

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRIA EN PRODUCCION ANIMAL**



**“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NPK EN LA FLORÍSTICA Y
RENDIMIENTO FORRAJERO DE DACTYLIS (*Dactylis glomerata*)
Y TREBOL ROJO (*Trifolium pratense*) EN CERRO DE PASCO”**

Presentada por:

NICAELA PILAR TERROBA QUISPE

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE
EN PRODUCCION ANIMAL**

Lima – Perú

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCION ANIMAL**

**“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NPK EN LA FLORÍSTICA Y
RENDIMIENTO FORRAJERO DE DACTYLIS (*Dactylis glomerata*)
Y TEBOL ROJO (*Trifolium pratense*) EN CERRO DE PASCO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

NICAELA PILAR TERROBA QUISPE

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Arturo Flores Martínez
PRESIDENTE

Dr. Enrique Flores Mariazza
PATROCINADOR

Dra. Lucrecia Aguirre Terrazas
MIEMBRO

Mg.Sc. Juan Guerrero Barrantes
MIEMBRO

A Dios por la oportunidad para cumplir mis metas.

*A Victor Hugo mi esposo y a mis adorados hijos
Rodrigo y Amelia la razón de mi vida.*

*A mi amado padre Guillermo por cultivar en mí,
valores de ética y disciplina.*

*A mis hermanos Gaby, Giro y Lenin por su amor y
apoyo incondicional.*

AGRADECIMIENTO

A Enrique Flores Mariazza Ph.D; guía y patrocinador de la presente tesis, por la dirección y gran apoyo durante el desarrollo, permanencia y culminación en el posgrado.

A Lucrecia Aguirre Terrazas Ph.D; por sus sabios consejo que orientaron mi camino.

Al el equipo del Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, por la disposición para la ejecución de la tesis.

A mis amigos y compañeros de la UNALM por los momentos compartidos y apoyo en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1. ASOCIACIONES FORRAJERAS GRAMÍNEA – LEGUMINOSA | 3 |
| 2.2. AUTOECOLOGIA DE ESPECIES | 4 |
| 2.2.1. <i>Dactylis (Dactylis glomerata)</i> | 4 |
| 2.2.2. Trébol Rojo (<i>Trifolium repens</i>)..... | 5 |
| 2.3. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LAS ASOCIACIONES EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES | 6 |
| 2.3.1. Limitaciones..... | 7 |
| 2.4. NUTRICIÓN DE PLANTAS FORRAJERAS | 8 |
| 2.4.1. Ciclo de Nutrientes | 8 |
| 2.5. FERTILIZACIÓN DE PASTURAS | 14 |
| 2.5.1. Fertilidad del suelo..... | 14 |
| 2.5.2. Fertilizantes utilizados | 15 |
| III. MATERIALES Y METODOS..... | 20 |
| 3.1 AREA EXPERIMENTAL. | 20 |
| 3.1.1. Características del suelo..... | 20 |
| 3.1.2. Temperatura del suelo..... | 21 |
| 3.2 INSTALACIONES. | 21 |
| 3.3. PARAMETROS A EVALUAR..... | 21 |
| 3.3.1 Composición Florística. | 21 |
| 3.3.2 Tasa De Crecimiento. | 22 |
| 3.3.3 Producción de forraje..... | 23 |
| 3.4. TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES | 23 |
| 3.4.1. Diseño Experimental..... | 24 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 25 |
| 4.1. EFECTO NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO..... | 25 |
| 4.1.1. Composición florística del forraje. | 25 |
| 4.2. EFECTOS PRINCIPALES EN LA COMPOSICIÓN FLORISTICA, TASA DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE..... | 26 |

| | |
|--|----|
| 4.2.1. Efecto Principal del Nitrógeno..... | 26 |
| Gramínea: Leguminosa (%) | 28 |
| 4.2.2. Efecto Principal del Fósforo. | 28 |
| Gramínea: Leguminosa | 29 |
| 4.2.3. Efecto Principal del Potasio..... | 31 |
| Gramínea: Leguminosa | 32 |
| 4.4. EFECTOS DE LA INTERACCIONES EN LA COMPOSICIÓN FLORISTICA, TASA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FORRAJE. | 33 |
| 4.5. DOSIS DE ABONAMIENTO ÓPTIMA..... | 37 |
| V. CONCLUSIONES | 39 |
| VI. RECOMENDACIONES | 40 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 41 |
| VIII.ANEXOS | 46 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1: Rendimiento de materia seca y proteína..... | 18 |
| Cuadro 2: Los factores en estudio que se consideraron son los siguientes: | 23 |
| Cuadro 3: Efecto Principal del Nitrógeno en la Composición Florística, Tasa de crecimiento y Producción de Forraje..... | 28 |
| Cuadro 4: Efecto Principal del Fósforo en la Composición Florística, Tasa de Crecimiento y rendimiento de Forraje..... | 29 |
| Cuadro 5: Efecto Principal del Potasio en la Composición Florística, Tasa de crecimiento y Producción de Forraje..... | 32 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Ciclo del Nitrógeno en el suelo..... | 10 |
| Figura 2: Equilibrio y Ciclo del fósforo en el suelo | 11 |
| Figura 3: Equilibrio y ciclo del potasio. | 14 |
| Figura 4: Composición Florística de <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Trifolium pratense</i> | 25 |
| Figura 5: Relación hoja – tallo – flor verde y senescente de <i>Dactylis</i> y trébol. | 26 |
| Figura 6: Efecto de la interacción N P K en la composición florística del forraje..... | 33 |
| Figura 7: Efecto de la interacción N P K en el material verde del forraje..... | 34 |
| Figura 8: Efecto de la interacción NPK en el crecimiento y Producción del forraje. | 35 |
| Figura 9: Efecto de las interacciones NPK en la Producción de forraje..... | 36 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1: Promedio de Temperaturas registradas durante el trabajo..... | 46 |
| Anexo 2: Variación de temperatura en el suelo..... | 46 |
| Anexo 3: Efecto de los Niveles de N P K en la producción de forraje TnMS/ha. | 47 |
| Anexo 4: Composición Florística por Tratamiento durante la Evaluación | 47 |
| Anexo 5: Tabla de Análisis de Varianza para Composición Florística Gramíneas..... | 48 |
| Anexo 6: Tabla de Análisis de Varianza para Composición Florística Leguminosas. .. | 48 |
| Anexo 7: Tabla de Análisis de Varianza para Composición Florística Material Verde | 49 |
| Anexo 8: Tabla de Análisis de Varianza para Composición Florística Material Senescente. | 49 |
| Anexo 9: Efectos Principales en Composición Florística (% de gramíneas) | 49 |
| Anexo 10: Efecto Principal en Composición Florística para Leguminosas | 50 |
| Anexo 11: Efecto Principal en Composición Florística para Otras especies | 50 |
| Anexo 12: Efecto principal en Composición Florística para material Verde..... | 50 |
| Anexo 13: Efecto Principal en Composición Florística para material senescente | 50 |
| Anexo 14: Efectos principales del N P K en la Tasa de crecimiento. | 51 |
| Anexo 15: Variación de Cortes de Forraje aplicando diferentes dosis de N P K en la Tasa de Crecimiento (kg/ha/día) del Forraje. | 51 |
| Anexo 16: Tabla de Análisis de Varianza para Tasa de Crecimiento (Kg/ha/día)..... | 51 |
| Anexo 17: Prueba Duncan para el efecto Fósforo en la tasa de crecimiento | 52 |
| Anexo 18: Tasa de Crecimiento de <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Trifolium pratense</i> aplicando diferentes niveles de N P K. Prueba de medias. | 52 |
| Anexo 19: Variación de Cortes en la Disponibilidad de Forraje aplicando diferentes dosis de N P K | 53 |
| Anexo 20: Cuadro de Análisis de Varianza para producción de forraje (Tn/ha) | 53 |

RESUMEN

Un estudio se realizó para evaluar el impacto de la fertilización NPK en la asociación de pastos cultivados *Dactylis* (*Dactylis glomerata*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*). Se evaluaron 12 tratamientos experimentales a 4350 m.s.n.m. con 2 dosis de nitrógeno 0 y 50 Kg/ha, 3 dosis de fósforo 0, 80 y 160 Kg/ha y 2 dosis de potasio 0 y 30 Kg/ha, bajo un diseño estadístico bloque completo al azar con arreglo factorial. Los parámetros evaluados fueron composición florística, tasa de crecimiento y producción de forraje. Los resultados revelaron que la fertilización con nitrógeno y fósforo mejoró ($P < 0.05$) la tasa de crecimiento y la producción del forraje. No hubo efecto de la fertilización potásica sobre las variables evaluadas, no detectándose diferencias ($P \geq 0.05$) de los efectos principales sobre la composición florística del forraje. La prueba de medias reveló efectos significativos con la dosis de fósforo 80 y nitrógeno 50; es decir, dosis medias de nitrógeno y fósforo favorecieron el crecimiento y producción de forraje. El análisis de las interacciones mostro que con la combinación de N 50, P 80 y K 0 obtuvieron los mejores resultados en la producción del forraje siendo superior a los demás tratamientos. Se recomienda evaluar las dosis recomendables en interacción con S y micro elementos claves como el Bo y Mo, en el desarrollo de nódulos y síntesis de nitrógeno. También estimar el incremento en la capacidad de carga como resultado del aumento en la tasa de crecimiento y producción de forraje por efecto de la aplicación de N y P en las dosis recomendadas.

Palabras claves: Fertilización, crecimiento y producción

ABSTRACT

An experiment was conducted to evaluate the impact of NPK fertilization on the association of cultivated grasses *Dactylis* (*Dactylis glomerata*) and red clover (*Trifolium pratense*). Twelve experimental treatments were evaluated at 4350 m of elevation with 2 doses of nitrogen 0 to 50 Kg / ha, 3 doses of phosphorus 0, 80 to 160 Kg / ha and 2 doses of potassium 0 to 30 Kg / ha, under a randomized complete block statistical design. Parameters evaluated were floristic composition, growth rate and pasture production. The results revealed that nitrogen and phosphorus fertilization improved ($P < 0.05$) the growth rate and forage production. There was not an effect potassium fertilization on the variables evaluated. Main effects did not have a significant effect on floristic composition. The means separation test showed significant effects of phosphorus 80 and nitrogen 50, on growth rate and forage production. The analysis of the interactions showed that the combination of N 50, P 80 and K 0 gave better results in forage production than the other treatments. We recommend to evaluate the impact of the best fertilization rates and their interaction with S and microelements (Bo and Mo) on nodule development and nitrogen synthesis, and also to estimate the carrying capacity that result out of the increase in growth rate and forage production when using recommended N and P fertilization.

keyboards: Fertilization, growth and production.

I. INTRODUCCION

En la zona alto andina del Perú existen inmensas áreas de pastizales naturales de las cuales el 70.2% corresponde a pastos agrícolas y el 12.5% corresponde a superficie agrícola (MINAGRI, 1996). Son aptas para el establecimiento de especies forrajeras introducidas ya sean perennes o temporales que complementen a las especies nativas, para mejorar la base alimentaria de la ganadería andina. Una de las labores agrícolas más importantes para el mantenimiento y producción de pastos cultivados es la aplicación de fertilizantes, que incrementan la productividad y calidad nutritiva del pasto.

La fertilización es una de las técnicas que más ha progresado en las últimas décadas. Hoy no se concibe la explotación agrícola sin una adecuada fertilización que permita obtener del suelo toda la capacidad productiva dentro de las limitaciones que imponen las condiciones ambientales sobre todo en la zona alto andina. Fuera de las exigencias climatológicas en cada especie agrícola, no cabe duda que la nutrición de la planta es el factor determinante de un desarrollo sano, vigoroso y equilibrado que a su vez, es la condición necesaria para lograr una producción óptima cuantitativa y cualitativamente.

En asociaciones de gramínea leguminosa, la aplicación de fertilizantes es recomendable, especialmente con elementos mayores como el nitrógeno, fósforo y potasio, los dos primeros son deficientes por las características típicas de suelos y clima alto andinos, lo que determina que la tasa de crecimiento y el rendimiento de forraje sean superiores en comparación a campos no abonados con estos elementos. Para obtener altos rendimientos y buena calidad nutritiva de forraje, es necesario tener en cuenta la fertilización, aunque parezca obvio, son pocos los ganaderos que prestan suficiente atención a estas actividades que son vitales en la producción pecuaria.

La información sobre dosis de aplicación de fertilizantes a pasturas en condiciones de secano en zonas de sierra alta es deficiente, dentro del contexto mencionado se planteó el presente estudio con el objetivo de evaluar la tasa de crecimiento, producción de forraje y la composición florística de los pastos cultivados asociados, Dactylis (*Dactylis glomerata* Var. Potomak) Trébol rojo, (*Trifolium pratense* var. Quinequelli) bajo diferentes dosis de fertilización NPK, durante la temporada de lluvias. Así mismo determinar la dosis optima que maximice la respuesta para el mantenimiento de la pastura.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ASOCIACIONES FORRAJERAS GRAMÍNEA – LEGUMINOSA

El nutriente principal para las asociaciones leguminosas y gramíneas es el fósforo, siendo baja su disponibilidad en los suelos andinos (fijación y roca madre con minerales que carecen de fósforo). Particularmente son las leguminosas las que requieren más fósforo que las gramíneas. La fertilización debe tener dos objetivos: permitir una producción satisfactoria y mantener la proporción entre gramíneas y leguminosas al nivel requerido por el productor. Se sabe que el fósforo favorece a las leguminosas, las que a su vez liberan nitrógeno para las gramíneas. Cuando las leguminosas tienden a dominar se puede favorecer a las gramíneas con repetidas aplicaciones de nitrógeno. De manera general dominan durante la época de lluvias las gramíneas, mientras que los tréboles y el ryegrass italiano dominan la asociación durante la época fría. La utilización de superfosfato triple se recomienda por la interacción positiva del azufre sobre el comportamiento de las leguminosas (Horber, 1984).

Las asociaciones gramíneas – leguminosas tienen ventajas como la disminución de problemas de timpanismo, suministran un alimento de mejor calidad al ganado, puesto que las gramíneas suministran energía y las leguminosas suministran proteínas. Con la asociación de forrajes los gastos de fertilizantes se reducen en parte, debido a que las leguminosas suministran nitrógeno atmosférico al suelo y con este elemento ayuda a mantener vigorosa a la gramínea solamente necesitamos fósforo y potasio. Se ha comprobado que las asociaciones elevan el rendimiento y la calidad de los forrajes y son más apetecibles para el ganado. Aumenta el rendimiento debido a que en las asociaciones existe mejor cobertura y las interacciones entre las partes aéreas como subterráneas dan mejores condiciones para el cultivo. Las gramíneas reducen el riesgo de que se hielan las leguminosas en especial en cierto tipo de climas, las asociaciones resisten mejor la competencia de las malas hierbas. (Flores y Bryant. 1992).

En la producción intensiva de forraje se obtienen generalmente mayores producciones en materia seca con las asociaciones de una leguminosa y una gramínea. La competitividad de las especies se mide de modo indicativo mediante parámetros que califican su comportamiento en condiciones favorables de desarrollo. La facilidad de implantación en cierto modo esta en relación inversa con la competitividad, aunque esta puede variar considerablemente con las condiciones ambientales y en particular con la humedad y la fertilidad. (Domínguez 1984).

2.2. AUTOECOLOGIA DE ESPECIES

2.2.1. *Dactylis* (*Dactylis glomerata*).

El *Dactylis glomerata* es una gramínea perenne usada principalmente en suelos secos de buen drenaje (condiciones de secano) y baja fertilidad. Es moderadamente lenta en su establecimiento y tiene menor digestibilidad que las otras gramíneas. Muestra una persistencia excepcional y tiene una alta productividad de secano. Apropiado para alturas y usado para resiembra en suelos montañosos. Los cultivares más recientes han mejorado sus características de calidad (palatabilidad y digestibilidad). (PRODASA, 1987).

Planta vigorosa perenne de crecimiento alto, matoroso, las matas tienden a volverse coriáceas al ser manejadas inadecuadamente, las hojas se encuentran plegadas en la yema; de limbos foliares anchos, presentando ambas superficies un color gris fuerte o verde azulado. Necesita suelos fértiles y profundos, adaptándose a terrenos ligeramente bajos en fertilidad, no muy profundos con pH 5 a 7. Exhibe una gran resistencia a la sequía y puede utilizarse tanto al corte como al pastoreo. (Ruiz y Tapia. 1987).

Esta especie se adapta muy bien hasta los 4200 msnm. Siendo ideal para su siembra asociada con leguminosas en suelos de poca fertilidad. Asociada con trébol rojo, puede rendir entre 12.14 t de MS/ha/año. Alcanza hasta 16% de proteína cruda y un 60% de digestibilidad aproximadamente, antes de la floración. Son poco palatables cuando no estas asociadas con leguminosas. Lo peculiar es que resisten el frío extremo, la escasez de agua, el pisoteo y persisten en suelos pobres. (Gonzales, 1980).

Dactylis Variedad Potomac (Dactylis o pasto oville).

Variedad seleccionada en Estados Unidos. Es muy precoz y con baja tolerancia a la sequía. No se adapta muy bien al pastoreo pero presenta una gran versatilidad en cuanto a las formas de aprovechamiento de su forraje. Es en la actualidad una de las variedades de mayor uso comercial. Se desarrolla exitosamente en medio con climas exigentes que han contribuido a que esta variedad se comporte eficazmente, adaptándose con facilidad hasta los 4500 m.s.n.m. (Hortus, 2000).

2.2.2. Trébol Rojo (*Trifolium repens*)

Es una planta herbácea formada por numerosos tallos, con hojas que nacen en una corona. Las hojas son sumamente pubescentes con una mancha clara en el centro. La persistencia depende de la variedad y método de utilización. No tolera pastoreo muy intenso y frecuente. Para su mejor desarrollo necesita tierras de alta fertilidad. Sin embargo es utilizado como mejorador de suelos en zonas pobres, debido a su gran capacidad para fijar nitrógeno atmosférico. (Florez y Bryant, 1992).

La persistencia depende de la variedad y método de utilización. No tolera pastoreo muy intensivo y frecuente. Para su mejor desarrollo necesita tierras de fertilidad, sin embargo, es utilizado como mejorador de suelos en las zonas pobres debido a su gran capacidad para fijar nitrógeno atmosférico. (Flores, 1992).

El trébol rojo es una especie anual de alta producción, puede usarse para corte o pastoreo en praderas asociadas. Tiene alto valor nutritivo y produce predominantemente en épocas de lluvia. Hay variedades que están adaptadas a la defoliación (pastoreo) frecuente las que se pueden incluir dentro de una mezcla permanente para mejorar una alta producción en lluvias pero deben pastorearse con bajas cargas para permitir su persistencia. (Argel, 1996).

Esta especie se caracteriza por su rápido y fácil establecimiento y por el gran vigor de sus plántulas. Presenta tallos vigorosos con rápida y buena recuperación al corte. Su hábito de crecimiento erecto la hace adaptable al corte y posee un alto contenido de glúcidos que la hacen con mejores aptitudes para el ensilaje. Posee además buena tolerancia a enfermedades foliares, pero susceptible al nematodo de la raíz (*Ditylenchus dipsaci*). Es

muy exigente en fósforo. Su persistencia de 2-3 años depende del tipo de manejo y de las condiciones ambientales en que se encuentre. (Flores y Bryant 1992).

Trébol rojo Var. Quiñequelli.

Variedad creada por el Ministerio de Agricultura de Chile, de rápido y fácil establecimiento por el gran vigor de sus plántulas. Tallos vigorosos, rápida y buena recuperación al corte. De aceptable crecimiento invernal concentra su mayor producción en primavera y verano. Su hábito de crecimiento erecto la hace adaptable al corte y posee un alto contenido de glúcidos que la hace leguminosa con mejores aptitudes para el ensilaje. Buena tolerancia a enfermedades foliares pero susceptible al nematodo de la raíz (*Ditylenchus dipsaci*). Muy exigente en fósforo. Su persistencia es de 2 a 3 años depende de las condiciones ambientales en que se encuentre, pudiendo perennizarse. (Hortus. 2000).

2.3. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LAS ASOCIACIONES EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES

Los cultivos forrajeros asociados, especialmente si esta mezcla la constituye una gramínea y una leguminosa ofrecen las siguientes ventajas:

- a) Pastura asociada de leguminosa con gramínea, produce mayor rendimiento de forraje, que una pastura sola, debido a que en la mezcla existe una mejor cobertura y las interacciones entre las partes aéreas como subterráneas (raíces) mejoran las condiciones físicas del suelo.
- b) Cuando se siembra inoculado las semillas de la leguminosa para su siembra en mezcla con gramíneas, se reducen los gastos de fertilización en parte, debido a que la leguminosa fija nitrógeno atmosférico al suelo. Esta fijación de nitrógeno es de gran relevancia económica por la disminución de los requerimientos de este elemento y además proporcionan nitrógeno a las gramíneas; por lo tanto, estas mezclas producen más que una gramínea sembrada sólo y sin fertilizar.
- c) Pastura asociada de alfalfa-dactylo y trébol blanco-rye grass, produce forraje balanceado más palatable y digestible para el ganado, puesto que las leguminosas aportan proteína necesaria y las gramíneas aportan energía.
- d) Las mezclas de gramíneas y leguminosas, residen mejor la competencia de las malezas, que los cultivos puros.

e) La siembra de alfalfa o tréboles con cobertura de cebada o avena ofrece protección a las plántulas de estas leguminosas del daño de granizo, heladas y de otros factores climáticos adversos, aparte de que puede cosecharse forraje. f) Las pasturas de leguminosas que tienen gramíneas en proporciones adecuadas, reducen los riesgos de presentación del timpanismo en los animales que pastoreen los pastos. Por otra parte forraje asociado parece ser más apetecido por los animales, que un forraje puro de una sola especie. (Choque, 2003).

2.3.1. Limitaciones

Según Stewart (1996), las especies deben presentar ciclos de vida coincidentes, sino el excesivo crecimiento de una especie junto con el crecimiento retrasado de otra especie podría causar la muerte de esta última por efecto de competencia. Por otra parte, el mismo autor señala que existe competencia por luz, agua o nutrientes semanas después de la siembra y que la habilidad de competencia depende de la fertilización, ya que fertilizaciones bajas favorecen a especies de raíces poco profundizadoras. Soto (1996), señala que la mantención del equilibrio en una asociación es uno de los problemas fundamentales que regulan su productividad y persistencia.

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

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

2.4. NUTRICIÓN DE PLANTAS FORRAJERAS

2.4.1. Ciclo de Nutrientes

a) Nitrógeno

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes. (FAO 1992).

Datos de investigación han demostrado que la presencia de N amoniacal mejora la absorción del P por las plantas. Sin embargo, el N aplicado en la mayoría de los sistemas de cultivo, ya sea simultáneamente o antes de la aplicación de P, es suficiente para hacer que la absorción de P por las plantas sea independiente del contenido de N y de la fuente de P. (Murphy, 1989).

En el suelo la mayor parte del N está en forma orgánica como componente de residuos orgánicos, el humus y otros compuestos más o menos complejos, como proteínas, nucleótidos, ácidos nucleicos, aminoácidos, etc. El balance de la forma asimilable de N para la planta en la solución suelo, es el resultado dinámico de una serie de reacciones que se producen continuamente y de las cuales resulta un constante movimiento de entradas y salidas de N asimilable. La mayor parte de N en el suelo se encuentra en los horizontes superiores de los suelos, y, como consecuencia, el N puede drenarse fácilmente de los suelos cuando ocurre alguna perturbación. (Domínguez, 1984).

La escasez en el abastecimiento de nitrógeno a la planta, aunque sea ligera, tiene una notable incidencia en el desarrollo. El síntoma característico es la clorosis generalizada de la planta, comenzando por las hojas viejas, dada la gran movilidad de este elemento dentro de la misma y extendiéndose desde la punta de la hoja por el nervio central hasta abarcar toda la planta. En casos graves las plantas se marchitan y mueren. (Domínguez, 1984).

En el caso del N, no existe una fracción definida, excepto el N de la solución del suelo que pueda considerarse como asimilables. Sin embargo, el contenido total de N en forma orgánica o lo que es equivalente, la materia orgánica del suelo da una idea aproximada de la capacidad potencial de suministro de N por parte del suelo. En efecto se puede estimar la cantidad de N que puede obtenerse en determinadas condiciones de suelo, humedad, temperatura y pH, en función de la tasa de mineralización correspondiente en dichas condiciones y la cantidad de materia orgánica presente. (Domínguez, 1984).

La descomposición de la materia orgánica convierte parte del N orgánico en N -mineral, de allí el término mineralización, denominación que se aplica a los iones amonio, NH_4^+ , nitrito, NO_2^- y nitrato, NO_3^- . El N mineral, principalmente amonio y nitrato, es absorbido por las plantas o asimilado por los microorganismos y convertido a N orgánico. El ciclo del N se completa por la absorción de la planta desde el suelo, por adiciones directas desde la atmósfera (como nitrato, amoníaco, y gases de óxido de N los cuales son convertidos a nitrato en el suelo) y la adición de fertilizantes, residuos de cultivos, estiércoles animales. En los ecosistemas agrícolas las fuentes de N, además de las adiciones atmosféricas (que controlan la productividad de los ecosistemas naturales), están las aplicaciones de fertilizantes tanto inorgánicos como orgánicos, estiércoles, composts. (Harrison. 2003).

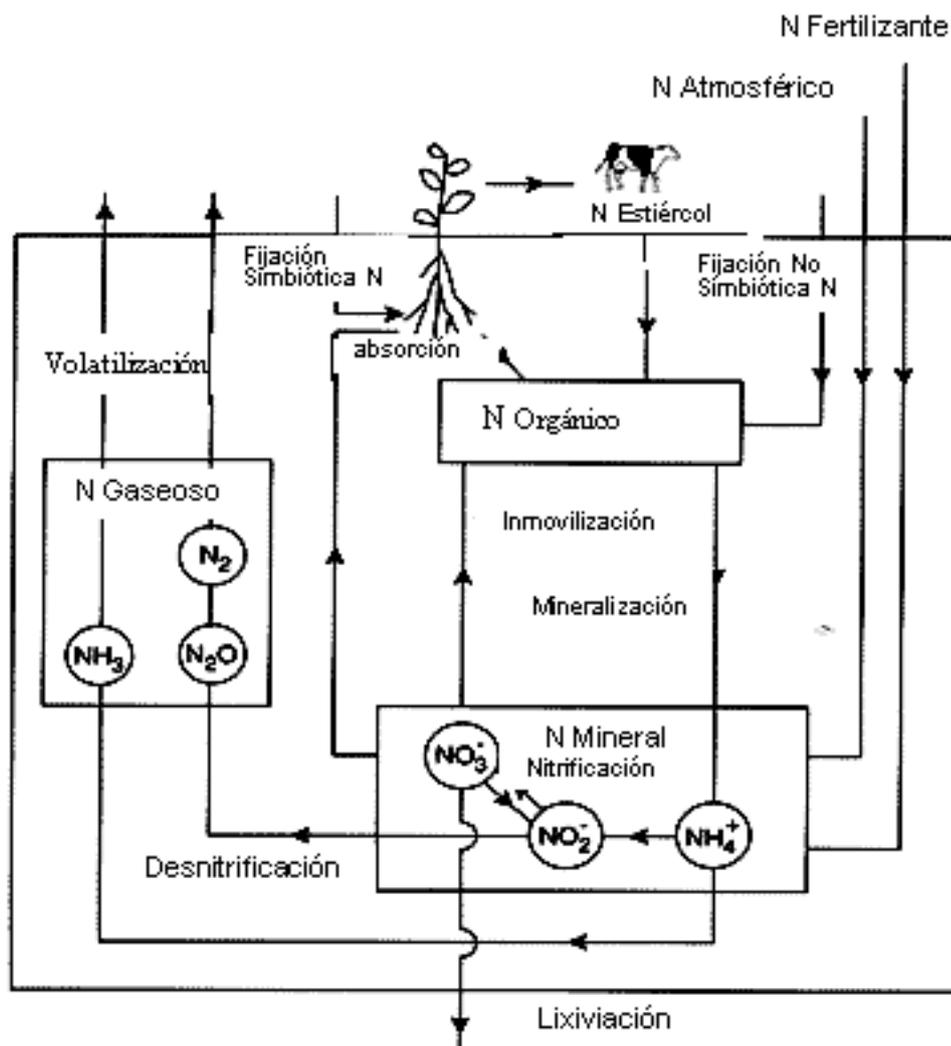


Figura 1: Ciclo del Nitrógeno en el suelo

b) El Fósforo

Puede considerarse el segundo nutrimento de importancia en el crecimiento de la planta. La participación del P orgánico del total de P en el suelo varía de 25 a 75% pero en casos extremos esos límites pueden llegar hasta 3 y 85% dependiendo de la temperatura, precipitación pluvial, acidez del suelo, actividad biológica y el grado de desarrollo de los suelos. Se traslada a rápidamente en los tejidos vegetales y su movilización va de los tejidos más viejos a las zonas más juveniles de las plantas. Interviene como factor clave en una serie de procesos metabólicos de las células vivas, regulando varios procesos enzimáticos. También promueve el desarrollo radical, sobre todo en las raíces laterales. (Argel, 1996).

El P inorgánico en la solución del suelo está presente en dos formas diferentes: ortofosfato primario (H_2PO_4) y el ortofosfato secundario (HPO_4^{2-}). Ocurren dos reacciones primarias: adsorción y precipitación. En la primera, el P es fuertemente retenido en la superficie de los minerales secundarios. En la segunda, el P puede reaccionar con otras especies químicas en solución o con la superficie de los minerales, formando compuestos insolubles. Los dos tipos de reacciones dejan poco P en la solución del suelo. Una parte del P adsorbido y una parte del P precipitado, pueden resolubilizarse y regresar a la solución del suelo a través de reacciones de de-adsorción. Las plantas solo pueden utilizar el P de la solución suelo, que una vez asimilado es convertido a formas orgánicas como adenosina difosfato (ADP) y la adenosina trifosfato (ATP). (Quintero, et. al 1997).

Donde el fósforo lábil representado por las fracciones inorgánicas y orgánicas, el P no lábil es la porción realmente disponible del factor cantidad que exhibe una alta tasa de disociación y rápido reaprovisionamiento a la solución suelo. (Azabache, 2003).

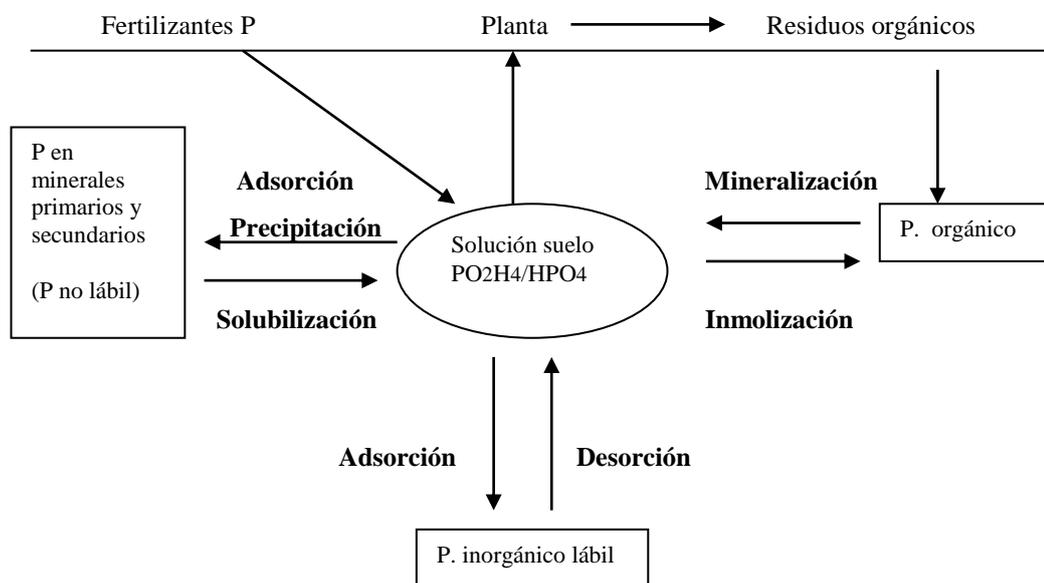


Figura 2: Equilibrio y Ciclo del fósforo en el suelo

En la planta el fosforo es necesario para la fotosíntesis, las transferencias de energía dentro de la planta, la síntesis y la descomposición de los carbohidratos y como arte del núcleo están los azúcares, fosfatos, ácidos nucleicos, coenzimas, fosfolípidos, etc. Tienen una importante función que implican el ATP (principal molécula de almacenamiento y

transferencia de energía en la célula). Es el elemento clave para el crecimiento activo. Como estos tejidos suelen ser los más apetecibles y nutritivos, rara vez se puede producir un forraje de alta calidad sin una aportación adecuada de fósforo. Es uno de los elementos deficitarios con mayor frecuencia en los suelos andinos, y probablemente, el que se aplica de un modo más universalmente a las cosechas forrajeras. (Paredes, 1987).

Los cambios iniciales del fertilizante fosfatado aplicado al suelo están gobernados por las propiedades particulares de cada fertilizante. Luego la química del suelo controla los cambios y determina finalmente el destino del P aplicado al suelo. Debido a que los fertilizantes fosfatados comunes son sales solubles, el agua y el vapor de agua migran dentro del granulo hasta que este se satura formando una solución con una composición que está determinada por la forma química del fertilizante. Esta solución se mueve fuera del granulo hacia el suelo. En caso del fosfato monocalcico (0 – 46 – 0) se forma una solución de ácido fosfórico 4 molar de pH 1.5 que deja un residuo de fosfato de calcio dihidratado (FCDH). El fosfato monoamonico (MAP) y el fosfato diamonico (DAP) produce soluciones de fosfato de amonio de pH 3.5 y 8.0 respectivamente (Murphy, 1979).

La deficiencia de fósforo puede producirse incluso en suelos bien provistos de este elemento, debido a que su disponibilidad se reduce por la fijación del carbonato de Calcio, a bajas temperaturas del suelo o en condiciones de baja humedad. También se puede producir deficiencias en suelos turbosos o húmicos debido a bajo contenido de P. así como la baja solubilidad. Una deficiencia de P en la planta puede afectar a distintos procesos, incluyendo la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, la carencia de este elemento produce grandes trastornos fisiológicos:

- Reducción de síntesis de proteínas, se inhibe la síntesis de RNA.
- Acumulación de compuestos nitrogenados como: arginina, glutamina, prolina.
- Desequilibrio entre azúcares y almidón, acumulándose los primeros y formándose antocianina. (Juárez y Sánchez, 1996).

c) Potasio

El esfuerzo científico dedicado a la fertilización potásica ha sido notablemente menor que el dedicado al fósforo. Esto es atribuible al hecho de que la deficiencia de este elemento en suelo está menos generalizada ya que la mayoría de los abonos orgánicos utilizados en la

agricultura tradicional contenían cantidades apreciables de este elemento, por lo cual las respuestas de los cultivos a la fertilización potásica no eran tan espectaculares como la del fósforo o el nitrógeno. No obstante, en 1963, el primer coloquio del Instituto Internacional de la Potasa reconocía la importancia de este elemento para las praderas, sobre todo para la obtención de rendimientos altos de leguminosas. (Mambiela, 1986).

El potasio ejerce una función osmoreguladora disuelto en el jugo celular. Su acumulación en la raíz crea un gradiente osmótico que permite el movimiento del agua en la planta, operando de igual modo en las hojas. También es un elemento específico como regulador del movimiento de apertura y cierre de las estomas. Juega un papel importante en la economía del agua en la planta y en la turgencia de las células, favorece la fotosíntesis y transporta activamente sustancias formadas en dicha reacción. Una absorción adecuada de K asegura contenidos normales de celulosa y lignina, favoreciendo la rigidez y estructura de la planta. Existe fuerte interacción de este elemento con el N ya que tiene cierta función reguladora del metabolismo del N. (Domínguez, 1984)

Se observaron efectos favorables del potasio en la resistencia de las plantas al frío y las heladas, al evitar el deterioro de la permeabilidad de las membranas celulares. También es notable su efecto sobre la resistencia a la sequía, como elemento regulador de la actividad de las estomas para reducir la transpiración, mejorando la utilización del agua en la planta. (Azabache, 2003).

El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (sustancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades. (FAO 1992).

En el suelo el potasio es absorbido por las plantas en mayores cantidades que otros nutrientes, excepto el N. Aunque el contenido total del suelo es usualmente mayor que la cantidad tomada por el cultivo durante una estación de crecimiento, mayormente solo una pequeña fracción es disponible para las plantas. El contenido de K en los suelos es alrededor de 1.9%. Se origina lentamente por la intemperización de minerales como el

feldespato potásico ortoclasa y microclima, muscovita, biotita, también se halla en minerales secundarios como illitas, vermiculitas y cloritas. (Azabache, 2003).

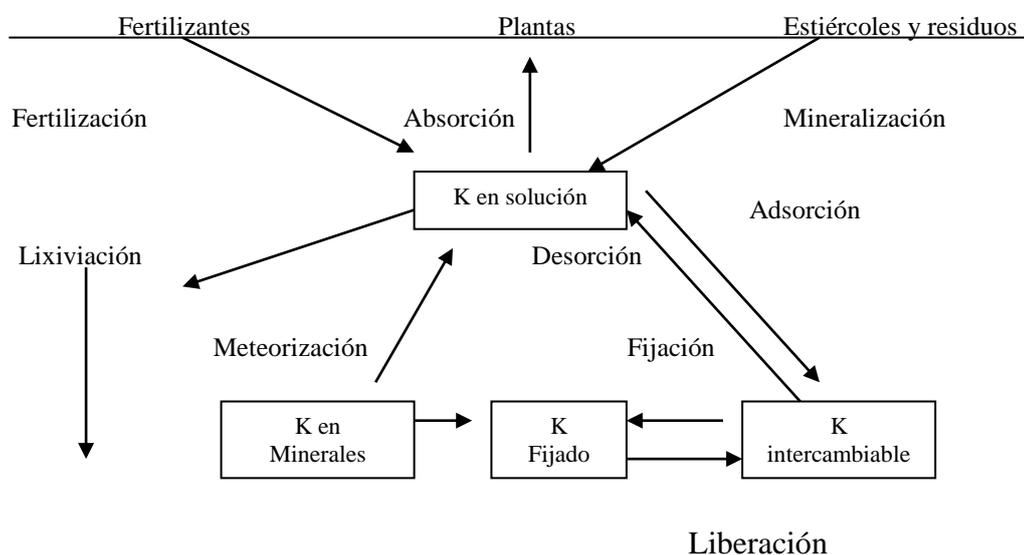


Figura 3: Equilibrio y ciclo del potasio.

Las reacciones dominantes del K inorgánico en la solución son reacciones de intercambio, que permiten que el K sea retenido en las cargas negativas de la superficie de los minerales del suelo. Este K puede liberarse para regresar a la solución del suelo. Al igual que el amonio, el K puede fijarse entre las capas de ciertas arcillas. Un aparte de este K fijado puede regresar a la solución del suelo si existe un gradiente de potencial químico lo suficientemente alta.

La deficiencia de potasio se puede notar en los entrenudos de las plantas son cortos, tallos débiles, cortos y muy sensibles al acame. Los márgenes de las hojas se vuelven amarillo cenizo como quemaduras y puede avanzar hasta la base de la hoja. También hay pérdida de resistencia a las heladas, sequias. (Bernier, 1988).

2.5. FERTILIZACIÓN DE PASTURAS

2.5.1. Fertilidad del suelo.

Los fertilizantes proveen nutrientes que los cultivos necesitan. Con los fertilizantes se pueden producir más alimentos y cultivos comerciales, y de mejor calidad. Con los

fertilizantes se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados. (FAO 1992).

Los principales factores determinantes de la fertilidad del suelo son: la materia orgánica (incluyendo la biomasa microbiana), la textura, la estructura, la profundidad, el contenido de los nutrientes, la capacidad de almacenamiento (capacidad de adsorción), la reacción del suelo y la ausencia de los elementos tóxicos (por ejemplo: aluminio libre). Los suelos difieren ampliamente en estos factores. Para saber cómo mejorar la fertilidad baja o moderada del suelo, los agricultores deberán tener un conocimiento básico de su suelo. (FAO 1992).

El resultado de la fertilización permite alcanzar esquema viable tanto desde el punto de vista productivo como el económico. Desde el punto de vista productivo del recurso forrajero permitirá aumentar la productividad del recurso forrajero, mejorar la calidad del recurso forrajero, aumentar la persistencia de la pradera, optimizar el periodo de aprovechamiento de forraje, etc. Ello explica la creciente expansión de la aplicación de fertilizante en prácticas como el rejuvenecimiento de pasturas degradables, cultivos de ryegrass u otras especies. (INTA, 1998).

El abonamiento es una de las mejores herramientas para incrementar la oferta forrajera por unidad de superficie y tiempo, y consecuentemente la producción animal. Es necesario además de aumentar la producción de forraje, utilizarlo eficientemente reduciendo de esta forma los costos fijos por kilogramo de materia seca. El adecuado suministro de nutrientes, especialmente de fósforo, asegura la persistencia de las pasturas además las reservas de nutrientes en el suelo dependen del balance entre la extracción y la reposición (Tisdale y Nelson 1991).

2.5.2. Fertilizantes utilizados

Cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P₂ O₅ , K₂ O), puede ser llamado fertilizante. Fertilizantes fabricados industrialmente son llamados fertilizantes minerales.

a) Nitrato de Amonio.

El nitrato amónico (NH_4NO_3) es un fertilizante que contiene el nitrógeno en forma amoniacal y en forma de nitrato, dando una reacción global ácida, debida al amonio. (Guerrero, 1978). Contiene 33.05% de nitrógeno, contiene dolomita que neutraliza la acidez producida por la nitrificación del ion amonio, que es adsorbido inicialmente por las arcillas y retenido hasta la nitrificación. Este material tiene excelentes cualidades de manejo. Sin embargo a causa de que el nitrato amónico es higroscópico, no debería dejarse sacos abiertos durante largos periodos de tiempo en los climas húmedos.

Los nitratos amónicos constituyen actualmente la fuente de N más utilizada debido a que reúnen ventajas de ambas formas de N, la acción rápida debida a la forma nítrica y acción más lenta de la forma amoniacal, esta última es retenida en el complejo coloidal del suelo hasta la nitrificación, lo que ayuda a la conservación del suelo, evitando riesgo de lavado. No depende totalmente de la nitrificación para la utilización del N por la planta como es el caso de los fertilizantes que tienen nitrógeno amoniacal o ureica, pueden utilizarse en periodo en los que la temperatura impide su nitrificación se realice con intensidad. (Dominguez, 1984).

b) Súper Fosfato Triple

Este fertilizante contiene 46% de P_2O_5 un 95 a 98% del cual es hidrosoluble y aproximadamente todo es clasificado como disponible. Es esencialmente fosfato monocalcico y se fabrica mediante el tratamiento de fosfato mineral con ácido fosfórico. El superfostato triple varía en cantidades de S menor al 3%. Este fertilizante fosforado es recomendable para la fertilización de asociaciones gramínea – leguminosa porque provee de S indispensable para la leguminosa, la mayor parte está en forma orgánica y solo se tiene disponible para las plantas después del proceso de mineralización realizado por los microorganismos. (Tisdale y Nelson. 1991).

Es un fertilizante de utilización universal aplicable a todo tipo de suelos. Equivocadamente se le atribuía acción acidificante; sin embargo, ensayos de larga duración con aplicación continuada de superfosfato, aun en grandes dosis, mostraron que no ejerce ninguna acción significativa sobre el pH del suelo. (Guerrero, 1978).

c) Cloruro de potasio (KCl)

Esta sal es vendida con el término comercial de muriato de potasa. El término muriato es derivado del ácido muriático, un nombre común para ácido clorhídrico (HCl). El KCl grado fertilizante contiene 50 a 52% de K (60 a 63% de K_2O) y varía en color desde rasado a rojo a marrón o blanco. Es soluble en agua y es más comúnmente usado como fuente de K.

Aunque es una sal neutra, puede presentarse como potencialmente ácida, ya que el K, se absorbe por la planta con una intensidad muy superior al Cl^- . Este anión puede reaccionar con el calcio del suelo formando $CaCl_2$, muy soluble, que es fuertemente lixiviado. El Ca^{2+} desplazado del complejo adsorbente y perdido por lixiviación puede ser sustituido por otros cationes o bien por H^+ , en cuyo caso la descalcificación es prelude de la acidificación del suelo. Por lo que en principio no es recomendable para suelos ácidos y pobres en calcio. En caso opuesto: es decir, en suelos calizos o con alto contenido en cal activa y fuerte efecto closante, el KCl es un fertilizante potásico recomendable. (Guerrero, 1978).

3.5.3. Efecto sobre la Producción de forraje

La fertilización realizada en condiciones de secano en el altiplano de Puno en asociaciones de alfalfa – dactylo, fertilizados con 30 – 50 – 00 kg/Ha de N P K lograron la producción de forraje que superan en 29.9% a los no fertilizados. (Tapia y Díaz, 1970).

En un estudio realizado en Puno, comparando dos niveles de abonamiento fosforado 20 y 40 kg de fósforo por hectárea los resultados mostraron un incremento de 14 a 23 % más de rendimiento en materia seca por hectárea en comparación con el testigo y sin diferencia significativa entre tratamientos (Paredes 1987).

Se realizaron experimentos para determinar las necesidades de fósforo en la mantención de pastos mejorados (alfalfa, dactylis) en Yocara en Puno a 3900 m.s.n.m. utilizando como fuente de fósforo el superfosfato triple de calcio con 46% de $P_2 O_5$ con niveles de 00 – 25 – 46 – 92 – 184 kg de $P_2 O_5$ /Ha; en los resultados obtenidos fueron el nivel 92 kg de $P_2 O_5$ /Ha dio el mejor rendimiento de materia seca. (Convenio de Cooperación Técnica Peruano-Neozelandes, 1978).

En un trabajo realizado en los andes Venezolanos, se evaluó el efecto del nitrógeno, fósforo, potasio, micronutrientes y gallinazo, incorporados antes de la siembra, sobre el rendimiento anual de materia seca y contenido proteínico de los componentes de la asociación de alfalfa y kikuyo. La producción de alfalfa aumentó significativamente y la del kikuyo disminuyó significativamente debido al suministro de micronutrientes. Las producciones de alfalfa y de alfalfa+kikuyo aumentaron significativamente al incrementar el nivel de nitrógeno. Las producciones de alfalfa y de alfalfa + kikuyo aumentaron significativamente al incrementar el nivel de gallinazo. La producción de kikuyo aumentó significativamente con el suministro de potasio. Las producciones de alfalfa y de kikuyo no variaron significativamente con el suministro de fósforo. (Machado y Dávila, 1996)

En el trabajo realizado en Puno sobre rendimiento de materia seca y proteína total en el establecimiento de alfalfa y dactylis a diferentes niveles de fertilización en este caso utilizando Nitrógeno y Fósforo, conducido a 3800 m.s.n.m. obtuvieron hasta 8000 kg/ha utilizando dosis de 80 – 40 de nitrógeno y fósforo, en este caso las intermedias planteadas en este trabajo fueron asimiladas por las plantas, todos los tratamientos con fertilización fueron superiores al testigo que no fue fertilizado con el que obtuvieron 5000 kgMS/ha como se muestra en el siguiente cuadro 1.

Cuadro 1: Rendimiento de materia seca y proteína

| Niveles de Fertilización N - P | Asociados Alfalfa – Dactylis Materia seca (kg/ha) | Proteína Total |
|--------------------------------|--|----------------|
| 120 – 60 | 6800 | 366.3 |
| 120 – 20 | 7000 | 347.5 |
| 80 – 40 | 8000 | 415.1 |
| 40 – 60 | 7000 | 366.4 |
| 40 – 20 | 6600 | 361.4 |
| 0 - 0 | 5000 | 236.9 |

Fuente: Proyecto de Desarrollo Sostenible en el Altiplano. Puno. 1998.

Centro de Investigación del Estado de Merida, (1999), la fertilización influye positivamente en el rendimiento de materia seca, contenido de proteína, altura de las especies, kikuyo, Raygrass, y Bermuda, las mayores producciones de materia seca y proteína se obtuvo con la aplicación de 150 Kg de Nitrógeno por hectárea por año, el

kikuyo no respondió bajo un régimen de corte y por lo tanto presento menores rendimientos, pero el mayor contenido de proteína cruda y sus máximos valores se lograron con 300 Kg de Nitrógeno por hectárea por año.

En trabajos realizados en la zona alto andina de Puno, la fertilización de los pastos cultivados es recomendable, ya que las leguminosas responden positivamente a la aplicación de fósforo. En cuanto al nitrógeno según los resultados obtenidos se ve que su aplicación trae como consecuencia un daño a la leguminosa haciendo que esta fije poco nitrógeno, especialmente en los tréboles en que el daño es más notorio. Los niveles dependen de la fertilidad del suelo y el tiempo de establecimiento, anualmente puede variar entre 60 - 80 kg de N y 30 - 50 kg de fósforo. (PRODASA. 1995).

En leguminosas, la deficiencia de P limita la fijación de nitrógeno, porque los requerimientos de este elemento aumentan en la planta hospedera cuando se encuentra en simbiosis con *Rhizobium* por la nodulación, fijación simbiótica de N y crecimiento de la planta. Por ejemplo, se han encontrado correlaciones positivas entre la disponibilidad de P en el suelo y la concentración foliar (en floración) y el rendimiento de la leguminosa, lo que muestra que, hay una respuesta a la fertilización fosforada en suelos con bajo nivel de P. (Lamas et al. 1998).

III. MATERIALES Y METODOS

El presente estudio de investigación se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación y Capacitación Campesina Ayaracra (CICCA), localidad del Distrito de Tiyahuarco, en la Provincia de Cerro de Pasco, Región Cerro de Pasco.

Se llevó a cabo durante los meses de diciembre del año 2002 hasta mayo del 2003, acumulando seis meses de etapa experimental, esta etapa compendio a los meses lluviosos.

3.1 AREA EXPERIMENTAL.

La zona de estudio se encuentra a una altura de 4350 m.s.n.m de propiedad de la Comunidad Campesina de Yurajhuanca, pertenece según Holdridge (1987) a la zona de vida páramo muy húmedo – sub alpino tropical (pmH-SaT). El terreno pertenece a la clase agrológica V y VI en la clasificación de uso siendo apto para el establecimiento de pasturas cultivadas. (Flores, 1993).

El área experimental donde se realizaron las evaluaciones, denominado Campo Retajo cuenta con 4.0 has de pastos cultivados de asociación (gramínea – leguminosa), *Dactylis glomerata* var. *Potomac* y *Trifolium pratense* var. *Quiñequeli*. Esta pastura fue instalada en al año 1999.

3.1.1. Características del suelo.

Se realizó el análisis del suelo del lugar donde se realizó el experimento, para esto se tomaron muestras de suelo de las parcelas experimentales y se tomó una pequeña parte de esta muestra fue destinada para el análisis, en el laboratorio de Análisis de Suelos de la UNALM.

Las propiedades del suelo: fuertemente ácido pH 4.6, medio en materia orgánica 3.9%, fósforo 13 ppm y potasio 257 ppm. La textura es predominante franco arenosa. La capacidad de intercambio catiónico es medio 25.92 cmol (+) kg. (Flores 2004).

3.1.2. Temperatura del suelo.

La temperatura se evaluó, ubicando un punto circundante a las jaulas donde se medía el crecimiento del pasto, a una profundidad de 15 cm. La temperatura permitió medir la gradiente térmica al interior del suelo y cómo influye en el crecimiento de forraje.

El promedio de temperaturas registradas varía de 7.7 a 9.5 °C.

3.2 INSTALACIONES.

Dentro de la pastura se eligió dos zonas representativas, donde se señaló con estacas de madera 12 parcelas experimentales, cada una de 15 m² (5m de largo y 3 m de ancho), cada parcela se dividió en 6 partes imaginarias donde se colocó una jaula de crecimiento 0.50 m² de superficie para evitar que la pastura sea pisoteada o arrancada por los animales. Las jaulas fueron cambiadas de posición en cada corte, con el fin de evitar el corte sucesivo en la misma parcela.

El terreno de ensayo que está ubicado dentro de áreas representativas de la pastura comprendió un total de 380 m² divididas en dos bloques de 190 m² cada una, se dejaron distancia de 0.50 cm entre parcelas para diferenciar los tratamientos, cabe indicar que hubo un bloque con mayor cobertura y otro con menor cobertura de pasto ubicadas en diferentes sitios dentro de la pastura.

Los fertilizantes químicos como fuente de nitrógeno, fosforo y potasio, utilizados para el experimento fueron el Nitrato de Amonio 33% N, Súper fosfato triple 46 % P₂ O₅ , Cloruro de Potasio 50% KCl.

3.3. PARAMETROS A EVALUAR.

3.3.1 Composición Florística.

Para el estudio de la composición botánica de la pastura se procedió a evaluar las muestras obtenidas en cada corte, para esto se utilizó el tablero de marco puntual.

Las muestras fueron llevadas y secadas en el laboratorio de pastizales de la UNALM.

Cada muestra de materia seca de cada tratamiento fue esparcida cuidadosamente sobre la plantilla que está dividida en 100 cuadrados pequeños, una vez esparcido el pasto se tomaron los datos de la relación gramínea hoja, tallo, inflorescencia, senescente y verde. Leguminosas hoja, tallo, inflorescencia senescente y verde; y finalmente la presencia de otras especies.

3.3.2 Tasa De Crecimiento.

La tasa de crecimiento del pasto es el aumento de tamaño y peso de tejido nuevo de hojas y tallos por unidad de tiempo, usualmente por día (Kg MS/ha/día). La tasa de crecimiento después del pastoreo incrementa rápidamente al inicio y luego es más lento a medida que la masa vegetal, el área foliar y la intercepción de luz aumentan. La masa vegetal de la pastura se refiere a la cantidad de plantas de la asociación que están por encima del suelo, incluyendo la pastura viva y muerta expresada como kg MS/ha en cualquier época. (Hodson, 1979, citado por Korte y col 1987).

Para medir el crecimiento del forraje, se utilizaron jaulas de crecimiento de 0.50 m² de superficie, se colocaron en cada tratamiento o parcela con el fin de prevenir el pisoteo y consumos de los animales. Estas jaulas se cambiaban de posición en cada corte para evitar el corte sucesivo en la misma parcela.

Se realizó el corte de las muestras de forraje, luego colocado en bolsas de papel, debidamente identificado. Estas fueron trasladadas al laboratorio de pastizales de la UNALM para ser secadas en la estufa a 60⁰ C por un tiempo de 48 horas para obtener el material seco.

El valor obtenido del peso seco fue multiplicado por el factor 40 para calcular el crecimiento logrado por día, este se dividió entre 25 a 30 días que fue el intervalo de días entre cortes y así obtener kg de materia seca por ha por día (kg MS/ha/día).

3.3.3 Producción de forraje.

La producción de forraje kgMS/ha es la suma de las tasas de crecimiento multiplicado por el número de días del mes sumada a lo largo de la duración del experimento. Está influenciado principalmente por el sistema de manejo, el estado fenológico de la pastura y época del año.

La producción de forraje se midió utilizando los datos obtenidos de la tasa de crecimiento multiplicado por 160 días que fue el tiempo que duro el experimento. Estos datos fueron transformados a toneladas por hectárea.

3.4. TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES

La aplicación de los fertilizantes N P K se realizó al voleo, para esto previamente todo el pasto fue cortado al ras del suelo para iniciar el experimento.

Se evaluaron:

Dos dosis de Nitrógeno : 0 y 50 Kg/ha.

Tres dosis de fósforo : 0, 80 y 160 Kg/ha.

Dos dosis de potasio. : 0 y 30 Kg/ha

Para la aplicación de fertilizantes se procedió con la combinación de estos tres fertilizantes obteniéndose 12 tratamientos o combinaciones (2N x 3 P x 2 K).

Cuadro 2: Los factores en estudio que se consideraron son los siguientes:

| N | P₂ O₅ | K₂O | Tratamientos |
|----------|------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| N 0 | P 0 | K 0 | T 1 |
| | | K 30 | T 2 |
| | P 80 | K 0 | T 3 |
| | | K 30 | T 4 |
| | P 160 | K 0 | T 5 |
| | | K 30 | T 6 |
| N 50 | P 0 | K 0 | T 7 |
| | | K 30 | T 8 |
| | P 80 | K 0 | T 9 |
| | | K 30 | T 10 |
| | P 160 | K 0 | T 11 |
| | | K 30 | T 12 |

Croquis experimental:

Bloque

Mayor cobertura

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|------|-----|
| T 7 | T 1 | T 8 | T 9 | T 3 | T 10 | T 2 | T 12 | T 6 | T 5 | T 11 | T 4 |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|------|-----|

Bloque

Menor cobertura

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|------|-----|
| T 7 | T 1 | T 8 | T 9 | T 3 | T 10 | T 2 | T 12 | T 6 | T 5 | T 11 | T 4 |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|------|-----|

3.4.1. Diseño Experimental

Los valores que expresaron la Composición Florística, Tasa de crecimiento y Rendimiento de forraje, se analizaron utilizando el diseño Bloque Completo al Azar con arreglo factorial de 2 x 3 x 2 cuyo modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijkl} = \mu + N_i + P_j + K_k + B_l + (NP)_{ij} + (NK)_{ik} + (PK)_{jk} + (NPK)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}.$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta de la i-esima bloque al que se aplicó el i-esimo nivel del factor N, j-esimo del factor P, y k-esimo nivel del factor K.

μ = Efecto de la media general

B_l = Efecto del l-esimo bloque

N_i = Efecto del i-esimo nivel del factor N

P_j = Efecto de j-esimo nivel del factor P.

K_k = Efecto de k-esimo nivel del factor K

$(NP)_{ij}$ = Efecto de la interacción N x P

$(NK)_{ik}$ = Efecto de la interacción N x K

$(PK)_{jk}$ = Efecto de la interacción P x K

$(NPK)_{ijkl}$ = Efecto de la interacción N x P x K

ϵ_{ijkl} = Efecto aleatorio o error experimental en la obtención de Y_{ijkl} .

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EFECTO NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO

4.1.1. Composición florística del forraje.

La aplicación de los tratamientos de fertilización a la pastura fue positiva para las gramíneas como se ve en la figura 4. La composición botánica estuvo dada básicamente por la asociación *Dactylis glomerata* con 79.5 % *Trifolium pratense* con 17 % y la presencia de otras especies como *Festuca dolichophylla*, *Muhlenbergia peruviana*, *Alchemilla pinnata*, *Trifolium amabile* en 3 %. Como podemos observar la invasión de otras especies fue muy reducida resultado que es importante para el mantenimiento del forraje.

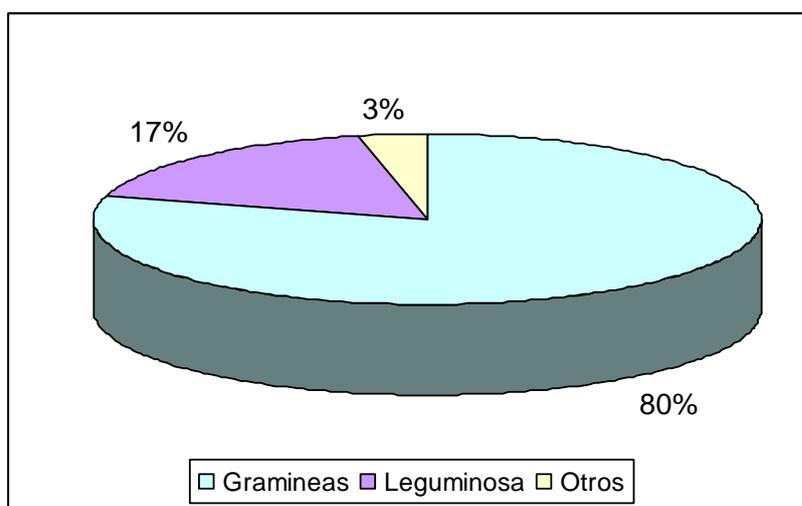


Figura 4: Composición Florística de *Dactylis glomerata* y *Trifolium pratense*

Los niveles de fertilización no afectaron notoriamente en la composición botánica de la pastura, el tratamiento 50 – 0 – 30 NPK favoreció en mayor promedio con 87 % la presencia de *Dactylis glomerata* dentro de la pastura y el valor más bajo con 9.4 % de presencia de leguminosas, el tratamiento 50 – 80 – 30 NPK al forraje favoreció positivamente la producción de leguminosas obteniendo el mayor promedio con 25 % y 74% de gramínea y 1 % de otras especies siendo el valor más bajo de especies invasoras.

En la conformación de las plantas con relación a la proporción de hojas, tallos, inflorescencias verdes y senescentes, tanto de gramíneas como leguminosas, la aplicación de los diferentes tratamientos a la pastura (figura 5) favoreció al incremento de las hojas verdes de las gramíneas en un 45 % del total de la pastura, seguidas por hojas senescentes 19%, tallos verdes en bajo porcentaje 1%, así mismo las hojas verdes de leguminosas formaron 11 % del forraje, 1 % de hojas secas de leguminosas. Como vemos las gramíneas fueron favorecidas enormemente pero también existe mayor cantidad de material senescente que en leguminosas. Las demás hojas tallos de otras especies formaron la menor parte del total del área evaluada.

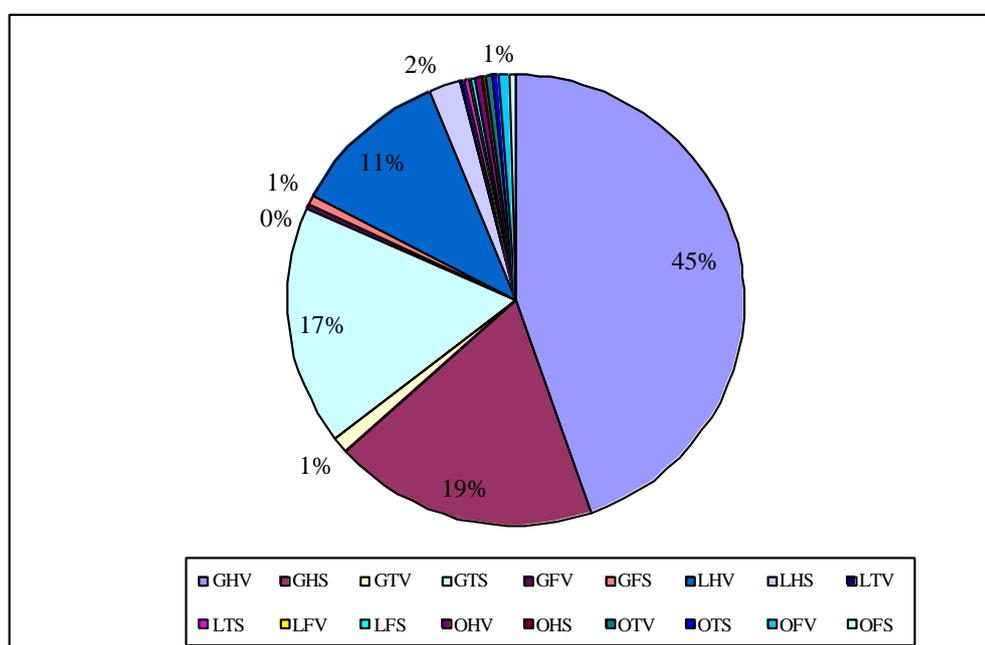


Figura 5: Relación hoja – tallo – flor verde y senescente de Dactylis y trébol.

El material verde predominó en la pastura 75 % hasta el final del experimento en el mes de mayo, el material senescente fue conformado mayormente por las gramíneas hoja y tallo en 25 % del total de la pastura, incluyendo las especies invasoras, pero en mínimo porcentaje.

4.2. EFECTOS PRINCIPALES EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, TASA DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE.

4.2.1. Efecto Principal del Nitrógeno.

La composición florística del forraje relacionada básicamente a la asociación de gramínea: leguminosa mostró significancia en los efectos principal del N. La prueba de medias nos

indica que la dosis nitrógeno 50 kg/ha fue mayor con 81 % de gramíneas 0 kg N/ha con 77.7 % gramínea, cabe indicar que la dosis 0 kg de N/ha para el caso las leguminosas fue mayor con 19% al tratamiento de 50 kg de N/ha con 15 % de leguminosas, este resultado se debe probablemente a que las leguminosas por su naturaleza fijan nitrógeno de la atmósfera a través de las bacterias que viven simbióticamente, esto indicaría la respuesta relativamente baja de la aplicación de N. Cuadro 3.

Con respecto al material verde y senescente no indica diferencia significativa a la aplicación de la dosis de nitrógeno, en el caso del material verde con N 0 fue mayor con 78 % a N 50 con 76 %, asimismo la diferencia entre dosis para material senescente no fue significativa. En tal caso como se ve en el cuadro 3 el material verde predominó notablemente en la pastura.

La tasa de crecimiento del pasto es el aumento de tamaño y peso de tejido nuevo de hojas y tallos por unidad de tiempo, usualmente por día (Kg MS/ha/día). La tasa de crecimiento después del pastoreo incrementa rápidamente al inicio y luego es más lento a medida que la masa vegetal, el área foliar y la intercepción de luz aumentan. (Hodson, 1979, citado por Korte y col. 1987).

La aplicación de nitrógeno tuvo efecto positivo significativo ($P \leq 0.05$) en la tasa de crecimiento de la asociación *Dactylis glomerata* y *Trifolium pratense*, sugiriendo la que la incorporación de nitrógeno a la pastura, habría tenido un efecto positivo sobre el crecimiento del pasto como se muestra en el cuadro 3. Así mismo la aplicación de la dosis de 50 kg N/ha favoreció el crecimiento del pasto 20.3 kgMS/ha/día. El Nitrógeno es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. (FAO 1992).

Cuadro 3: Efecto Principal del Nitrógeno en la Composición Florística, Tasa de crecimiento y Producción de Forraje.

| Variable | Nitrógeno kg/ha | | Significancia |
|---------------------------------|-----------------|---------|---------------|
| | 0 | 50 | |
| Gramínea: Leguminosa (%) | 77 : 19 | 81 : 15 | n.s. |
| Relación Verde: Senescente (%) | 78 : 22 | 76 : 24 | n.s. |
| Tasa de Crecimiento (kg/ha/día) | 19.1 | 20.3 | * |
| Producción (Tn/ha) | 3.08 | 5.5 | * |

En la producción de forraje, el análisis estadístico indica diferencia significativa ($P \geq 0.05$) para el efecto principal del nitrógeno favoreciendo positivamente la producción forrajera de *Dactylis glomerata* y *Trifolium pratense*, notamos que el nitrógeno tiene importancia en el rendimiento siendo la dosis de nitrógeno 50 (kg/ha) superior con 5.5 Tn/ha, resultado de mayor producción comparado con nitrógeno 0 kg/ha con 3.08 Tn/ha de rendimiento de forraje. Cuadro 3.

Con respecto al efecto de la fertilización nitrogenada en *Dactylis*, distintos investigadores informan importantes aumentos en el rendimiento de *Dactylis glomerata* al aumentar los niveles de N, asimismo el aporte de N a las pasturas incrementa el valor nutritivo del pasto. (PRODASA, 1995).

4.2.2. Efecto Principal del Fósforo.

El análisis de varianza no detectó diferencia significativa con respecto a la composición florística de la pastura y las dosis aplicadas de fósforo al forraje. Resultando la dosis de 160 kg/ha de fosforo mayor en la conformación de gramíneas con 80 % en este caso la dosis alta de fosforo incrementa la cantidad de gramíneas en la pastura y la dosis media de 80 kg/ha favoreció la composición de leguminosas con 19 %. Cuadro 4.

Con respecto a la conformación de material verde senescente del forraje no hubo diferencia significativa para el efecto principal del fosforo resultado las dosis P 80 y P 160 kg/ha con la misma proporción siendo a la vez ambas dosis superiores con 78: 22 % a la dosis P 0 kg/ha con 75: 25 % de gramínea: leguminosas.

El efecto principal de los niveles de P fue positivo significativo para la tasa de crecimiento del forraje ya que los datos analizados estadísticamente, indican diferencia altamente significativa entre los niveles de este nutriente siendo la dosis de 80 kg/ha de fósforo superior a las demás dosis obteniendo el mayor promedio 23.8 kgMS/ha/día seguido por fosforo 160 kg/ha con 19 kgMS/ha/día. Este resultado nos confirma que el fosforo como elemento influye en el crecimiento activo de las plantas, al incrementar el crecimiento del forraje. En el caso de leguminosas el aporte de P, además de contribuir al óptimo desarrollo tiene influencia sobre la fijación de N, ya que al estimular el crecimiento radicular de la planta favorece la nodulación e incrementa el peso y numero de nódulos. (INPOFOS, 2003).

En nuestro estudio la fertilización el fósforo habría mejorado la producción de este elemento en el suelo, desde que estos eran de contenido medio en fósforo (13 ppm) lo que había estimulado una rápida incorporación de este elemento en el metabolismo de nutrientes, transporte y almacenamiento de energía (ATP). La forma en que el fósforo es absorbido por las plantas fue afectada por diversos factores como; rango de pH, concentración de materia orgánica, cantidad de minerales en el suelo, temperaturas y humedad (Domínguez 1984, Muslera y Ratera 1991). Las parcelas que no recibieron fósforo habrían adsorbido menores cantidades de este elemento por lo que la superficie foliar habría sido menor (Quintero et al. 1997).

Cuadro 4: Efecto Principal del Fósforo en la Composición Florística, Tasa de Crecimiento y rendimiento de Forraje.

| Variable | Fosforo kg/ha | | | Significancia |
|---------------------------------|---------------|---------|-------|---------------|
| | 0 | 80 | 160 | |
| Gramínea: Leguminosa | 76 : 15 | 79 : 19 | 80:17 | n.s. |
| Verde : Senescente | 75 : 25 | 78 : 22 | 78:22 | n.s. |
| Tasa de Crecimiento (kg/ha/día) | 16.4 | 23.8 | 19.0 | * |
| Producción (Tn/ha) | 2.62 | 3.83 | 3.04 | ** |

La aplicación del fósforo tuvo un efecto positivo significativo ($P < 0.05$) sobre la tasa de crecimiento de *Dactylis glomerata* y *Trifolium pratense*. Siendo el impacto sobre producción de forraje más notoria ($P < 0.01$) que de la tasa de crecimiento ($P < 0.05$) sugiriendo que la incorporación de fósforo habría tenido un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo del pasto como se muestra en el cuadro 4. El fosforo mejoro la

producción de la asociación dactyls trébol, de 2.62 a 3.83 Tn/ha. Como resultado de una mejora en la absorción y concentración de fósforo en el tejido vegetal y una mayor acción de este elemento en procesos claves del metabolismo de la plantas y un mayor crecimiento de las raíces, tal como lo sugiere (Rivera, 2004) y una posible mejora en la persistencia del cultivo y en el pool de fósforo en el suelo (Tisdale y Nelson 1991).

Los niveles de fósforo indica que la dosis 80 kg/ha resulta superior con 3.83 Tn MS/ha, en este caso el fósforo es importante tanto en el crecimiento como en la producción de forraje de Dactylis y trébol, ya que se observa que al aplicar esta dosis se obtienen importantes incrementos de forraje, las dosis altas de fósforo aplicadas al cultivo 160 kg/ha no repercute significativamente en el rendimiento ni en el crecimiento del forraje.

El fósforo cumple un papel importante para la obtención de las plantas más vigorosas promoviendo la formación y crecimiento, mejorando la calidad de forraje y haciéndolas más resistentes a enfermedades (Domínguez 1984). La fertilización de fósforo en pasturas es una de las mejores herramientas para incrementar la oferta forrajera por unidad de superficie y tiempo y consecuentemente la producción animal, el adecuado suministro de fósforo asegura la persistencia de las pasturas además conserva las reservas de los nutrientes en el suelo (Tisdale y Nelson 1991). La deficiencia de fósforo que usualmente se tiene en suelos de puna, particularmente para leguminosas limita la fijación de nitrógeno y por ende el crecimiento de planta

El estudio muestra también que el aumento significativo ($P < 0.05$) de la producción forrajera que genera el abonamiento fosforado, se debió posiblemente a que el fósforo es el elemento clave para el éxito de la asociación gramínea - leguminosa en los suelos andinos, sabiendo que las leguminosas son más favorecidas por el abonamiento fosforado, la que a su vez liberan nitrógeno para el desarrollo y productividad de las gramíneas (Horber 1984).

En los cortes realizados la producción más alta de forraje se obtuvo en el tercer corte con el tratamiento 0 – 80 – 0 NPK llegando hasta 1365.60 kgMS/ha solo con la aplicación de fósforo, como se ve en este experimento la aplicación de fósforo a la pastura influye positivamente en el crecimiento así como en el rendimiento de Dactylis y trébol rojo, entonces el fósforo es un elemento importante para el desarrollo radicular y el crecimiento

de la planta, por otra parte las leguminosas requieren grandes cantidades de fósforo para su óptimo desarrollo ya que este elemento tiene influencia sobre la fijación del nitrógeno, al estimular el crecimiento radicular y favorece la formación de nódulos. Los resultados obtenidos para el efecto del fósforo están acorde con los obtenidos por (Moreno, 1998) en un ensayo a la asociación Rye grass y trébol en zona alto andina, ya que destaca la aplicación de la dosis 80 kg/ha, ya que favorece el redimiendo y crecimiento de la pastura.

Sabemos que, si a un cultivo se le proporciona muy poco fertilizante, la respuesta del crecimiento de la planta será deficiente, pero si las cantidades de fertilizante son excesivas, el crecimiento de la planta se desacelerará y habrá una posibilidad de que las raíces se dañen o que la planta muera a causa de la alta cantidad de sales del fertilizante. Si las cantidades de aplicación de fertilizante se mantienen entre estos extremos, entonces el crecimiento de la planta se puede manipular en base a la cantidad de aplicación de fertilizante. (Lindsay et al. 1962). No obstante, el efecto residual del fósforo en el suelo hace que las necesidades de mantenimiento disminuyan considerablemente.

En la mayoría de los suelos de las montañas de Cantabrica España, en praderas compuestas por rey grass y trébol blanco, los rendimientos del pasto en el primer año de producción aumentan hasta el nivel máximo de P utilizado (160 Kg P/Ha). No obstante, al cabo de pocos años se puede alcanzar el techo de rendimiento con cantidades bastante menores. (Mombiella, 1986).

4.2.3. Efecto Principal del Potasio.

No hubo diferencia significativa para el efecto principal de potasio en la proporción gramínea: leguminosa ni en la proporción del material verde senescente, la prueba de medias indica que la dosis K 30 kg/ha fue superior con 81 % de gramíneas a K 0 con 79 % de gramíneas, en el caso del materia verde K 0 fue superior con 78 %, con respecto a las leguminosas y material senescente la cantidad no es variable. Cuadro 5.

La variación entre dos especies en cuanto a la absorción de potasio depende de sus diferencias en la capacidad de tomar K de la solución del suelo y de la exploración radical; añadiendo que en general las gramíneas absorben el K en solución a una velocidad mayor que las leguminosas (Chenghui, et al. 1992).

La tasa de crecimiento no fue afectada por la aplicación de dosis de potasio como efecto principal ya que no existe diferencia significativa resultando la dosis 0 kg/ha superior con 21.3 kgMS/ha/día.

Cuadro 5: Efecto Principal del Potasio en la Composición Florística, Tasa de crecimiento y Producción de Forraje.

| Variable | Potasio kg/ha | | Significancia |
|---------------------------------|---------------|---------|---------------|
| | 0 | 30 | |
| Gramínea: Leguminosa | 79 : 18 | 81 : 17 | n.s. |
| Verde : Senescente | 78 : 22 | 77 : 23 | n.s. |
| Tasa de Crecimiento (kg/ha/día) | 21.3 | 18.2 | n.s. |
| Producción (Tn/ha) | 2.9 | 3.4 | n.s. |

No hubo repuesta significativa en la producción con la aplicación de niveles de potasio, sin embargo, se observó que con la aplicación de K 0 kg/ha de este elemento resulta con el mayor promedio con 3.4 TnMS/ha, probablemente la aplicación de este nutriente no sea necesaria en el caso de esta pastura. Así mismo estos resultados unidos a los del análisis de suelo indican que el potasio disponible es alto.

Dado que los suelos de la sierra tienen potasio disponible suficiente, no es recomendable fertilizarlos con este elemento. En todo caso, un análisis de suelos es recomendable y, de ser necesario, utiliza 5 kg/ha de cloruro de potasio. (Flores, 1993).

La fertilización de avena realizada en la parte alto andina de Arequipa, responde positivamente a la aplicación de N y P en la producción de este forraje. La aplicación de potasio no demostró diferencia en la producción de forraje, ya que la existencia de este compuesto en los suelos, permite cubrir sus necesidades satisfactoriamente. (Ilasaca, 1970).

Por otra parte, parece que las leguminosas, sobre todo, las del género *Trifolium*, que son las más utilizadas en pratericultura, son especies relacionadas con los contenidos en potasio del suelo. El estudio de la fertilización potásica en Galicia y su relación con la composición botánica del pasto no se ha realizado en profundidad, ya que en ensayos previos se ha detectado que su uso no repercutía significativamente en la producción de pasto (Piñeiro et

al, 1977). En caso de praderas de pastoreo se relacionaban también con el introducido por el reciclaje de las deyecciones a través de la producción de heces. (Mambiela y Mosquera, 1986).

4.4. EFECTOS DE LA INTERACCIONES EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, TASA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FORRAJE.

La combinación de los factores en estudio no resulto significativa con respecto a la variable de composición florística del forraje no resulto significativo en la proporción gramínea: leguminosa de la pastura. Figura 6.

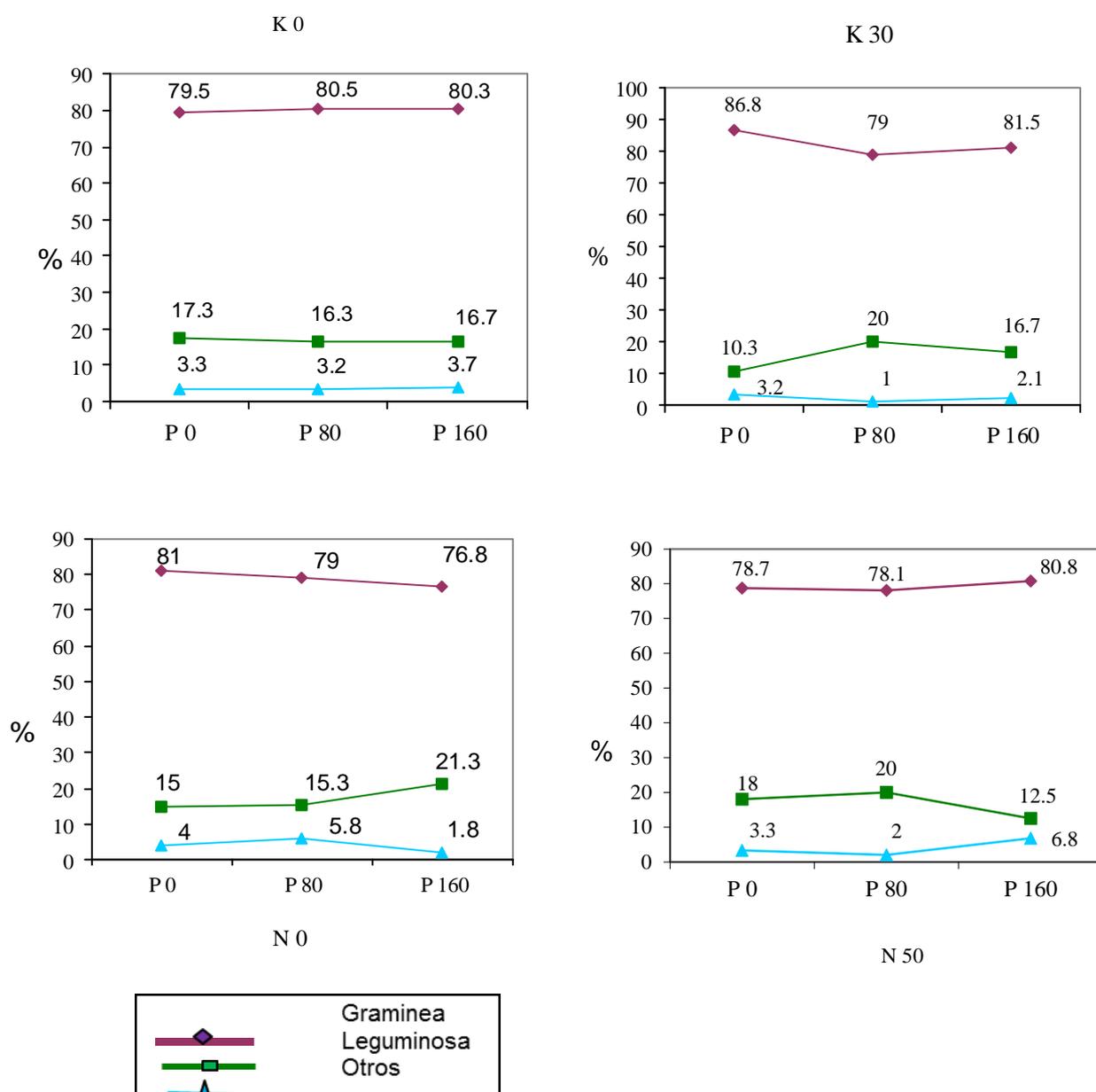


Figura 6: Efecto de la interacción N P K en la composición florística del forraje.

El resultado de análisis estadístico indica diferencia significativa para la interacción P x K para el material verde componente del forraje, tanto el P como el K intervienen en el aumento de la tasa de fotosíntesis, asimismo aumenta la síntesis de clorofila en las plantas, siendo este factor importante para el mantenimiento de las plantas verdes de la pastura.

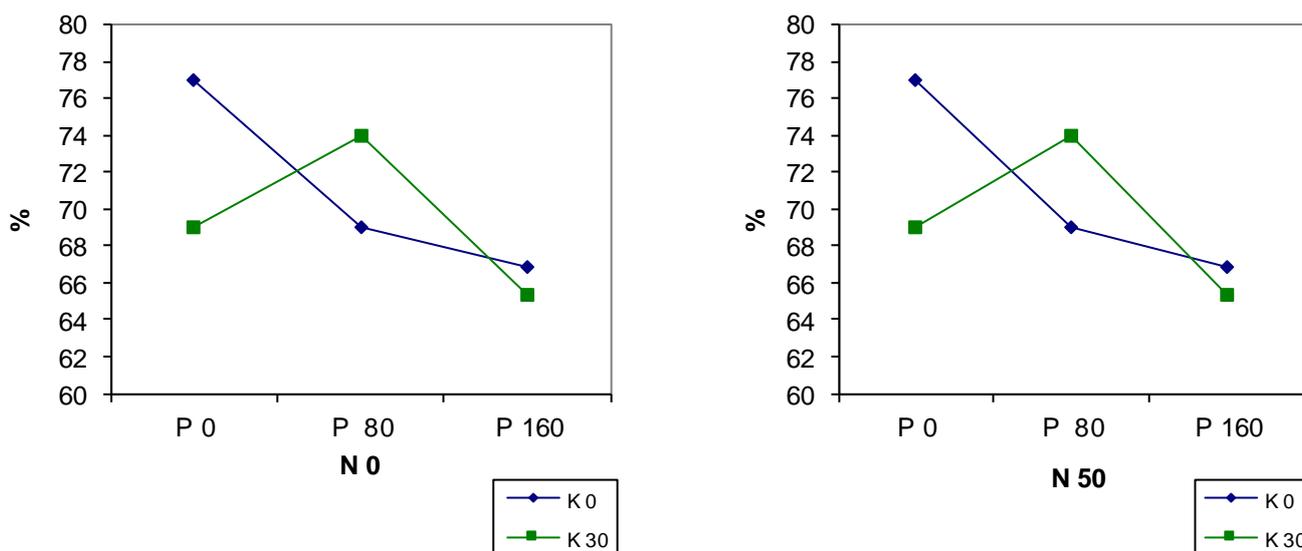


Figura 7: Efecto de la interacción N P K en el material verde del forraje

Como se observa en la figura 7, la interacción P x K en N 0 mejora el porcentaje de materia verde, el caso de K 0 y K 30 cuando se incrementa la dosis de P, el % de forraje verde aumenta sin importar el nivel de potasio; pero cuando la fertilización alcanza un nivel de 160 kg P/ Ha, una mayor cantidad de K disminuye el forraje verde, mientras que la no aplicación, favorece el incremento de forraje verde K 30 desciende y K 0 incrementa su efecto. La cantidad de P aplicada también puede afectar a la absorción de otros elementos. Un exceso de fósforo interacciona negativamente con la mayoría de microelementos (Fe, Mn, Zn y Cu), en algunas ocasiones debido a la formación de precipitados insolubles y en otras debido a procesos metabólicos en el vegetal que impiden el traslado del elemento nutriente desde la raíz al resto de partes de la planta. (Mombiela, 1986). En la figura 7 se observa que N 50, K 0 tiende a descender drásticamente mientras que K 30 aumenta el resultado en el nivel P 80 y desciende al incrementar la dosis de P. En

ambos gráficos observamos que el nivel de K 30 incrementa la proporción del forraje verde de la pastura cuando interactúa con el nivel de P 80.

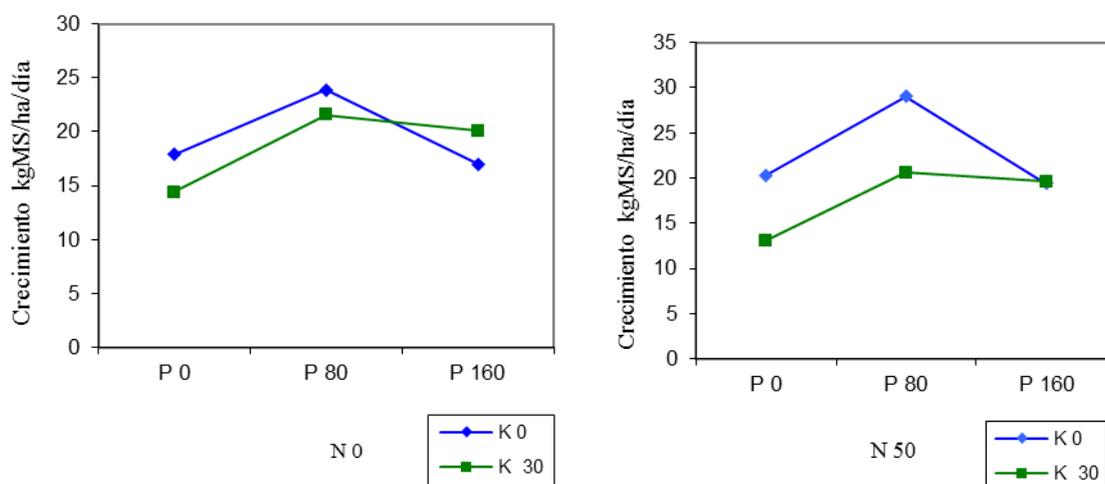


Figura 8: Efecto de la interacción NPK en el crecimiento y Producción del forraje.

La tasa de crecimiento y producción de forraje no indica diferencia significativa ($P \geq 0.05$) para las dosis de fertilización en las interacciones de primer orden, tampoco existe diferencia en las interacciones de segundo orden, esto quiere decir que probablemente los factores actúan en forma independiente o se deben al azar.

En la figura 8. El efecto de las interacciones en la tasa de crecimiento observamos que tanto N 0 y N 50 los niveles de fertilización K 0 y K 30 incrementan el crecimiento llegando a maximizar el resultado hasta la dosis de P 80, luego descienden al incrementar la dosis de P 160, como vemos la interacción N 50 P 80 y K 0 es superior en la tasa de crecimiento del forraje, al descender las líneas de P 80 a P 160 parece haber interacción pero que no es detectada al ser sometida a la prueba estadística.

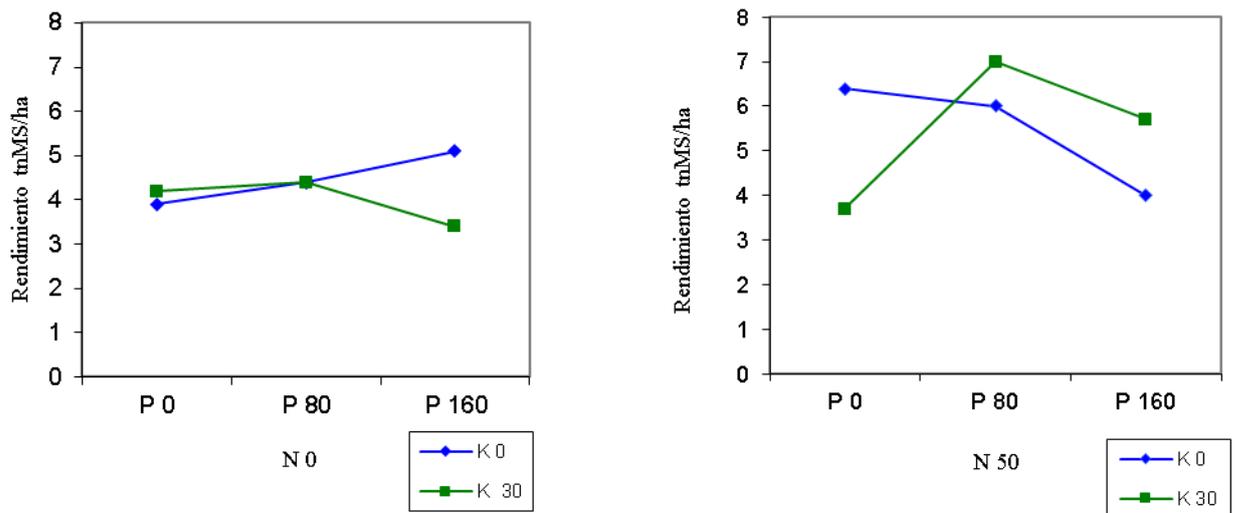


Figura 9: Efecto de las interacciones NPK en la Producción de forraje.

La prueba de medias para el crecimiento y producción del forraje mostró variabilidad significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos aplicando diferentes dosis de N P K el resultado de mayor Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día) de forraje se obtuvo con el tratamiento 50 – 80 – 0 (N P K) el crecimiento fue superior a los demás tratamientos con 29.04 kg/ha/día , lo que significa una producción de forraje de 4.65 tn/ha siendo diferente estadísticamente a las demás aplicaciones de fertilizantes. Figura 9. Por otro lado, el nitrógeno juega un papel crítico en la asimilación de fósforo, induciendo un incremento en la absorción de este por parte de la planta. (Juárez, et al. 1996; Sanches, et al. 1986). Con este resultado podemos decir que, a mayor nitrógeno, mayor producción en general; con N y P son altos conviene colocar K, pero cuando N es bajo y P alto no conviene colocar K. en conclusión se obtuvo mejor producción con N alto, P medio y K indistinto.

Los resultados de la tendencia de la tasa de crecimiento mensual coinciden con lo encontrado en el trabajo realizado en Puno, Umachire a 4200 m.s.n.m. en época de lluvia, 29.2 a 24.3 KgMS/ha/día , para una pastura asociada de rye grass inglés e italiano, trébol blanco, rojo y Dactylis. (Huanco, 1973).

Como podemos observar la producción, así como el crecimiento de forraje estarían favorecidos positivamente por la dosis 50 – 80 – 0 N P K con 4.65 tnMS/ha ya que muestran altos rendimiento en la asociación Dactylis y trébol. Cabe indicar que los datos

de producción de forraje (Tn/ha) están dados solo por los días que duro el experimento (seis meses). Los demás tratamientos no mostraron diferencia significativa teniendo como la más baja producción al tratamiento 50 – 0 – 30 NPK con 2.1 TnMS/ha.

4.5. DOSIS DE ABONAMIENTO ÓPTIMA.

La aplicación de diferentes dosis de fertilizantes a la pastura tuvo efectos muy variables en los cortes durante el experimento, la producción y por lo tanto el crecimiento de forraje para la asociación *Dactylis glomerata* y *Trifolium pratense* resulto favorable con el tratamiento 50 – 80 – 0 NPK ya que fue el tratamiento que mantuvo el más alto rendimiento llegando a 4.65 tnMS/ha promedio de seis cortes. (Anexo 3). Consideramos esta dosis como óptima para el abonamiento de la pastura, ya que con el resultado de esta combinación de fertilización se obtuvieron los más altos rendimientos de *Dactylis* y trébol.

La aplicación de elementos mayores como nitrógeno, fósforo y potasio a pasturas resulta favorable en el rendimiento forrajero, ya que estos nutrientes cumplen funciones importantes en el crecimiento y mantenimiento tanto del suelo como de la planta, en este caso la dosis optima nos indica que aplicando 50 kg/de N/ha que es una dosis media resulta positiva, contando con el resultado de análisis de suelo que indica contenido medio a alto de N y que las leguminosas que forman parte de esta asociación aportan N a través de la fijación simbiótica que es importante en la provisión de N a la pastura.

En trabajos realizados en zonas alto andinas y asociaciones similares de forraje indican dosis altas de N, como 120 kg/ha de N (Mercado, 2004) y dosis aún más altas como 160 kg/ka de N (Machado, 1996) concluyendo ambos trabajos que a medida que aumentan las dosis la producción de forraje es mayor.

En Cajamarca a altitudes más bajas (3000 m.s.n.m.) recomiendan que en cultivos de ray grass y trébol rojo, requieren mínima fertilización nitrogenada y dosis altas o medias de aplicación de superfosfato triple, la formula recomendada es 50 – 80 – 0 de N P K que fue la combinación optima que incremento el rendimiento de la pastura. (Terrones y Pajares. 1996).

En el caso del fósforo la dosis optima fue 80 kg/ha, ya que fue con la que mayor rendimiento de forraje obtuvo, en este caso el resultado coincide con otras investigaciones como es el caso de (Moreno, 1998) quien obtuvo el más alto rendimiento aplicando esta misma dosis de P a la pastura como se mencionó anteriormente, así mismo (Rivera, 2004) en su trabajo realizado con asociaciones de Rye grass y tréboles rojo y blanco obtuvo altos rendimientos con dosis de 80 kg/ha de P.

En el caso del potasio, comúnmente trabajos realizados con aplicación de fertilizantes en forma combinada no incluyen al potasio como fertilizantes a ser aportado al suelo probablemente con el supuesto de que se encuentra en el suelo en cantidad suficiente para el desarrollo de las plantas, en nuestra evaluación encontramos que el K además de encontrarse en cantidad media a alta en el suelo no requiere el aporte de este nutriente.

V. CONCLUSIONES

1.- La fertilización como efecto principal de nitrógeno y fósforo contribuyó a mejorar la tasa de crecimiento y la producción de la asociación *Dactylis* y trébol. El efecto principal del potasio no mostró diferencia en la pastura. Así mismo no se detectó diferencia de efectos principales con respecto a la composición florística del forraje. La prueba de medias mostró resultados positivos con la dosis de fósforo 80 y nitrógeno 50, es decir que dosis medias de nitrógeno y fósforo favorece la tasa de crecimiento y producción de forraje.

2.- El análisis de las interacciones reveló que los factores N 50, P 80 y K 0 obtiene mejores resultados y fue superior a los demás tratamientos. Al incrementar P 160 y K 30 los niveles de producción decrecen. La aplicación de K no indica efecto positivo en consecuencia no es necesaria su aplicación.

3.- La dosis óptima de fertilización para la asociación de *Dactylis glomerata* y *Trifolium pratense* en las condiciones del experimento sería de 50 – 80 – 0 NPK, pues presenta la producción más alta 4.65 TnMS/ha.,

VI. RECOMENDACIONES

- 1.- Evaluar las dosis recomendables y su interacción cuando se aplica S y microelementos como Bo y Mo importantes para la fijación efectiva de N y desarrollo de nódulos.
- 2.- Mediante ensayos críticos estimar el potencial incremento en capacidad de carga como resultado del aumento en la tasa de crecimiento y producción de forraje que resulta del efecto significativo del N y P.
- 3.- Estimar las limitaciones de la capacidad de fijación de leguminosas en asociaciones con gramíneas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARGEL, J. P. 1996. Contribución de las leguminosas forrajeras en la producción animal en sistema semi intensivo de pastoreo. I foro internacional. Veracruz México.

AZABACHE, ANDRÉS. L. 2003. Fertilidad de Suelos para una Agricultura Sustentable, Huancayo Perú.

BENIER, V. 1988. Fertilización de praderas. Boletín técnico 136. Chile.

CALZADA, B. 1987. Métodos Estadísticos. UNALM. Lima Perú.

CHENGHUI, HE. TIANXIU. 1992. Relationship between potassium and contents in vegetables. Southwest China Journal of Agricultural Sciences. Vol. 5, 49 – 55.

CHOQUE, J. 2003. Producción y Manejo de Especies Forrajeras. Editorial Universitaria UNA- Puno.

CONVENIO DE COOPERACION TECNICA PERUANO NEOZELANDES. 1978. Mejoramiento de pastos y ganadería. Puno. Perú.

DOMINGUEZ VIVANCO ALONSO. 1984. Tratado de Fertilización. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.

FAO 1992. Fertilized and Their Use. Food and agriculture organization of the United Nations international fertilizer industry association.

FLORES, A. Y BRIANT, F. 1992. Manual de pastos y forrajes. Programa colaborativo de apoyo a la investigación en Rumiantes menores. Dirección General de Investigación Pecuaria. Perú.

FLORES, M. E. 2000. Curso de establecimiento y manejo de pastos. Laboratorio de Utilización de praderas naturales. Boletín técnico. UNALM. Lima .Perú.

FLORES, M. E. 1993. Tambos alpaqueros y pastizales: I mapeo y conservación de praderas naturales. Boletín Técnico. UNALM. Lima. Perú.

FLORES A. Y MALPARTIDA, E. 1987. Manejo de praderas nativas y Pasturas en la región Alto andina del Perú. Tomo II. Banco agrario. Lima. Perú.

FONDO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. Centro de investigación del Estado de Merida. Venezuela. Efecto de fertilización Nitrogenada sobre el rendimiento y Calidad de tres Gramíneas. 1999.

GUERRERO, G. A. 1978. Cultivos Herbáceos Extensivos. Ediciones Mundi prensa.

GONZALES, D. H. 1980. Optimización de la fertilización con N P y Ca en el establecimiento de alfalfa asociada con Dactylo en la Irrigación Asillo. UNA Puno.

HARRISON, J. A. Ph D. 2003. El ciclo del nitrógeno. Visión learning Vol.1

HODSON, N. 1997. Medición sobre el terreno de erosión del suelo y de la escorrentía. (Boletín de suelos de la FAO - 68).

HOLDRIDGE, LR. 1987. Ecología basada en las zonas de vida. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). San José de costa Rica.

HORBER F. 1984. Experiencias en Pastos y Crianza de Ganado Vacuno Cooperación Técnica del Gobierno Suizo. Lima, Perú.

HORTUS, 2000. Semillas forrajeras. Boletín Informativo. Lima Perú.

HUANCO, S. V. 1973. Efecto del abonamiento con Nitrógeno Fosforo y Potasio en avena forrajera en dos localidades del departamento de Puno. Tesis. Ing. Agrónomo. UNA Puno.

INTA, 1998. Guía práctica de ganadería Vacuna I Bovina para carne. Región Pampeana. Informaciones Agronómicas, Fertilización de Pasturas y Verdeos. Vol 1. Número 1. INPOFOS.

ILASACA, HUICHE, F. 1970. Respuesta de dos variedades de avena a la aplicación de N y P. Tesis Ing. Agrónomo. UNA Puno. Pag-18.

JUAREZ SANZ, M. SANCHEZ ANDEU, J.1996. Fósforo en la Agricultura. Universidad de Alicante. Secretariado de Publicaciones.

KORTE, C. A. AND FIELD. 1987. Pasture Production in Livestock Feeding on Pasture Occasional Publication. N° 10 New Zealand Sonety of Manual Production.

LAMAS, M; PRIET, O; BOCLERO; LLDACOIDE; LOTANOS. 1998. Resultados Preliminares de Ensayos de Fertilización Fosforada en Soya. Realizados en el sur de Santa Fe Rey. Revista Facultad de Agronomia 17 (3); 297-303 p.

LINDSAY, WL.FRAZIER AW, STEPHENSON HF. 1962. Identification of reaction products from phosphate fertilizer in soil.

MANUAL DE MANEJO DE PASTOS CULTIVADOS EN ZONAS ALTOANDINAS. 2004. Dirección de crianza DGPA. Lima.

MACHADO DANIEL, DAVILA CIRILO. 1996. Efectos de la fertilización con N, P, K, micronutrientes y gallinazo en el establecimiento de la asociación de alfalfa (*Medicago sativa*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.

MINAG 1996. El agro en cifras. Boletín estadístico mensual. Perú.

MERCADO ARELLANO R. 2004. Efecto Residual de la fertilización Nitrogenada de una pradera de *Dactylis glomerata* y *Trifolium pratense* en secano en zona alto andina de la sierra central. Tesis Ing. Zootecnista. UNALM.

MOMBIELA, F., MOSQUERA, A. 1986. Centro de investigaciones de granos. La Coruña. España.

MORENO, LIÑAN. J. 1998. Efecto de la fertilización fosforada en la tasa de Crecimiento y Producción de Forraje de la Asociación Rye grass y Trébol en la zona Alto andina. Testis. UNALM.

MURPHY, L.S. 1979. MAP, DAP, Poly and rock. North Central Extension Industry Soil Fertility Workshop, INPOFOS. N° 17.

MURPHY, L.S. 1984. Water solubility of phosphate Fertilizers-Agronomic considerations. The fertilizer Institute Task Force on Water Solubility of P Fertilizers. The Fertilizer Institute Washinton, D.C.

MUSLERA, P. E; RATERA, G. C. 1991. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid.

PAREDES, G. 1987. Producción y Mejoramiento de Pastos. Alto andino con la incorporación de leguminosas. Impresiones Zenit. Puno. Perú.

PINEIRO, J.; GONZÁLEZ, E.; PÉREZ, M. 1977. Acción del fósforo, potasio y cal en el establecimiento de praderas en terrenos procedentes de monte. Comunicación presentada al III Seminario INIA/SEA sobre Pasto, Forrajes y P. Animal. INIA. Mabegondo. La Coruña.

PROYECTO DE DESARROLLO AGROPECUARIO SOSTENIDO EN EL ALTIPLANO. PRODASA. Informe Final. 1995. Proyecto Colaborativo CIP - CIID – INIA. Puno – Perú.

QUINTERO C.E; BOSCHETTI, NG; BENAVIDEZ, RA. 1997. Efecto residual y refertilización fosfatada de pasturas implantadas en Entre Ríos (Argentina). Ciencia del Suelo 15:1-5.

RIVERA, V. I. 2004. Efecto de diferentes niveles de fertilización fosforada en la Producción Forrajera de una asociación de Rye grass y trébol en la S.A.I.S. Tupac Amaru Junín. Tesis. EPG UNALM.

RUIZ Y TAPIA. 1987. Pastoreo y pastizales en los andes del sur del Perú. INIPA Programa colaborativo de apoyo a la investigación de rumiantes menores. Lima. Perú.

TAPIA M. DIAZ J. 1970. Ensayo comparativo en asociaciones forrajeras de alfalfa. Phalaris y dactilo. I reunión de especialistas forrajeros. UNALM. Perú.

TERRONES, JULIO Y PAJARES, VIOLETA (1996). Producción y manejo de pastos mejorados para la sierra. Ministerio de agricultura. INIA. Programa Nacional de Pastos y Forrajes. Lima. Perú.

TISDALE, S. NELSON. 1991. Evaluación Económica de producción lechera del IVITA. Tesis UNDAC. Pasco. Perú.

SOTO, P. 1996. Especies forrajeras mejoradas 2da edición. Instituto de investigación Agropecuaria. INIA. Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile.

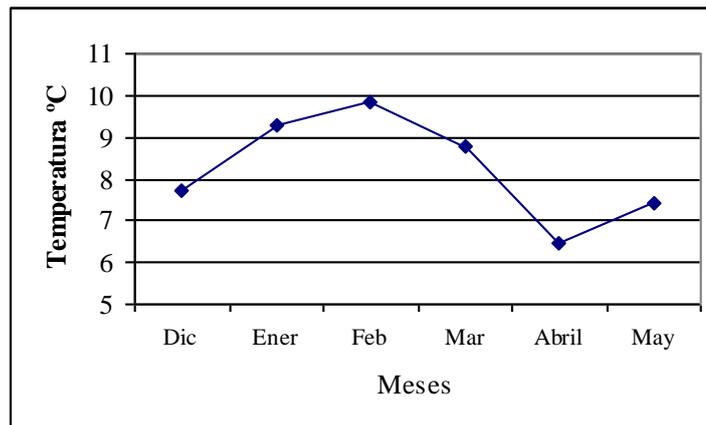
STEWART, A. 1996. Potencial pasture species proceeding of New Zeland grassland association. Nueva Zelanda.

VIII.ANEXOS

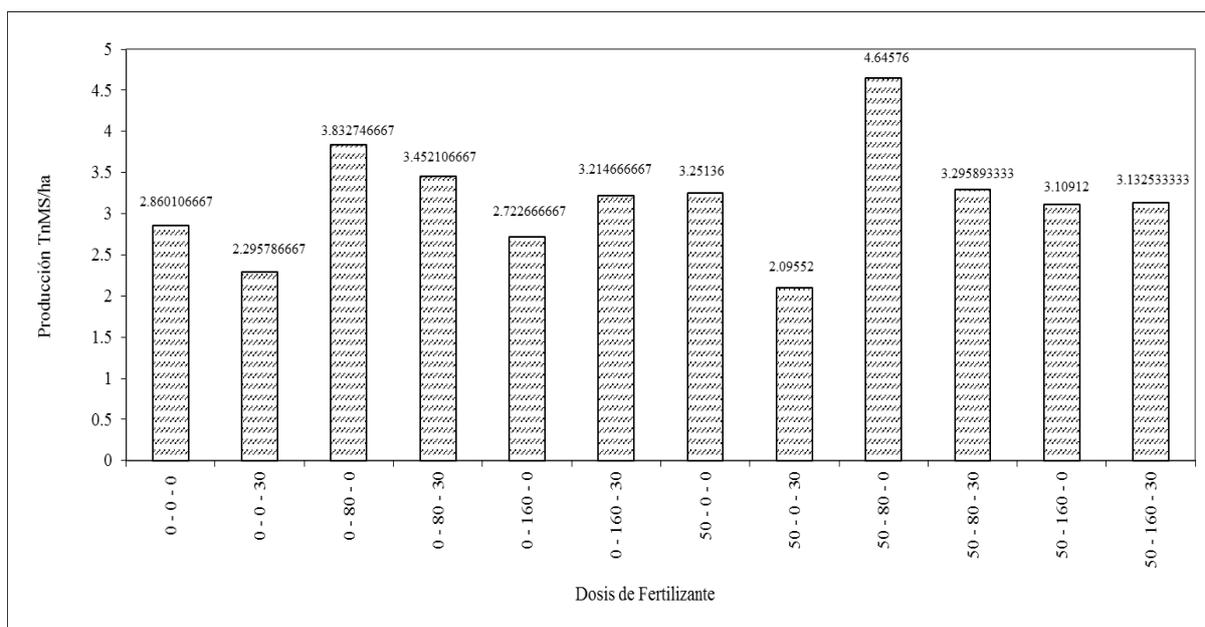
Anexo 1: Promedio de Temperaturas registradas durante el trabajo.

| Meses | Temperatura ° C |
|-----------|-----------------|
| Diciembre | 7.7 |
| Enero | 9.3 |
| Febrero | 9.5 |
| Marzo | 8.8 |
| Abril | 6.5 |
| Mayo | 7.5 |

Anexo 2: Variación de temperatura en el suelo



Anexo 3: Efecto de los Niveles de N P K en la producción de forraje TnMS/ha.



Anexo 4: Composición Florística por Tratamiento durante la Evaluación

| TRATAMIENTO (kg/ha) | | | Rendimiento % | | |
|---------------------|-------------------------------|------------------|---------------|------------|-------|
| N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Gramínea | Leguminosa | Otros |
| 0 | 0 | 0 | 72 | 17 | 3 |
| 0 | 0 | 30 | 80 | 17 | 3.3 |
| 0 | 80 | 0 | 76 | 17 | 6.8 |
| 0 | 80 | 30 | 81 | 16 | 3.2 |
| 0 | 160 | 0 | 77 | 21 | 2 |
| 0 | 160 | 30 | 80 | 17 | 3.7 |
| 50 | 0 | 0 | 79 | 18 | 3.1 |
| 50 | 0 | 30 | 87 | 9.4 | 3.2 |
| 50 | 80 | 0 | 86 | 12 | 2 |
| 50 | 80 | 30 | 74 | 25 | 1 |
| 50 | 160 | 0 | 81 | 13 | 6.8 |
| 50 | 160 | 30 | 82 | 16 | 2 |
| Promedio | | | 79.5 | 17.3 | 3.3 |

Anexo 5: Tabla de Análisis de Varianza para Composición Florística Gramíneas

| F. de V. | G.L | S.C. | C.M. | Fc | T Sig. |
|----------------|-----|---------|-------|------|--------|
| Bloques | 1 | 36.01 | 36.01 | 0.52 | n.s |
| Tratamiento | 11 | 309.13 | 28.10 | 0.40 | |
| Nitrógeno (N) | 1 | 12.32 | 12.32 | 0.17 | n.s |
| Fósforo (P) | 2 | 8.34 | 4.17 | 0.06 | n.s |
| Potasio (K) | 1 | 88.9 | 88.9 | 1.29 | n.s |
| N x P | 2 | 144.93 | 72.46 | 1.05 | n.s |
| N x K | 1 | 0.58 | 0.58 | 0.08 | n.s |
| P x K | 2 | 43.41 | 21.7 | 0.31 | n.s |
| N x P x K | 2 | 10.65 | 5.32 | 0.07 | n.s |
| Error Experim. | 11 | 755.7 | 68.7 | | |
| Total | 23 | 1100.84 | | | |

CV = 10.46 %

Anexo 6: Tabla de Análisis de Varianza para Composición Florística Leguminosas.

| F. de V. | G.L | S.C. | C.M. | Fc | T Sig. |
|----------------|-----|--------|-------|------|--------|
| Bloques | 1 | 29.48 | 29.48 | 0.73 | n.s |
| Tratamiento | 11 | 364.23 | 33.11 | 0.82 | |
| Nitrógeno (N) | 1 | 24.0 | 24 | 0.60 | n.s |
| Fósforo (P) | 2 | 24.43 | 12.21 | 0.30 | n.s |
| Potasio (K) | 1 | 1.04 | 1.04 | 0.02 | n.s |
| N x P | 2 | 46.94 | 23.47 | 0.58 | n.s |
| N x K | 1 | 24.81 | 24.81 | 0.62 | n.s |
| P x K | 2 | 98.21 | 49.10 | 1.23 | n.s |
| N x P x K | 2 | 144.8 | 72.4 | 1.81 | n.s |
| Error Experim. | 11 | 439.47 | 39.9 | | |
| Total | 23 | 833.18 | | | |

CV = 32.1 %

Anexo 7: Tabla de Análisis de Varianza para Composición Florística Material Verde

| F. de V. | G.L | S.C. | C.M. | Fc | T Sig. |
|----------------|-----|--------|-------|------|--------|
| Bloques | 1 | 55.2 | 55.2 | 3.13 | n.s |
| Tratamiento | 11 | 343.69 | 31.24 | 1.77 | |
| Nitrógeno (N) | 1 | 47.04 | 47.04 | 2.67 | n.s |
| Fósforo (P) | 2 | 22.51 | 11.26 | 0.63 | n.s |
| Potasio (K) | 1 | 3.38 | 3.38 | 0.19 | n.s |
| N x P | 2 | 79.87 | 39.74 | 2.26 | n.s |
| N x K | 1 | 7.47 | 7.47 | 0.42 | n.s |
| P x K | 2 | 159.89 | 79.95 | 4.52 | * |
| N x P x K | 2 | 23.53 | 11.76 | 0.66 | n.s |
| Error Experim. | 11 | 193.77 | 17.91 | | |
| Total | 23 | 833.18 | | | |

CV = 5.89%

Anexo 8: Tabla de Análisis de Varianza para Composición Florística Material Senescente.

| F. de V. | G.L | S.C. | C.M. | Fc | T Sig. |
|----------------|-----|--------|-------|------|--------|
| Bloques | 1 | 30.82 | 30.82 | 1.88 | n.s |
| Tratamiento | 11 | 326.45 | 29.67 | 1.81 | |
| Nitrógeno (N) | 1 | 47.9 | 47.9 | 4.57 | n.s |
| Fósforo (P) | 2 | 11.29 | 5.65 | 0.34 | n.s |
| Potasio (K) | 1 | 13.2 | 13.2 | 0.80 | n.s |
| N x P | 2 | 71.55 | 35.77 | 2.18 | n.s |
| N x K | 1 | 17.01 | 17.01 | 1.03 | n.s |
| P x K | 2 | 51.22 | 25.65 | 1.56 | n.s |
| N x P x K | 2 | 87.28 | 43.64 | 2.66 | n.s |
| Error Experim. | 11 | 180.09 | 16.37 | | |
| Total | 23 | 537.36 | | | |

CV = 13.85 %

Anexo 9: Efectos Principales en Composición Florística (% de gramíneas)

| | N 0 | | N 50 | | Promedio P |
|------------|------|------|------|------|------------|
| | K 0 | K 30 | K 0 | K 30 | |
| P 0 | 72 | 80 | 79 | 87 | 79.5 |
| P 80 | 76 | 81 | 86 | 74 | 79.3 |
| P 160 | 77 | 80 | 81 | 82 | 80 |
| Promedio K | 75 | 80.3 | 82 | 81 | |
| Promedio N | 77.7 | | 81.5 | | |

Anexo 10: Efecto Principal en Composición Florística para Leguminosas

| | N 0 | | N 50 | | Promedio P |
|------------|------|------|------|------|------------|
| | K 0 | K 30 | K 0 | K 30 | |
| P 0 | 17 | 17 | 18 | 9.4 | 15.3 |
| P 80 | 26 | 16 | 12 | 25 | 19.8 |
| P 160 | 21 | 17 | 13 | 16 | 16.8 |
| Promedio K | 21.3 | 16.7 | 14.3 | 16.8 | |
| Promedio N | 19.0 | | 15.6 | | |

Anexo 11: Efecto Principal en Composición Florística para Otras especies

| | N 0 | | N 50 | | Promedio P |
|------------|-----|------|------|------|------------|
| | K 0 | K 30 | K 0 | K 30 | |
| P 0 | 2 | 3.3 | 3.1 | 3.2 | 2.9 |
| P 80 | 6.8 | 3.2 | 2 | 1 | 3.3 |
| P 160 | 2 | 3.7 | 6.8 | 2 | 3.3 |
| Promedio K | 3.6 | 3.4 | 4.0 | 2.1 | |
| Promedio N | 3.5 | | 3.0 | | |

Anexo 12: Efecto principal en Composición Florística para material Verde

| | N 0 | | N 50 | | Promedio P |
|------------|------|------|------|------|------------|
| | K 0 | K 30 | K 0 | K 30 | |
| P 0 | 85 | 73.8 | 78 | 65.3 | 75.6 |
| P 80 | 72 | 77 | 76 | 85 | 77.5 |
| P 160 | 82 | 78 | 73.7 | 80 | 78.4 |
| Promedio K | 79.7 | 76.3 | 75.9 | 76.8 | |
| Promedio N | 78.0 | | 76.3 | | |

Anexo 13: Efecto Principal en Composición Florística para material senescente

| | N 0 | | N 50 | | Promedio P |
|------------|------|------|------|------|------------|
| | K 0 | K 30 | K 0 | K 30 | |
| P 0 | 15 | 26 | 22 | 34.5 | 24.4 |
| P 80 | 28 | 23 | 24 | 15 | 22.5 |
| P 160 | 18 | 22 | 26.6 | 20 | 21.7 |
| Promedio K | 20.3 | 23.7 | 24.2 | 23.2 | |
| Promedio N | 22.0 | | 23.7 | | |

Anexo 14: Efectos principales del N P K en la Tasa de crecimiento.

| Nitrógeno | | Fósforo | | Potasio | |
|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| Dosis kg/ha | Rendimiento kgMS/ha/día | Dosis kg/ha | Rendimiento kgMS/ha/día | Dosis kg/ha | Rendimiento kgMS/ha/día |
| 0 | 19.10 | 0 | 16.36 | 0 | 21.27n.s. |
| 50 | 20.33 * | 80 | 23.81 * | 30 | 18.24 n.s. |
| | | 160 | 19.03 * | | |

Anexo 15: Variación de Cortes de Forraje aplicando diferentes dosis de N P K en la Tasa de Crecimiento (kg/ha/día) del Forraje.

| Dosis NPK Kg/ha | Cortes | | | | | | Suma | Crecimiento Kg/Ha/día |
|-----------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 0 - 0 - 0 | 22.4 | 21.75 | 23.36 | 15.98 | 15.12 | 8.64 | 107.25 | 17.88 |
| 0 - 0 - 30 | 15.2 | 22.1 | 19.984 | 12.09 | 10.24 | 6.48 | 86.09 | 14.35 |
| 0 - 80 - 0 | 24 | 27.4 | 34.432 | 28.86 | 20.72 | 8.32 | 143.73 | 23.95 |
| 0 - 80 - 30 | 34.4 | 32.95 | 27.6 | 16.9 | 10.8 | 6.8 | 129.45 | 21.58 |
| 0 - 160 - 0 | 23.2 | 17.5 | 22.616 | 16.3 | 14.24 | 8.24 | 102.10 | 17.02 |
| 0 - 160 - 30 | 44 | 14.55 | 30.896 | 15.66 | 10.24 | 5.2 | 120.55 | 20.09 |
| 50 - 0 - 0 | 41.6 | 17.35 | 20.864 | 18.43 | 13.44 | 10.24 | 121.93 | 20.32 |
| 50 - 0 - 30 | 21.6 | 11.35 | 17.888 | 9.184 | 10.72 | 7.84 | 78.58 | 13.10 |
| 50 - 80 - 0 | 26.4 | 32.65 | 38 | 34.22 | 19.1 | 23.85 | 174.22 | 29.04 |
| 50 - 80 - 30 | 20.8 | 14.7 | 31.424 | 19.71 | 20.64 | 16.32 | 123.60 | 20.60 |
| 50 - 160 - 0 | 37.6 | 15.4 | 25.2 | 14.79 | 17.36 | 6.24 | 116.59 | 19.43 |
| 50 - 160 - 30 | 49.6 | 13.75 | 18.032 | 13.37 | 14.56 | 8.16 | 117.47 | 19.58 |

Anexo 16: Tabla de Análisis de Varianza para Tasa de Crecimiento (Kg/ha/día)

| F. de V. | G.L | S.C. | C.M. | Fc | T Sig. |
|----------------|-----|-------------|--------|-------|--------|
| Bloques | 1 | 129.96 | 129.97 | 10.72 | ** |
| Tratamiento | 11 | 385.53 | 35.05 | 2.89 | |
| Nitrógeno (N) | 1 | 8.65 | 8.7 | 0.71 | * |
| Fósforo (P) | 2 | 224.04 | 112.0 | 9.24 | ** |
| Potasio (K) | 1 | 55.66 | 55.7 | 4.59 | n.s |
| N x P | 2 | 2.61 | 1.31 | 0.10 | n.s |
| N x K | 1 | 27.24 | 27.24 | 2.24 | n.s |
| P x K | 2 | 65.7810897 | 32.89 | 2.71 | n.s |
| N x P x K | 2 | 1.5236186 | 0.76 | 0.06 | n.s |
| Error Experim. | 11 | 133.3577964 | 12.12 | | |
| Total | 23 | | | | |

CV = 17.63 %

Anexo 17: Prueba Duncan para el efecto Fósforo en la tasa de crecimiento

| Niveles de P (kg/ha) | Promedios Ordenados | ALS Significancia (0.01) |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| P 80 | 23.80 | A |
| P 160 | 19.03 | B |
| P 0 | 16.41 | B |

Anexo 18: Tasa de Crecimiento de *Dactylis glomerata* y *Trifolium pratense* aplicando diferentes niveles de N P K. Prueba de medias.

| Dosis NPK kg/ha | Crecimiento Kg/ha/día | Producción TnMS/ha |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|
| 50 -8 0 - 0 | 29.04 a | 4.65 |
| 0 - 80 - 0 | 23.95 b | 3.83 |
| 80 - 30 - 0 | 21.58 b c | 3.45 |
| 50 - 80 - 30 | 20.60 c | 3.29 |
| 50 - 0 - 0 | 20.32 c | 3.25 |
| 0 - 160 - 30 | 20.09 c | 3.21 |
| 50 - 160 - 30 | 19.58 c | 3.13 |
| 50 - 160 - 0 | 19.43 c | 3.10 |
| 0 - 0 - 0 | 17.87 c | 2.86 |
| 0 - 160 - 0 | 17.02 c | 2.72 |
| 0 - 0 - 30 | 14.35 c | 2.29 |
| 50 - 0 - 30 | 13.10 c | 2.09 |

Anexo 19: Variación de Cortes en la Disponibilidad de Forraje aplicando diferentes dosis de N P K

| Dosis NPK kg/ha | cortes | | | | | | Suma | Disponibilid Kg/Ha |
|--------------------|--------|---------|--------|-------|-----|------|---------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 0 - 0 - 0 | 1100 | 525 | 657.6 | 397.8 | 654 | 378 | 3712.40 | 618.73 |
| 0 - 0 - 30 | 400 | 528.76 | 544 | 729.4 | 708 | 1066 | 3976.16 | 662.69 |
| 0 - 80 - 0 | 380 | 480 | 1365.6 | 254 | 942 | 736 | 4157.60 | 692.93 |
| 0 - 80 - 30 | 1040 | 616.25 | 605.2 | 530.4 | 600 | 670 | 4061.85 | 676.98 |
| 0 - 160 - 0 | 700 | 1116.25 | 878.2 | 907.4 | 586 | 682 | 4869.85 | 811.64 |
| 0 - 160 - 30 | 820 | 333.75 | 752.6 | 181.2 | 696 | 394 | 3177.55 | 529.59 |
| 50 - 0 - 0 | 1860 | 698.75 | 724.4 | 984 | 936 | 844 | 6047.15 | 1007.86 |
| 50 - 0 - 30 | 1580 | 437.5 | 367.6 | 131.6 | 650 | 308 | 3474.70 | 579.12 |
| 50 - 80 - 0 | 1180 | 1050 | 1104.2 | 1133 | 682 | 568 | 5717.60 | 952.93 |
| 50 - 80 - 30 | 820 | 1003.75 | 1318 | 1317 | 834 | 1326 | 6618.35 | 1103.06 |
| 50 - 160 - 0 | 1480 | 611.25 | 648.8 | 296.8 | 636 | 460 | 4132.85 | 688.81 |
| 50 - 160 - 30 | 1420 | 1200 | 707.6 | 912 | 442 | 764 | 5445.60 | 907.60 |

Anexo 20: Cuadro de Análisis de Varianza para producción de forraje (Tn/ha)

| F. de V. | G.L | S.C. | C.M. | Fc | T Sig. |
|----------------|-----|------|------|-------|--------|
| Bloque | 1 | 47.7 | 47.7 | 49.02 | ** |
| Tratamiento | 11 | 29.5 | 2.7 | 2.75 | |
| Nitrógeno (N) | 1 | 8.6 | 8.6 | 8.87 | * |
| Fósforo (P) | 2 | 4.1 | 2.1 | 2.13 | * |
| Potasio (K) | 1 | 0.3 | 0.3 | 0.34 | n.s |
| N x P | 2 | 2.4 | 1.2 | 1.25 | n.s |
| N x K | 1 | 0.3 | 0.3 | 0.33 | n.s |
| P x K | 2 | 3.0 | 1.5 | 1.54 | n.s |
| N x P x K | 2 | 10.6 | 5.2 | 5.43 | n.s |
| Error Experim. | 11 | 10.7 | 0.9 | | |
| Total | 23 | | | | |

CV = 20.34 %