21	4.9
Inicio de floración (If)	5.91	5.99	5.87	5.47	5.54	5.81	5.62	4.97	5.61	4.77	5.33	4.91	5.63	5.5
Grano lechoso (Gl)	6.03	6.71	6.12	7.02	6.13	6.27	6.27	6.28	5.94	5.90	5.75	6.03	6.77	6.2
N° de macollos por planta	45.67	62.67	41.00	72.00	51.67	43.67	41.00	39.33	39.00	47.33	36.00	60.67	52.67	48.7
Longitud de lámina foliar (cm)	3.78	4.20	3.74	4.17	4.10	3.89	3.58	4.11	3.79	3.66	3.51	3.84	3.98	3.9
Tallo %	22.98	83.37	29.61	20.80	36.83	16.46	8.09	27.49	21.54	0.29	25.77	28.02	10.44	25.51
Hoja %	77.02	16.63	70.39	79.20	63.17	83.54	91.91	72.51	78.46	99.71	74.23	71.98	89.56	74.49

Cuadro 2.3: Promedios generales de los parámetros de productividad de la *Poa perigrulata* del primer y segundo corte.

PRIMER CORTE															
FACTORES DE PRODUCTIVIDAD		TRATAMIENTOS												PROMEDIO	
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12		T13
		(-2 -2)	(2 -2)	(-2 2)	(2 2)	(-2 0)	(-1 0)	(1 0)	(2 0)	(0 -2)	(0 -1)	(0 1)	(0 2)		(0 0)
Altura de planta (cm)	Rebrote (Rb)	1.97	2.03	2.30	1.97	1.57	2.33	1.77	1.77	1.97	2.13	2.07	2.03	2.13	2.0
	Elongación (Elg)	2.23	2.13	2.53	2.50	2.17	2.40	2.23	2.37	2.40	2.53	2.37	2.51	2.40	2.4
	Inicio de espigado (Ie)	2.20	2.50	2.50	2.70	2.30	2.57	2.27	2.63	2.43	2.60	2.37	2.67	2.67	2.5
	N° de macollos por planta	19.25	27.21	21.00	30.25	29.33	26.50	27.08	29.67	21.12	24.38	21.42	24.08	29.04	25.4
	Longitud de lámina foliar (cm)	1.99	2.40	2.13	2.44	2.07	2.04	2.24	2.05	2.36	2.30	2.06	2.13	2.21	2.2
SEGUNDO CORTE															
Altura de planta (cm)	Rebrote (Rb)	1.05	1.00	1.17	1.11	0.99	1.07	1.15	1.19	1.23	1.19	1.13	1.27	1.16	1.1
	Elongación (Elg)	2.85	2.71	3.01	3.02	2.65	2.75	2.89	2.58	2.80	2.83	2.79	2.75	2.60	2.8
	Inicio de floración (If)	3.80	4.31	4.09	3.73	3.85	3.59	3.71	3.95	3.85	3.80	4.29	4.36	5.49	4.1
	Grano lechoso (Gl)	4.19	4.43	4.43	4.40	4.41	3.93	3.67	3.88	4.34	4.66	4.41	4.53	5.92	4.4
	N° de macollos por planta	30.07	36.47	28.53	41.73	25.80	39.67	35.20	34.73	30.40	34.87	37.00	41.93	42.47	35.3
	Longitud de lámina foliar (cm)	3.98	3.53	3.68	3.50	3.43	3.67	3.24	3.71	3.76	3.91	3.81	4.20	4.90	3.8
Relación:	Tallo %	20.86	34.66	29.27	13.57	22.09	21.99	13.90	14.50	11.34	7.28	33.16	15.61	5.99	18.79
	Hoja %	79.14	65.34	70.73	86.43	77.91	78.01	86.10	85.50	88.66	92.72	66.84	84.39	94.01	81.21

Cuadro 2.4: Promedios generales de los parámetros de productividad de la *Muhlenbergia ligularis* del primer y segundo corte.

PRIMER CORTE															
FACTORES DE PRODUCTIVIDAD		TRATAMIENTOS												PROMEDIO	
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12		T13
Altura de planta (cm)	Rebrote (Rb)	1.93	2.18	1.97	2.07	1.93	2.07	2.10	1.90	2.05	2.20	2.13	2.10	2.37	2.1
	Elongación (Elg)	2.93	3.63	3.31	3.56	2.68	3.08	2.90	2.61	3.05	2.83	2.93	3.03	2.60	3.0
	Inicio de espigado (Ie)	3.61	4.17	3.26	4.05	3.10	3.18	2.84	2.57	3.52	3.39	3.37	3.81	2.95	3.4
N° de macollos por planta		66.80	71.08	55.89	61.89	45.00	42.83	80.84	36.00	83.40	34.78	53.97	92.25	71.67	61.3
Longitud de lámina foliar (cm)		1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.0
SEGUNDO CORTE															
Altura de planta (cm)	Elongación (Elg)	1.91	2.15	2.19	2.52	2.33	2.11	2.28	2.08	2.46	1.88	2.07	2.44	2.67	2.2
	Grano lechoso (Gl)	2.84	2.55	3.08	1.95	2.81	3.05	3.13	3.03	3.11	2.97	2.64	2.82	3.23	2.9
N° de macollos por planta		81.33	98.00	89.67	64.00	116.00	94.00	120.00	66.33	65.67	107.00	55.33	72.00	120.33	88.4
Longitud de lámina foliar (cm)		1.27	1.32	1.21	1.00	1.28	1.25	1.24	1.19	1.23	1.21	1.29	1.26	1.36	1.2

Cuadro 2.5: Promedios generales de los parámetros de productividad del *Trifolium amabile* del primer y segundo corte.

PRIMER CORTE															
FACTORES DE PRODUCTIVIDAD		TRATAMIENTOS													
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	PROMEDIO
Longitud de planta (cm)		(-2 -2)	(2 -2)	(-2 2)	(2 2)	(-2 0)	(-1 0)	(1 0)	(2 0)	(0 -2)	(0 -1)	(0 1)	(0 2)	(0 0)	
Rebrote (Rb)		1.01	0.87	0.71	0.75	0.61	0.69	0.68	0.89	0.65	0.78	0.81	0.73	0.63	0.8
Elongación (Elg)		1.41	1.31	1.13	1.45	1.33	1.33	1.33	1.24	1.21	1.26	1.21	1.33	1.31	1.3
Inicio de floración (If)		1.70	1.70	1.60	1.63	1.60	1.60	1.43	1.43	1.43	1.60	1.33	1.53	1.61	1.6
N° de tallos por planta		1.80	1.80	1.47	1.70	1.37	1.31	1.70	1.53	1.67	1.43	1.70	1.54	1.67	1.6
Longitud de hoja trifoliada (cm)		1.59	1.67	1.46	1.55	1.52	1.42	1.58	1.57	1.60	1.71	1.41	1.44	1.44	1.5
SEGUNDO CORTE															
Rebrote (Rb)		1.69	2.32	1.91	1.83	2.00	1.77	1.57	2.07	1.80	1.49	1.54	1.51	1.29	1.8
Botón floral (Bfl)		4.70	4.53	4.72	3.53	3.20	3.17	3.31	3.04	2.98	4.18	2.96	2.83	2.17	3.5
Plena floración (Pfl)		5.30	5.25	4.89	4.67	4.33	3.74	3.74	3.23	4.22	4.66	2.99	3.51	2.60	4.1
N° de tallos estoloníferos por planta		9.20	5.60	6.93	6.20	6.27	5.93	5.13	5.67	6.53	4.53	4.80	3.60	7.13	6.0
Longitud de hoja trifoliada (cm)		4.34	4.28	4.00	3.41	3.14	3.04	2.72	2.93	2.72	3.39	2.55	3.44	2.36	3.3
Relación:		60.68	28.28	42.33	29.20	41.18	23.44	51.30	18.60	25.00	26.47	62.38	25.00	31.82	35.82
Hoja %		39.32	71.72	57.67	70.80	58.82	76.56	48.70	81.40	75.00	73.53	37.62	75.00	68.18	64.18

Cuadro 03: Resultados de altura de planta, macollamiento, longitud de lámina foliar, relación: tallo - hoja, al momento del primer y segundo corte de la *Festuca dolichophylla*.

Cuadro 3.1: Resultados de altura de planta, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Festuca dolichophylla*.

Trat.	Altura (cm/maceta)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	8.40	9.10	9.00	8.80	8.50	8.10	9.70	8.60	9.40	8.80	9.10	8.80	7.00
II	6.60	8.00	6.70	8.40	6.80	8.30	7.50	9.90	7.60	7.60	9.40	10.20	9.40
III	7.20	8.70	7.40	9.00	7.10	8.80	8.70	7.80	8.70	6.90	9.20	8.30	9.40
Total	22.20	25.80	23.10	26.20	22.40	25.20	25.90	26.30	25.70	23.30	27.70	27.30	25.80
Prom	7.40	8.60	7.70	8.73	7.47	8.40	8.63	8.77	8.57	7.77	9.23	9.10	8.60

Cuadro 3.2: Resultados de altura de planta, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca dolichophylla*.

Trat.	Altura (cm/maceta)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	21.00	20.30	18.00	23.40	21.00	17.50	20.00	20.40	20.60	21.00	19.00	22.00	25.50
II	18.50	23.00	23.50	22.00	19.50	27.50	25.00	20.00	25.50	19.50	17.00	19.00	20.50
III	20.50	21.00	21.50	21.00	20.00	18.00	20.00	24.00	17.00	22.00	25.00	22.00	19.00
Total	60.00	64.30	63.00	66.40	60.50	63.00	65.00	64.40	63.10	62.50	61.00	63.00	65.00
Prom	20.00	21.43	21.00	22.13	20.17	21.00	21.67	21.47	21.03	20.83	20.33	21.00	21.67

Cuadro 3.3: Resultados de macollamiento, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Festuca dolichophylla*.

Trat.	N° Macollos/mata												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	12.20	21.60	13.00	12.20	14.20	14.80	13.00	16.60	11.60	9.20	14.00	10.00	16.60
II	13.60	14.40	9.60	12.80	15.20	9.80	16.80	12.80	10.40	14.00	15.80	13.60	12.80
III	10.80	10.80	13.60	13.00	13.40	12.40	16.80	18.00	15.60	15.60	18.40	18.80	14.00
Total	36.60	46.80	36.20	38.00	42.80	37.00	46.60	47.40	37.60	38.80	48.20	42.40	43.40
Prom	12.20	15.60	12.07	12.67	14.27	12.33	15.53	15.80	12.53	12.93	16.07	14.13	14.47

Cuadro 3.4: Resultados de macollamiento, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca dolichophylla*.

Trat.	N° Macollos/mata												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	19.00	35.00	14.00	30.00	32.00	13.00	33.00	27.00	19.00	27.00	30.00	25.00	30.00
II	26.00	10.00	13.00	32.00	37.00	15.00	43.00	25.00	29.00	31.00	24.00	21.00	38.00
III	14.00	16.00	12.00	26.00	34.00	33.00	40.00	34.00	33.00	29.00	37.00	23.00	36.00
Total	59.00	61.00	39.00	88.00	103.0	61.00	116.0	86.00	81.00	87.00	91.00	69.00	104.0
Prom	19.67	20.33	13.00	29.33	34.33	20.33	38.67	28.67	27.00	29.00	30.33	23.00	34.67

Cuadro 3.5: Resultados de longitud de lámina foliar, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Festuca dolichophylla*.

Trat.	Longitud de lámina foliar (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	6.40	8.35	8.63	6.48	7.17	8.03	6.95	8.66	8.59	8.67	8.26	7.98	7.85
II	6.20	8.26	7.95	8.00	6.37	6.60	7.95	10.30	8.82	7.78	9.73	10.86	9.03
III	9.82	9.30	9.12	9.46	9.26	6.65	9.24	8.25	8.28	8.75	7.27	9.88	7.51
Total	22.42	25.91	25.70	23.94	22.80	21.28	24.14	27.21	25.69	25.20	25.26	28.72	24.39
Prom	7.47	8.64	8.57	7.98	7.60	7.09	8.05	9.07	8.56	8.40	8.42	9.57	8.13

Cuadro 3.6: Resultados de longitud de lámina foliar, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca dolichophylla*.

Trat.	Longitud de lámina foliar (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	8.75	8.62	9.12	8.03	8.09	8.95	8.19	7.81	8.28	7.97	8.68	9.14	9.33
II	6.57	10.04	9.66	9.21	8.51	8.42	8.44	8.19	8.21	9.08	10.53	8.51	10.34
III	9.41	8.70	8.19	8.08	8.90	8.08	7.12	7.55	6.96	7.02	6.22	8.01	8.51
Total	24.73	27.36	26.97	25.32	25.50	25.45	23.75	23.55	23.45	24.07	25.43	25.66	28.18
Prom	8.24	9.12	8.99	8.44	8.50	8.48	7.92	7.85	7.82	8.02	8.48	8.55	9.39

Cuadro 3.7: Resultados de Relación: Tallo: Hoja, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca dolichophylla*.

Trat.	Relación: Tallo-Hoja (%)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Tallo	42.12	43.64	51.82	51.68	48.43	31.77	48.87	54.26	56.46	52.85	44.33	41.60	35.42
Hoja	57.88	56.36	48.18	48.32	51.57	68.23	51.13	45.74	43.54	47.15	55.67	58.40	64.58
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Cuadro 04: Resultados de altura de planta, macollamiento, longitud de lámina foliar, relación: tallo - hoja al momento del primer y segundo corte de la *Festuca rigescens*.

Cuadro 4.1: Resultados de altura de planta, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Festuca rigescens*.

Trat.	Altura (cm/maceta)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	3.90	4.10	3.80	3.30	3.20	3.10	4.40	5.30	5.10	3.60	3.80	3.20	3.20
II	3.90	3.70	3.50	5.30	3.40	4.30	5.40	6.60	4.02	3.40	4.30	2.50	2.80
III	3.40	4.00	2.90	3.30	2.80	4.70	4.90	4.50	4.60	4.00	3.80	3.50	3.60
Total	11.20	11.80	10.20	11.90	9.40	12.10	14.70	16.40	13.72	11.00	11.90	9.20	9.60
Prom	3.73	3.93	3.40	3.97	3.13	4.03	4.90	5.47	4.57	3.67	3.97	3.07	3.20

Cuadro 4.2: Resultados de altura de planta, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca rigescens*.

Trat.	Altura (cm/maceta)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	5.84	6.90	5.50	5.70	6.10	5.90	6.20	6.40	5.70	5.60	6.00	6.00	6.30
II	5.90	6.52	6.96	7.84	6.50	6.00	6.20	6.90	5.50	6.10	5.50	5.50	6.20
III	6.34	6.70	5.90	7.52	5.80	6.92	6.40	5.54	6.62	6.00	5.76	6.60	7.80
Total	18.08	20.12	18.36	21.06	18.40	18.82	18.80	18.84	17.82	17.70	17.26	18.10	20.30
Prom	6.03	6.71	6.12	7.02	6.13	6.27	6.27	6.28	5.94	5.90	5.75	6.03	6.77

Cuadro 4.3: Resultados de macollamiento, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Festuca rigescens*.

Trat.	N° Macollos/mata												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	27.63	49.38	24.13	35.25	20.25	27.50	49.88	39.50	36.38	29.75	46.88	37.88	38.75
II	22.00	48.00	28.00	47.50	30.13	21.63	24.13	27.25	27.13	31.13	25.88	35.50	35.88
III	15.13	33.75	17.75	51.25	21.75	28.75	47.13	20.75	30.25	13.38	37.88	41.75	51.50
Total	64.8	131.1	69.9	134.0	72.1	77.9	121.1	87.5	93.8	74.3	110.6	115.1	126.1
Prom	21.58	43.71	23.29	44.67	24.04	25.96	40.38	29.17	31.25	24.75	36.88	38.38	42.04

Cuadro 4.4: Resultados de macollamiento, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca rigescens*.

Trat.	N° Macollos/mata												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	64.00	60.00	42.00	80.00	46.00	47.00	36.00	35.00	47.00	32.00	29.00	69.00	67.00
II	24.00	62.00	43.00	69.00	64.00	34.00	44.00	37.00	30.00	58.00	29.00	48.00	50.00
III	49.00	66.00	38.00	67.00	45.00	50.00	43.00	46.00	40.00	52.00	50.00	65.00	41.00
Total	137.0	188.0	123.0	216.0	155.0	131.0	123.0	118.0	117.0	142.0	108.0	182.0	158.0
Prom	45.67	62.67	41.00	72.00	51.67	43.67	41.00	39.33	39.00	47.33	36.00	60.67	52.67

Cuadro 4.5: Resultados de longitud de lámina foliar, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Festuca rigescens*.

Trat.	Longitud de lámina foliar (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	3.84	3.24	2.72	2.25	2.04	2.45	2.90	4.03	4.06	3.85	2.48	2.92	2.74
II	3.00	4.15	2.72	3.36	2.57	3.74	4.33	3.86	4.97	3.00	3.04	2.48	2.64
III	3.96	2.74	2.92	2.32	2.46	4.04	3.81	4.50	3.72	2.89	4.40	2.76	2.54
Total	10.80	10.13	8.36	7.93	7.07	10.23	11.04	12.39	12.75	9.74	9.92	8.16	7.92
Prom	3.60	3.38	2.79	2.64	2.36	3.41	3.68	4.13	4.25	3.25	3.31	2.72	2.64

Cuadro 4.6: Resultados de longitud de lámina foliar, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca rigescens*.

Trat.	Longitud de lámina foliar (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	3.55	3.76	3.20	3.64	4.02	2.48	3.73	4.03	3.72	3.53	3.12	3.66	3.95
II	4.10	4.34	3.82	5.08	3.89	4.40	4.30	4.39	4.24	3.75	4.21	3.26	3.30
III	3.70	4.50	4.20	3.80	4.40	4.80	2.70	3.90	3.40	3.70	3.20	4.60	4.70
Total	11.35	12.60	11.22	12.52	12.31	11.68	10.73	12.32	11.36	10.98	10.53	11.52	11.95
Prom	3.78	4.20	3.74	4.17	4.10	3.89	3.58	4.11	3.79	3.66	3.51	3.84	3.98

Cuadro 4.7: Resultados de Relación: Tallo: Hoja, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca rigescens*.

Trat	Relación: Tallo-Hoja (%)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Tallo	22.98	83.37	29.61	20.80	36.83	16.46	8.09	27.49	21.54	0.29	25.77	28.02	10.44
Hoja	77.02	16.63	70.39	79.20	63.17	83.54	91.91	72.51	78.46	99.71	74.23	71.98	89.56
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Cuadro 05: Resultados de altura de planta, macollamiento, longitud de lámina foliar, relación: tallo - hoja, al momento del primer y segundo corte de la *Poa perligulata*.

Cuadro 5.1: Resultados de altura de planta, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Poa perligulata*.

Trat.	Altura (cm/maceta)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	2.20	2.60	2.50	2.70	2.40	2.30	2.60	3.00	2.40	2.40	2.30	2.30	2.50
II	2.30	2.40	2.60	2.60	2.20	2.60	2.20	2.00	2.60	2.40	2.60	2.80	2.80
III	2.10	2.50	2.40	2.80	2.30	2.80	2.00	2.90	2.30	3.00	2.20	2.90	2.70
Total	6.60	7.50	7.50	8.10	6.90	7.70	6.80	7.90	7.30	7.80	7.10	8.00	8.00
Prom	2.20	2.50	2.50	2.70	2.30	2.57	2.27	2.63	2.43	2.60	2.37	2.67	2.67

Cuadro 5.2: Resultados de altura de planta, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Poa perligulata*.

Trat.	Altura (cm/maceta)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	4.34	4.30	4.10	4.34	4.90	3.60	4.14	3.60	4.24	4.90	3.32	3.58	5.36
II	4.54	4.44	4.48	4.04	4.20	4.10	3.38	3.94	4.28	4.34	4.14	5.02	5.98
III	3.68	4.56	4.72	4.82	4.12	4.10	3.48	4.10	4.50	4.74	5.76	5.00	6.42
Total	12.56	13.30	13.30	13.20	13.22	11.80	11.00	11.64	13.02	13.98	13.22	13.60	17.76
Prom	4.19	4.43	4.43	4.40	4.41	3.93	3.67	3.88	4.34	4.66	4.41	4.53	5.92

Cuadro 5.3: Resultados de macollamiento, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Poa perligulata*.

Trat.	N° Macollos/mata												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	23.63	27.50	17.88	31.50	15.00	19.38	24.63	27.50	19.63	23.63	21.88	20.25	30.63
II	16.50	27.63	25.00	20.25	47.50	31.63	30.63	31.50	23.88	19.25	16.63	20.75	25.00
III	17.63	26.50	20.13	39.00	25.50	28.50	26.00	30.00	19.86	30.25	25.75	31.25	31.50
Total	57.75	81.63	63.00	90.75	88.00	79.50	81.25	89.00	63.36	73.13	64.25	72.25	87.13
Prom	19.25	27.21	21.00	30.25	29.33	26.50	27.08	29.67	21.12	24.38	21.42	24.08	29.04

Cuadro 5.4: Resultados de macollamiento, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Poa periglulata*.

Trat.	N° Macollos/mata												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	29.40	41.00	23.80	37.40	26.20	51.60	35.60	33.00	37.20	45.00	35.20	44.40	48.80
II	30.00	26.80	31.20	44.80	23.40	29.00	35.80	44.80	32.00	37.20	42.40	40.80	42.40
III	30.80	41.60	30.60	43.00	27.80	38.40	34.20	26.40	22.00	22.40	33.40	40.60	36.20
Total	90.2	109.4	85.6	125.2	77.4	119.0	105.6	104.2	91.2	104.6	111.0	125.8	127.4
Prom	30.07	36.47	28.53	41.73	25.80	39.67	35.20	34.73	30.40	34.87	37.00	41.93	42.47

Cuadro 5.5: Resultados de longitud de lámina foliar, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Poa periglulata*.

Trat.	Longitud de lámina foliar (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	1.69	2.72	1.88	2.43	1.55	1.97	1.92	2.02	1.91	1.80	1.91	2.37	2.02
II	2.42	1.94	2.50	2.57	2.50	2.33	2.27	2.05	2.80	2.14	1.74	1.92	2.02
III	1.86	2.53	2.01	2.31	2.15	1.83	2.53	2.07	2.37	2.97	2.52	2.11	2.60
Total	5.97	7.19	6.39	7.31	6.20	6.13	6.72	6.14	7.08	6.91	6.17	6.40	6.64
Prom	1.99	2.40	2.13	2.44	2.07	2.04	2.24	2.05	2.36	2.30	2.06	2.13	2.21

Cuadro 5.6: Resultados de longitud de lámina foliar, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Poa periglulata*.

Trat.	Longitud de lámina foliar (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	3.94	3.46	3.62	3.36	3.27	3.37	3.36	3.57	3.57	3.72	3.67	3.78	4.79
II	3.96	3.52	3.79	3.79	3.72	4.05	3.17	3.62	3.88	4.25	4.11	3.84	4.47
III	4.03	3.60	3.62	3.36	3.29	3.59	3.19	3.93	3.82	3.77	3.66	4.97	5.44
Total	11.93	10.58	11.03	10.51	10.28	11.01	9.72	11.12	11.27	11.74	11.44	12.59	14.70
Prom	3.98	3.53	3.68	3.50	3.43	3.67	3.24	3.71	3.76	3.91	3.81	4.20	4.90

Cuadro 5.7: Resultados de Relación: Tallo: Hoja, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Poa periglulata*.

Trat.	Relación: Tallo-Hoja (%)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Tallo	20.86	34.66	29.27	13.57	22.09	21.99	13.90	14.50	11.34	7.28	33.16	15.61	5.99
Hoja	79.14	65.34	70.73	86.43	77.91	78.01	86.10	85.50	88.66	92.72	66.84	84.39	94.01
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Cuadro 06: Resultados de altura de planta, macollamiento, longitud de lámina foliar, relación: tallo: hoja, al momento del primer y segundo corte de la *Muhlenbergia ligularis*.

Cuadro 6.1: Resultados de altura de planta, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Muhlenbergia ligularis*.

Trat.	Altura (cm/maceta)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	3.58	3.70	3.50	3.50	1.63	3.60	2.93	2.30	2.73	3.00	2.22	4.40	3.05
II	4.26	4.93	3.40	5.25	4.00	3.50	3.00	2.50	3.50	3.10	4.00	4.25	2.52
III	3.00	3.88	2.87	3.40	3.67	2.44	2.60	2.90	4.34	4.07	3.90	2.77	3.28
Total	10.84	12.50	9.77	12.15	9.30	9.54	8.53	7.70	10.57	10.17	10.12	11.42	8.85
Prom	3.61	4.17	3.26	4.05	3.10	3.18	2.84	2.57	3.52	3.39	3.37	3.81	2.95

Cuadro 6.2: Resultados de altura de planta, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Muhlenbergia ligularis*.

Trat.	Altura (cm/maceta)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	2.98	2.30	3.33	0.50	2.67	3.25	3.73	3.25	3.67	3.50	3.33	3.25	3.72
II	2.90	2.50	3.00	0.50	2.60	2.93	2.93	2.90	2.75	2.50	2.50	2.30	3.12
III	2.63	2.85	2.90	2.45	3.17	2.96	2.73	2.95	2.90	2.90	2.10	2.90	2.85
Total	8.51	7.65	9.23	3.45	8.43	9.14	9.39	9.10	9.32	8.90	7.93	8.45	9.69
Prom	2.84	2.55	3.08	1.15	2.81	3.05	3.13	3.03	3.11	2.97	2.64	2.82	3.23

Cuadro 6.3: Resultados de macollamiento, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Muhlenbergia ligularis*.

Trat.	N° Macollos/mata												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	67.0	73.0	66.0	63.3	37.0	62.7	88.3	41.0	83.0	44.0	39.4	100.3	81.4
II	77.4	94.3	58.3	68.7	55.0	33.3	104.2	35.0	72.0	29.3	72.0	99.0	37.6
III	56.0	46.0	43.3	53.7	43.0	32.5	50.0	32.0	95.2	31.0	50.5	77.5	96.0
Total	200.4	213.3	167.7	185.7	135.0	128.5	242.5	108.0	250.2	104.3	161.9	276.8	215.0
Prom	66.80	71.08	55.89	61.89	45.00	42.83	80.84	36.00	83.40	34.78	53.97	92.25	71.67

Cuadro 6.4: Resultados de macollamiento, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Muhlenbergia ligularis*.

Trat.	N° Macollos/mata												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	88.0	118.0	115.0	64.0	121.0	107.0	69.0	73.0	85.0	91.0	81.0	52.0	117.0
II	57.0	93.0	101.0	64.0	104.0	108.0	168.0	54.0	59.0	103.0	48.0	86.0	132.0
III	99.0	83.0	53.0	64.0	123.0	67.0	123.0	72.0	53.0	127.0	37.0	78.0	112.0
Total	244.0	294.0	269.0	192.0	348.0	282.0	360.0	199.0	197.0	321.0	166.0	216.0	361.0
Prom	81.3	98.0	89.7	64.0	116.0	94.0	120.0	66.3	65.7	107.0	55.3	72.0	120.3

Cuadro 6.5: Resultados de longitud de lámina foliar, del primer corte (Inicio de espigado) de la *Muhlenbergia ligularis*.

Trat.	Longitud de lámina foliar (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	0.85	0.89	1.02	1.12	0.52	0.88	0.86	1.00	0.91	1.12	0.91	1.20	1.02
II	1.19	1.30	1.22	1.12	1.20	1.05	0.96	1.00	0.83	1.06	1.15	1.12	0.75
III	1.00	1.05	1.18	1.04	1.11	1.24	1.20	0.97	1.50	0.93	1.04	1.06	0.93
Total	3.04	3.24	3.42	3.28	2.83	3.17	3.02	2.97	3.24	3.11	3.10	3.38	2.70
Prom	1.01	1.08	1.14	1.09	0.94	1.06	1.01	0.99	1.08	1.04	1.03	1.13	0.90

Cuadro 6.6: Resultados de longitud de lámina foliar, del segundo corte (Grano lechoso) de la *Muhlenbergia ligularis*.

Trat.	Longitud de lámina foliar (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	1.41	1.40	1.10	0.50	1.44	1.22	1.30	1.45	1.44	1.50	1.44	1.51	1.46
II	1.20	1.22	1.17	1.00	1.12	1.31	1.24	1.15	1.08	1.08	1.19	0.98	1.35
III	1.21	1.33	1.35	1.04	1.29	1.22	1.19	0.96	1.18	1.06	1.24	1.28	1.26
Total	3.82	3.95	3.62	2.54	3.85	3.75	3.73	3.56	3.70	3.64	3.87	3.77	4.07
Prom	1.27	1.32	1.21	0.85	1.28	1.25	1.24	1.19	1.23	1.21	1.29	1.26	1.36

Cuadro 07: Resultados de longitud de planta, macollamiento, longitud de hoja trifoliada, relación: tallo - hoja, al momento del primer y segundo corte del *Trifolium amabile*.

Cuadro 7.1: Resultados de longitud de planta, del primer corte (Inicio de espigado) del *Trifolium amabile*.

Trat.	Longitud de planta (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	1.40	1.70	1.70	1.80	1.70	1.80	1.90	1.60	1.50	1.60	1.60	1.30	1.50
II	1.70	1.60	1.30	1.60	1.70	1.50	1.20	1.30	1.20	1.70	1.20	2.00	1.62
III	2.00	1.80	1.80	1.50	1.40	1.50	1.20	1.40	1.60	1.50	1.20	1.30	1.70
Total	5.10	5.10	4.80	4.90	4.80	4.80	4.30	4.30	4.30	4.80	4.00	4.60	4.82
Prom	1.70	1.70	1.60	1.63	1.60	1.60	1.43	1.43	1.43	1.60	1.33	1.53	1.61

Cuadro 7.2: Resultados de longitud de planta, del segundo corte (Grano lechoso) del *Trifolium amabile*.

Trat.	Longitud de planta (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	5.50	5.84	4.86	4.76	3.00	3.54	3.24	2.88	2.68	5.66	3.04	4.86	2.48
II	4.88	5.70	3.16	4.60	4.00	4.02	4.20	3.74	4.64	5.18	3.54	3.18	2.74
III	5.52	4.20	6.64	4.64	5.98	3.66	3.78	3.06	5.34	3.14	2.38	2.50	2.58
Total	15.90	15.74	14.66	14.00	12.98	11.22	11.22	9.68	12.66	13.98	8.96	10.54	7.80
Prom	5.30	5.25	4.89	4.67	4.33	3.74	3.74	3.23	4.22	4.66	2.99	3.51	2.60

Cuadro 7.3: Resultados de macollamiento, del primer corte (Inicio de espigado) del *Trifolium amabile*.

Trat.	N° tallos estoloníferos/planta												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	1.20	1.90	1.20	1.80	1.60	1.30	1.50	1.67	1.70	1.50	1.80	2.10	1.20
II	1.80	2.00	2.00	1.90	1.20	1.50	1.80	1.70	1.80	1.30	1.70	1.30	2.00
III	2.40	1.50	1.20	1.40	1.30	1.14	1.80	1.22	1.50	1.50	1.60	1.22	1.80
Total	5.40	5.40	4.40	5.10	4.10	3.94	5.10	4.59	5.00	4.30	5.10	4.62	5.00
Prom	1.80	1.80	1.47	1.70	1.37	1.31	1.70	1.53	1.67	1.43	1.70	1.54	1.67

Cuadro 7.4: Resultados de macollamiento, del segundo corte (Grano lechoso) del *Trifolium amabile*.

Trat.	N° tallos estoloníferos/planta												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	8.00	4.60	7.60	4.80	3.40	6.20	5.80	6.00	6.40	3.60	4.40	3.40	7.20
II	9.80	5.60	6.40	7.60	8.00	5.60	5.00	5.00	5.40	3.40	4.80	3.20	7.20
III	9.80	6.60	6.80	6.20	7.40	6.00	4.60	6.00	7.80	6.60	5.20	4.20	7.00
Total	27.60	16.80	20.80	18.60	18.80	17.80	15.40	17.00	19.60	13.60	14.40	10.80	21.40
Prom	9.20	5.60	6.93	6.20	6.27	5.93	5.13	5.67	6.53	4.53	4.80	3.60	7.13

Cuadro 7.5: Resultados de longitud de hoja trifoliada, del primer corte (Inicio de espigado) del *Trifolium amabile*.

Trat.	Longitud de la hoja trifoliada (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	1.67	1.54	1.50	1.61	1.59	1.43	1.58	1.60	1.59	1.66	1.64	1.60	1.38
II	1.79	1.55	1.21	1.61	1.55	1.48	1.65	1.70	1.64	1.48	1.46	1.48	1.31
III	1.31	1.91	1.66	1.44	1.41	1.35	1.50	1.41	1.57	2.00	1.13	1.25	1.64
Total	4.77	5.00	4.37	4.66	4.55	4.26	4.73	4.71	4.80	5.14	4.23	4.33	4.33
Prom	1.59	1.67	1.46	1.55	1.52	1.42	1.58	1.57	1.60	1.71	1.41	1.44	1.44

Cuadro 7.6: Resultados de longitud de hoja trifoliada, del segundo corte (Grano lechoso) del *Trifolium amabile*.

Trat.	Longitud de hoja trifoliada (cm)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
I	4.41	5.56	3.46	3.34	2.43	3.01	2.92	2.85	2.70	2.87	2.80	4.66	2.18
II	3.85	4.09	4.03	3.18	2.76	3.50	2.42	3.38	3.02	4.83	2.57	3.38	2.20
III	4.76	3.19	4.52	3.71	4.24	2.60	2.83	2.56	2.44	2.46	2.28	2.27	2.69
Total	13.02	12.84	12.01	10.23	9.43	9.11	8.17	8.79	8.16	10.16	7.65	10.31	7.07
Prom	4.34	4.28	4.00	3.41	3.14	3.04	2.72	2.93	2.72	3.39	2.55	3.44	2.36

Cuadro 7.7: Resultados de Relación: Tallo: Hoja, del segundo corte (Grano lechoso) del *Trifolium amabile*.

Trat.	Relación: Tallo-Hoja (%)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Tallo	60.68	28.28	42.33	29.20	41.18	23.44	51.30	18.60	25.00	26.47	62.38	25.00	31.82
Hoja	39.32	71.72	57.67	70.80	58.82	76.56	48.70	81.40	75.00	73.53	37.62	75.00	68.18
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Cuadro 08: Cuadros de análisis de variancia del rendimiento de materia seca del primer y segundo corte de los cinco pastizales. Ccarhuaccpampa a 4000 msnm-Paras-Cangallo-Ayacucho.

Cuadro 8.1: Análisis de variancia del Rendimiento de Materia Seca del primer corte (Inicio de espigado) de la *Festuca dolichophylla*.

FUENTES	GL	SC	CM	Fc	0.05	0.01	SIGNIFICACIÓN
Bloques	2	22.586	11.293	2.253	3.40	5.61	ns
Tratamientos	12	58.244	4.854	0.968	2.18	3.03	ns
Error	24	120.292	5.012				
Total	38	201.122					

CV **26.39 %**

Cuadro 8.2: Análisis de variancia del Rendimiento de Materia Seca del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca dolichophylla*.

FUENTES	GL	SC	CM	Fc	0.05	0.01	SIGNIFICACIÓN
Bloques	2	18.28	9.139	0.489	3.40	5.61	ns
Tratamientos	12	2182.70	181.892	9.738	2.18	3.03	**
Error	24	448.28	18.678				
Total	38	2649.26					

CV **15.53 %**

Cuadro 8.3: Análisis de variancia del Rendimiento de Materia Seca del primer corte (Inicio de espigado) de la *Festuca rigescens*.

FUENTES	GL	SC	CM	Fc	0.05	0.01	SIGNIFICACIÓN
Bloques	2	20.32	10.158	1.793	3.40	5.61	ns
Tratamientos	12	314.00	26.167	4.619	2.18	3.03	**
Error	24	135.97	5.665				
Total	38	470.28					

CV **16.77 %**

Cuadro 8.4: Análisis de variancia del Rendimiento de Materia Seca del segundo corte (Grano lechoso) de la *Festuca rigescens*.

FUENTES	GL	SC	CM	Fc	0.05	0.01	SIGNIFICACIÓN
Bloques	2	12.20	6.089	0.846	3.40	5.61	ns
Tratamientos	12	1248.68	104.057	14.456	2.18	3.03	**
Error	24	172.76	7.198				
Total	38	1433.62					

CV **15.87 %**

Cuadro 8.5: Análisis de variancia del Rendimiento de Materia Seca del primer corte (Inicio de espigado) de la *Poa perigulata*.

FUENTES	GL	SC	CM	Fc	0.05	0.01	SIGNIFICACIÓN
Bloques	2	19.61	9.8026	2.045	3.40	5.61	ns
Tratamientos	12	91.88	7.6563	1.597	2.18	3.03	ns
Error	24	115.04	4.7934				
Total	38	226.52					

CV **22.41 %**

Cuadro 8.6: Análisis de variancia del Rendimiento de Materia Seca del segundo corte (Grano lechoso) de la *Poa perigulata*.

FUENTES	GL	SC	CM	Fc	0.05	0.01	SIGNIFICACIÓN
Bloques	2	40.32	20.158	4.018	3.40	5.61	*
Tratamientos	12	58.25	4.854	0.968	2.18	3.03	ns
Error	24	120.41	5.017				
Total	38	218.97					

CV **21.95 %**

Cuadro 8.7: Análisis de variancia del Rendimiento de Materia Seca del primer corte (Inicio de espigado) de la *Muhlenbergia ligularis*.

FUENTES	GL	SC	CM	Fc	0.05	0.01	SIGNIFICACIÓN
Bloques	2	1.35	0.675	0.649	3.40	5.61	ns
Tratamientos	12	68.96	5.747	5.530	2.18	3.03	**
Error	24	24.94	1.039				
Total	38	95.25					

CV **27.26 %**

Cuadro 8.8: Análisis de variancia del Rendimiento de Materia Seca del segundo corte (Grano lechoso) de la *Muhlenbergia ligularis*.

FUENTES	GL	SC	CM	Fc	0.05	0.01	SIGNIFICACIÓN
Bloques	2	0.20	0.098	0.029	3.40	5.61	ns
Tratamientos	12	411.07	34.256	10.109	2.18	3.03	**
Error	24	81.33	3.389				
Total	38	492.59					

CV **24.30 %**

Cuadro 8.9: Análisis de variancia del Rendimiento de Materia Seca del primer corte (Inicio de floración) del *Trifolium amabile*.

FUENTES	GL	SC	CM	Fc	0.05	0.01	SIGNIFICACIÓN
Bloques	2	0.08	0.042	1.288	3.40	5.61	ns
Tratamientos	12	0.93	0.077	2.396	2.18	3.03	*
Error	24	0.77	0.032				
Total	38	1.78					

CV **22.66 %**

Cuadro 8.10: Análisis de variancia del Rendimiento de Materia Seca del segundo corte (Grano lechoso) del *Trifolium amabile*.

FUENTES	GL	SC	CM	Fc	0.05	0.01	SIGNIFICACIÓN
Bloques	2	0.71	0.357	0.653	3.40	5.61	ns
Tratamientos	12	57.73	4.811	8.809	2.18	3.03	**
Error	24	13.11	0.546				
Total	38	71.56					

CV **21.22 %**

Cuadro 09: Resultados del contenido de N y S en el tejido vegetal de los pastizales, con los que se determinaron el CAU (%) del nitrato de amonio y sulfato potasio, en los dos estados fenológicos: inicio de espigado y grano lechoso.

X_i	N	S	N	S
	(kg.ha⁻¹): m_{Ha} = 2*10⁶kg		(g/mac): m_{mac} =12.5 kg.	
-2	0	0	0	0
-1	75	15	0.4688	0.0938
0	150	30	0.9375	0.1875
1	225	45	1.4063	0.2813
2	300	60	1.8750	0.3750

Cuadro 9.1: CAU del N y S de la *Festuca dolichophylla* de los dos estados fenológicos (Inicio espigado y grano lechoso).

Trat.	Nivel codificado		Nivel de abonamiento (g/maceta)	Rdto MS (g/maceta)	Extracción planta		Q - Extracción (g/maceta)		CAU	
	X ₁	X ₂			N (%)	S (%)	N	S	N (%)	S (%)
T ₅	-2	0	0	7.276	2.66		0.1935			
T ₆	-1	0	0.469	8.876	2.94		0.2610		14.3865	
T ₁₃	0	0	0.938	9.056	2.80		0.2536		6.4029	
T ₇	1	0	1.406	9.211	2.52		0.2321		2.7438	
T ₈	2	0	1.875	9.342	3.22		0.3008		5.7223	
T ₉	0	-2	0.938	6.535		0.220		0.0144		
T ₁₀	0	-1	0.938	7.323		0.218		0.0160		1.6941
T ₁₃	0	0	0.938	9.056		0.212		0.0192		2.5713
T ₁₁	0	1	0.938	10.358		0.213		0.0221		2.7326
T ₁₂	0	2	0.938	9.796		0.194		0.0190		1.2342

Trat.	Nivel codificado		Nivel de abonamiento (g/maceta)	Rdto MS (g/maceta)	Extracción planta		Q - Extracción (g/maceta)		CAU	
	X ₁	X ₂			N (%)	S (%)	N	S	N (%)	S (%)
T ₅	-2	0	0	26.834	2.28		0.805352			
T ₆	-1	0	0.469	36.560	1.96		0.977549		36.7353	
T ₁₃	0	0	0.938	39.803	1.68		0.922244		12.4684	
T ₇	1	0	1.406	37.438	1.64		0.846104		2.8979	
T ₈	2	0	1.875	34.818	1.40		0.788269		-0.9111	
T ₉	0	-2	0.938	17.920		0.150		0.041257		
T ₁₀	0	-1	0.938	26.747		0.127		0.049934		9.2557
T ₁₃	0	0	0.938	39.803		0.149		0.078504		19.8653
T ₁₁	0	1	0.938	26.606		0.150		0.061971		7.3652
T ₁₂	0	2	0.938	21.454		0.169		0.055262		3.7349

Cuadro 9.2: CAU del N y S de la *Festuca rigescens* de los dos estados fenológicos (Inicio espigado y grano lechoso).

Trat.	Nivel codificado		Nivel de abonamiento (g/maceta)	Rdto MS (g/maceta)	Extracción planta		Q - Extracción (g/maceta)		CAU	
	X ₁	X ₂			N (%)	S (%)	N	S	N (%)	S (%)
T ₅	-2	0	0	0.188	11.658	2.24		0.261147		
T ₆	-1	0	0.469	0.188	12.050	2.52		0.303669		9.0713
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	15.433	2.24		0.345703		9.0193
T ₇	1	0	1.406	0.188	16.087	2.66		0.427901		11.8581
T ₈	2	0	1.875	0.188	15.041	2.80		0.421153		8.5336
T ₉	0	-2	0.938	0	14.969		0.102		0.015268	
T ₁₀	0	-1	0.938	0.094	11.796		0.135		0.015925	0.7008
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	15.433		0.142		0.021915	3.5452
T ₁₁	0	1	0.938	0.281	12.399		0.135		0.016738	0.5228
T ₁₂	0	2	0.938	0.375	13.488		0.146		0.019692	1.1798

Trat.	Nivel codificado		Nivel de abonamiento (g/maceta)	Rdto MS (g/maceta)	Extracción planta		Q - Extracción (g/maceta)		CAU	
	X ₁	X ₂			N (%)	S (%)	N	S	N (%)	S (%)
T ₅	-2	0	0	0.188	12.543	2.66		0.59479		
T ₆	-1	0	0.469	0.188	19.516	2.38		0.768142		36.9817
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	18.082	2.66		0.826679		24.7348
T ₇	1	0	1.406	0.188	20.012	2.10		0.848147		18.0165
T ₈	2	0	1.875	0.188	17.942	2.24		0.823049		12.1738
T ₉	0	-2	0.938	0	13.003		0.117		0.030482	
T ₁₀	0	-1	0.938	0.094	16.295		0.121		0.035641	5.5035
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	18.082		0.141		0.04741	9.0285
T ₁₁	0	1	0.938	0.281	16.008		0.147		0.04027	3.4801
T ₁₂	0	2	0.938	0.375	13.790		0.131		0.037757	1.9399

Cuadro 9.3: CAU del N y S de la *Poa perigrulata* de los dos estados fenológicos (Inicio espigado y grano lechoso).

Trat.	Nivel codificado		Nivel de abonamiento (g/maceta)	Rdto MS (g/maceta)	Extracción planta		Q - Extracción (g/maceta)		CAU	
	X ₁	X ₂			N (%)	S (%)	N	S	N (%)	S (%)
T ₅	-2	0	0	0.188	8.080	2.24		0.180982		
T ₆	-1	0	0.469	0.188	10.163	1.96		0.199194		3.8852
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	12.370	3.36		0.415625		25.0285
T ₇	1	0	1.406	0.188	9.546	2.94		0.28065		7.0875
T ₈	2	0	1.875	0.188	9.241	3.36		0.310499		6.9076
T ₉	0	-2	0.938	0	8.040		0.254		0.020422	
T ₁₀	0	-1	0.938	0.094	11.891		0.235		0.027943	8.0225
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	12.370		0.232		0.028698	4.4138
T ₁₁	0	1	0.938	0.281	10.156		0.262		0.026608	2.1995
T ₁₂	0	2	0.938	0.375	10.061		0.240		0.024147	0.9934

Trat.	Nivel codificado		Nivel de abonamiento (g/maceta)	Rdto MS (g/maceta)	Extracción planta		Q - Extracción (g/maceta)		CAU	
	X ₁	X ₂			N (%)	S (%)	N	S	N (%)	S (%)
T ₅	-2	0	0	0.188	9.494	2.80		0.446816		
T ₆	-1	0	0.469	0.188	10.519	3.08		0.523169		16.2886
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	12.953	3.22		0.832698		41.1607
T ₇	1	0	1.406	0.188	10.417	2.94		0.586911		9.9623
T ₈	2	0	1.875	0.188	9.531	2.80		0.577378		6.9633
T ₉	0	-2	0.938	0	9.346		0.149		0.034348	
T ₁₀	0	-1	0.938	0.094	11.883		0.187		0.050165	16.8713
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	12.953		0.216		0.056675	11.9079
T ₁₁	0	1	0.938	0.281	10.214		0.191		0.046116	4.1842
T ₁₂	0	2	0.938	0.375	8.885		0.199		0.041829	1.9949

Cuadro 09.04: CAU del N y S de la *Muhlenbergia ligularis* en el estado fenológico de grano lechoso.

Trat.	Nivel codificado		Nivel de abonamiento (g/maceta)	Rdto MS (g/maceta)	Extracción planta		Q - Extracción (g/maceta)			CAU	
	X ₁	X ₂			N (%)	S (%)	N	S	N (%)	S (%)	
T ₅	-2	0	0	7.259	1.26		0.0915				
T ₆	-1	0	0.469	10.117	1.54		0.1558		13.7232		
T ₁₃	0	0	0.938	15.390	1.26		0.1939		10.9272		
T ₇	1	0	1.406	11.112	1.40		0.1556		4.5578		
T ₈	2	0	1.875	7.143	0.98		0.0700		-1.1448		
T ₉	0	-2	0.938	6.591		0.122		0.008042			
T ₁₀	0	-1	0.938	8.769		0.163		0.014294		6.6691	
T ₁₃	0	0	0.938	15.390		0.126		0.019391		6.0530	
T ₁₁	0	1	0.938	7.433		0.115		0.008549		0.1803	
T ₁₂	0	2	0.938	7.385		0.135		0.00997		0.5142	

Cuadro 09.05: CAU del N y S del *Trifolium amabile* de los dos estados fenológicos (Inicio espigado y grano lechoso).

Trat.	Nivel codificado		Nivel de abonamiento (g/maceta)	Rdto MS (g/maceta)	Extracción planta		Q - Extracción (g/maceta)		CAU		
	X ₁	X ₂			N (%)	S (%)	N	S	N (%)	S (%)	
T ₅	-2	0	0	0.188	0.625	4.20		0.026262			
T ₆	-1	0	0.469	0.188	0.634	4.55		0.02883		0.5469	
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	0.977	3.15		0.030787		0.4826	
T ₇	1	0	1.406	0.188	0.840	3.85		0.032331		0.4315	
T ₈	2	0	1.875	0.188	0.705	4.90		0.03454		0.4415	
T ₉	0	-2	0.938	0	0.689		0.140		0.000964		
T ₁₀	0	-1	0.938	0.094	0.719		0.159		0.001143		0.1906
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	0.977		0.145		0.001417		0.2417
T ₁₁	0	1	0.938	0.281	0.831		0.120		0.000997		0.0118
T ₁₂	0	2	0.938	0.375	0.754		0.110		0.00083		-0.0359

Trat.	Nivel codificado		Nivel de abonamiento (g/maceta)	Rdto MS (g/maceta)	Extracción planta		Q - Extracción (g/maceta)		CAU		
	X ₁	X ₂			N (%)	S (%)	N	S	N (%)	S (%)	
T ₅	-2	0	0	0.188	2.448	3.92		0.12223			
T ₆	-1	0	0.469	0.188	3.292	3.64		0.148658		5.6380	
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	5.148	4.20		0.246988		13.3075	
T ₇	1	0	1.406	0.188	4.658	3.50		0.195361		5.2004	
T ₈	2	0	1.875	0.188	3.400	4.06		0.172581		2.6854	
T ₉	0	-2	0.938	0	2.604		0.169		0.005365		
T ₁₀	0	-1	0.938	0.094	3.439		0.166		0.006852		1.5858
T ₁₃	0	0	0.938	0.188	5.148		0.220		0.012742		3.9342
T ₁₁	0	1	0.938	0.281	2.551		0.186		0.005742		0.1339
T ₁₂	0	2	0.938	0.375	2.481		0.196		0.005692		0.0871

FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

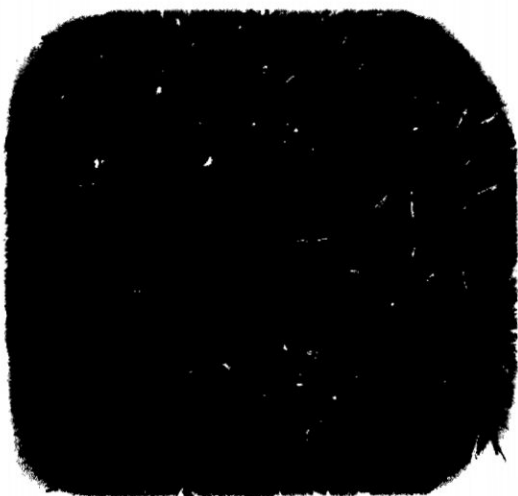
Especies forrajeras nativas altoandinas



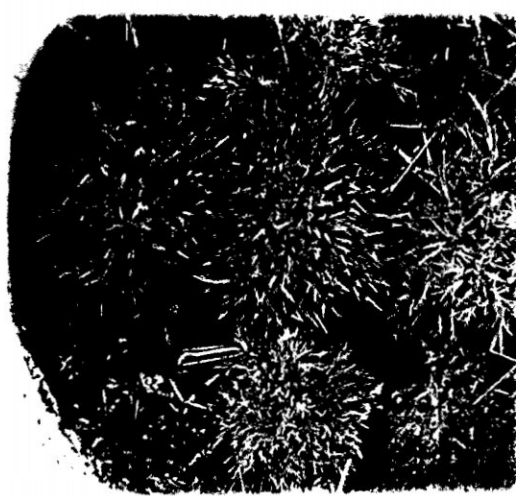
Fotografía 01: *Festuca dolichophylla*



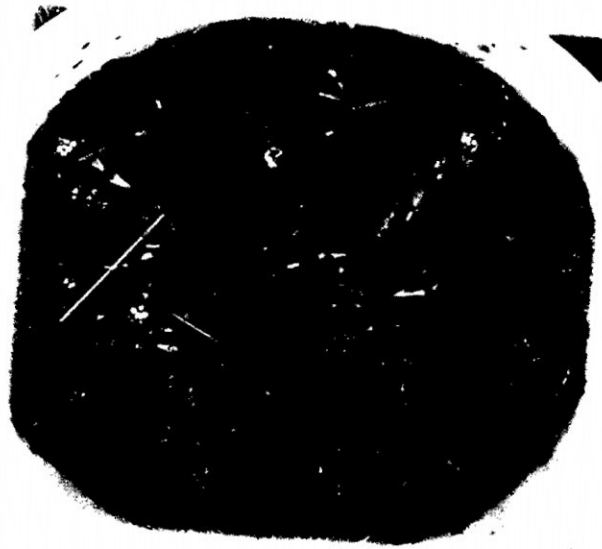
Fotografía 02: *Festuca rigescens*



Fotografía 03: *Poa perligulata*



Fotografía 04: *Muhlenbergia ligularis*



Fotografía 05: *Trifolium amabile*

Instalación y conducción



Fotografía 06: Tamizado del sustrato



Fotografía 07: Secado y pesado



Fotografía 08: Puesta de grava en la base de las macetas



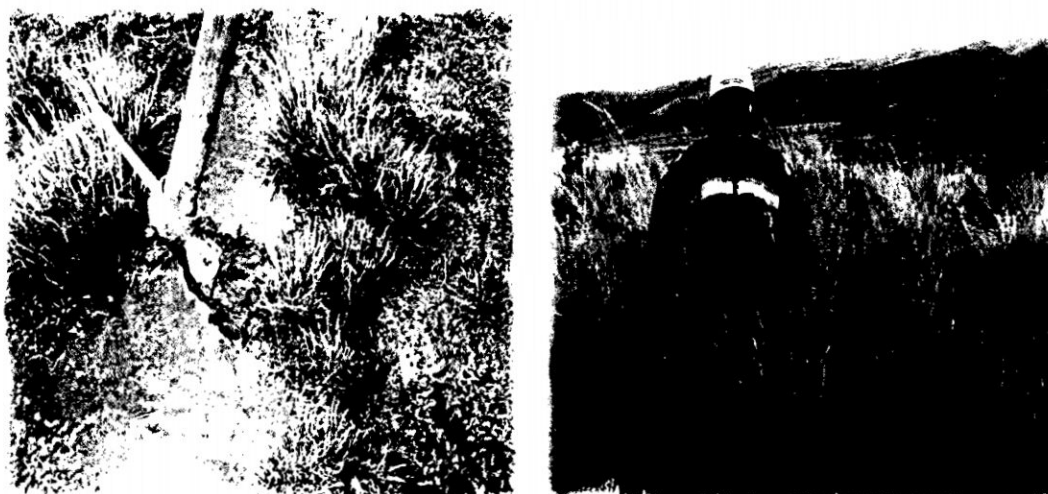
Fotografía 09: Proceso de llenado de suelo en las macetas



Fotografía 10: Ubicación de las macetas en el área experimental



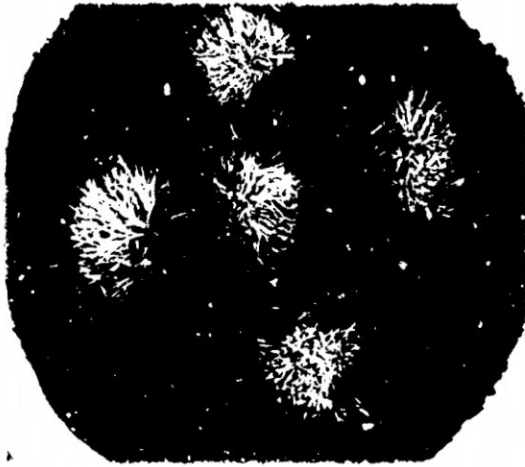
Fotografía 11: Fertilización de las Unidades Experimentales (U.E)



Fotografía 12: Extracción de matas de *Poa perligulata* y *Festuca dolichophylla*



Fotografía 13: Extracción y preparación del *Trifolium amabile*.



Fotografía 14: Transplante de la *Muhlenbergia ligularis* y *Festuca dolichophylla*



Fotografía 15: Riego de las macetas.



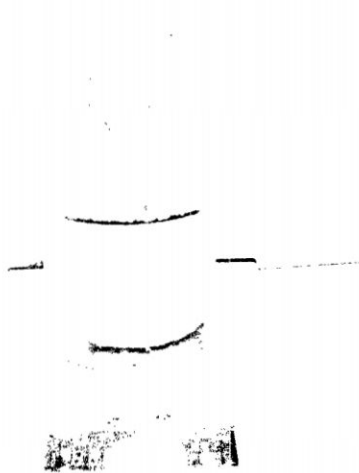
Fotografía 16: Parcelas cubiertas con ichu.



Fotografía 17: Medición de altura de la *Festuca dolichophylla*.



Fotografía 18: Corte de los pastizales *Poa perligulata*



Fotografía 19: Pesado de los pastizales



Fotografía 20: Relación: Tallo-hoja *Trifolium amabile*