

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**



**MEJORANDO PRADERAS NATIVAS A TRAVÉS DE LA
INTRODUCCIÓN DE TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens*):
EFECTO DE LA DOSIS DE FÓSFORO Y
DISTANCIAMIENTO ENTRE GOLPES**

Presentada por:

NILA LIMA MOLINA

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

Lima - Perú

2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**“MEJORANDO PRADERAS NATIVAS A TRAVÉS DE LA
INTRODUCCIÓN DE TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens*):
EFECTO DE LA DOSIS DE FÓSFORO Y DISTANCIAMIENTO
ENTRE GOLPES”**

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

**Presentada por:
NILA LIMA MOLINA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

**Dr. Arturo Flores Martínez
PRESIDENTE**

**Ph.D. Enrique Flores Mariazza
PATROCINADOR**

**Ph.D. Lucrecia Aguirre Terrazas
MIEMBRO**

**Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso
MIEMBRO**

*A Dios que me ha dado la vida y fortaleza
para cumplir mis objetivos.*

*A Williams y a mi adorada hija Asiry la razón
de mi vida.*

*A mis queridos padres Roberto y Hermenes (+) por cultivar en mí,
valores de ética y disciplina.*

*A mis hermanos Robert y Karina por su amor y apoyo
incondicional en todo momento.*

AGRADECIMIENTO

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

A Lucrecia Aguirre Terrazas Ph.D; y Javier Ñaupari Ph.D; Excelentes profesionales y de gran valor humano gracias por la acertada orientación y ejemplo.

A todo el equipo del Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, a los Ingenieros Cecilio Barrantes, José Ruiz, Raúl Tacuna, Bill Yalli, a Susana Sánchez, Rocío Aguilera y al Sr. Reynaldo Cancho, por el apoyo y la amistad en todo momento como equipo de trabajo.

A mis amigos y compañeros de la UNALM, Maribel, Roció, y Elena Dávila, por los momentos compartidos y contribución en todo momento.

A toda mi familia; mis primos Lucho y Adela, Isabel y Hugo, a mis sobrinos Wilber, Richard, Cedrik y Renzo mis sobrinas Jhosselin, Gabriela y María José quienes de ellos recibí mucho apoyo y supieron acogerme en los momentos que más necesitaba.

A todas aquellas personas tan maravillosas que me animaron a seguir y abrir mis sueños para concretar una meta más.

“MEJORANDO LAS PRADERAS NATIVAS A TRAVÉS DE LA INTRODUCCIÓN DE TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens*): EFECTO DE LA DOSIS DE FÓSFORO Y DISTANCIAMIENTO ENTRE GOLPES”

RESUMEN

Durante dos años se condujo un estudio para evaluar el impacto de la introducción del trébol (*Trifolium repens*) blanco en praderas naturales dominadas por *Festuca Dolichophylla* (fedo). El área de estudio estuvo ubicada a 4 500 msnm en la región de Pasco; sector Ayaracra, corresponde a la eco región Puna. El diseño fue un factorial 2x2 en bloques con dos factores de fosforo 0 y 80 Kg/ha y dos distanciamientos (0.5 v/s 1.0m) los parámetros evaluados fueron cobertura, densidad, vigor, productividad, grado de nodulación y contenido de nitrógeno en la planta y el suelo. Los resultados revelaron que el fósforo mejoro ($P < 0.05$) la altura, rendimiento y vigor del Fedo y que no hubo efecto del distanciamiento en los parámetros evaluados. Cuando se evaluó el efecto del fosforo y distanciamiento sobre el comportamiento del trébol se encontró que el fósforo mejoro el grado de nodulamiento ($P < 0.05$), pero no hubo efecto significativo sobre el contenido de nitrógeno en la planta clave y el suelo a pesar de que hubo una tendencia clara a su mejora. Se recomienda Evaluar la persistencia y capacidad adaptativa del *Trifolium repens* diferentes condiciones de manejo y estrés ambiental para determinar los ambientes óptimos donde se puede aplicar esta estrategia de mejora de praderas naturales.

***Palabras claves:* Productividad, vigor y cobertura**

"IMPROVING GRASSLANDS THROUGH THE INTRODUCTION OF WHITE CLOVER (*Trifolium repens*): EFFECT OF PHOSPHORUS DOSES AND DISTANCE BETWEEN SOWING SEEDS GAPS"

ABSTRACT

During two years, a study was conducted to assess the impact of the introduction of white clover in natural prairies dominated by *Festuca dolichophylla*. The study area was located at 4 500 m.a.s.l. in the region of Pasco; Ayaracra sector belonging to the Puna ecoregion. The study design was a 2x2 factorial in blocks with two factors of phosphorus 0 to 80 kg / ha and two distances between sowing seeds gaps (0.5 v / s 1.0m). The parameters evaluated were coverage, density, vigor, productivity, degree of nodulation and nitrogen content the plant and soil. The results revealed that phosphorus improved (P <0.05) the height, yield and vigor of Fedu and that there was no effect of distancing in the parameters evaluated. When the effect of phosphorus and distancing the behavior clover was evaluated it was found that the phosphorus improved the degree of nodulamiento (P <0.05), but there was no significant effect on the nitrogen content in the key plant and in the soil, despite there was a clear trend toward improvement. Interactions between phosphorus and nitrogen. It is recommended to evaluate the persistence and adaptive capacity of *Trifolium repens* to different management conditions and environmental stress to determine the optimal environments where it can apply this strategy of improving prairies.

Palabras claves: Productivity, vigor and coverage

ÍNDICE GENERAL

	Pag.	
I.	INTRODUCCIÓN	01
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	03
2.1	AUTOECOLOGÍA DEL TRÉBOL BLANCO	03
2.1.1	Morfofisiología del Trébol Blanco (<i>Trifolium repens</i>)	03
2.1.2	Fenología del trébol blanco	05
2.1.3	Distribución y adaptación	06
2.1.4	Interacciones y competencias	08
2.2	VALOR FORRAJERO DEL TRÉBOL BLANCO	10
2.2.1	Variedades y tipos	10
2.2.2	Rendimiento forrajero	12
2.2.3	Fijación del Nitrógeno	13
2.2.4	Valor nutritivo	16
2.3	INTRODUCCIÓN DEL TRÉBOL BLANCO EN PRADERAS NATIVAS	18
2.3.1	Praderas nativas y sus límites	18
2.3.2	Introducción de trébol blanco	21
2.3.3	Abonamiento y la fertilización	23
2.3.4	Manejo de la asociación trébol y pastizal	30
2.3.5	Impactos de la introducción de trébol	34
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1	ÁREA EXPERIMENTAL	36
3.2	INSTALACIONES	38
3.3	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.4	PARÁMETROS A EVALUAR	39
3.4.1	Crecimiento y desarrollo de trébol	39

a.	Altura de la planta	40
b.	Cobertura aérea	40
3.4.2	Contribución del trébol a la síntesis de nitrógeno	41
a.	Nodulación del cultivo	41
b.	Cantidad de nitrógeno en el suelo	41
c.	Contenido de nitrógeno en la planta	41
3.4.3	Vigor y productividad de la vegetación	42
a.	Vigor de la planta clave	42
b.	Productividad de la biomasa total	43
3.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	43
3.5.1	Hipótesis general de la investigación	43
3.5.2	Análisis estadístico	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1	EFFECTO FÓSFORO	46
4.1.1	Crecimiento y desarrollo del trébol	46
4.1.2	Contribución del trébol a la síntesis de nitrógeno	48
4.1.3	Vigor de la planta clave y productividad	50
4.2	EFFECTO DISTANCIAMIENTO	53
4.2.1	Crecimiento y desarrollo del Trébol	53
4.2.2	Contribución del trébol a la síntesis de nitrógeno	54
4.2.3	Vigor y rendimiento de la planta clave	57
4.3	EFFECTO DE LA INTERACCIÓN FÓSFORO Y DISTANCIAMIENTO	58
4.3.1	Crecimiento y desarrollo de trébol	58
4.3.2	Contribución del trébol a la síntesis de nitrógeno	60
4.3.3	Vigor y rendimiento de la planta clave	61
V.	CONCLUSIONES	63

VI.	RECOMENDACIONES.	64
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
VIII.	ANEXOS	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Clasificación por el tipo de hoja del trébol.	10
Cuadro 2:	Tipos de cultivares – Trébol blanco.	11
Cuadro 3:	Composición nutricional del trébol.	18
Cuadro 4:	Composición del Fosfato Diamónico.	25
Cuadro 5:	Especies vegetales y composición porcentual.	37
Cuadro 6:	Variables de estudio para el establecimiento del trébol.	46
Cuadro 7:	Grado de nodulación en trébol y cantidad de nitrógeno en planta clave.	49
Cuadro 8:	Resultados de vigor y rendimiento de la planta clave.	51
Cuadro 9:	Variables de estudio para el establecimiento del trébol.	53
Cuadro 10:	Fijación de Nitrógeno.	56
Cuadro 11:	Resultados vigor y rendimiento de la planta clave.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i> L.).	5
Figura 2:	Nódulos - trébol blanco.	15
Figura 3:	Introducción de trébol blanco en pradera alto andina.	33
Figura 4:	Instalación del experimento.	38
Figura 5:	Hoyos sembrados con trébol blanco.	40
Figura 6:	Cepas de nódulos persistentes al año de cultivo.	42
Figura 7:	Evolución de la altura (a), área foliar (b) del trébol blanco a lo largo del periodo experimental en respuesta al abonamiento fosforado.	48
Figura 8:	Evolución de la altura (a), área foliar (b) del trébol blanco a lo largo del periodo experimental en respuesta a los niveles de distanciamiento.	55
Figura 9:	Evolución de la altura (a), área foliar (b) del trébol blanco a lo largo del periodo experimental en respuesta a las interacciones del fósforo y distanciamiento.	59
Figura 10:	Contribución del trébol a la síntesis de nitrógeno N° de nódulos (a), diámetro nódulos (b) del trébol blanco, Nitrógeno suelo (c), Nitrógeno tallo (d) y Nitrógeno en hoja (e) de <i>la Festuca dolichophyla</i> lo largo del periodo experimental en respuesta a las interacciones del fósforo y distanciamiento.	60
Figura 11:	Vigor y productividad de la vegetación Nativa. Cabezas Florales (a), altura planta clave (b), volumen (c), MS Kg/ha de la vegetación (d) a lo largo del periodo experimental en respuesta a las interacciones del fósforo y distanciamiento.	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1:	Parámetros evaluados durante las épocas de establecimiento del trébol blanco para los diferentes bloques de tratamientos.	77
Anexo 2:	Evaluación para el vigor de la planta clave <i>Festuca dolicophyla</i> .	95
Anexo 3:	Síntesis de nitrógeno.	108
Anexo 4:	Disponibilidad de ms kg/ha.	113
Anexo 5:	Disponibilidad de nitrógeno suelo y planta.	122
Anexo 6:	Análisis de varianza para las variables evaluadas.	135
Anexo 7:	Atributos de los efectos de las e interacciones entre fósforo y distanciamiento.	137

I. INTRODUCCIÓN

La Sierra del Perú, áreas por arriba de los 2000 msnm abarca una extensión da aproximadamente 39 millones de hectáreas de las cuales 13 millones son de pastos naturales. La ganadería en esta región se sustenta básicamente en el aprovechamiento de los recursos forrajeros como praderas nativas, pastos cultivados, conservación de forrajes y utilización de residuos de cosechas agrícolas; es importante señalar que las praderas nativas alto andinas proveen más del 84% del forraje utilizado en la alimentación de la ganadería.

La producción ganadera en la sierra, sin embargo, no está libre de limitaciones, existen problemas de sobrepastoreo, la degradación es un fenómeno extendido en los andes, afectando a más del 40% de las tierras de pastoreo, fenómeno que finalmente se traduce en la pérdida de la capacidad de carga y productividad animal (Flores 2005). Así por ejemplo, la producción de leche en las empresas campesinas, es baja, aproximadamente 1.2 litros por vaca en animales criollos alimentadas exclusivamente con pastos naturales los cuales durante la época seca exhiben valores nutricionales y productividades muy por debajo de aquellos considerados mínimos para sostener una adecuada producción animal (Flores y Aguirre 2007).

Para mejorar la producción animal la ciencia de los pastizales ha considerado el uso de estrategias intensivas (siembra de pastos, control de plantas indeseables, revegetación e implementación de sistemas de riego) y extensivas (sistemas de pastoreo, quema y protección de áreas ribereñas y fuentes de agua) las cuales difieren en costos, riesgos, y requerimientos de manejo y tecnologías, así como en su capacidad de mejorar la productividad primaria y el abastecimiento de nutrientes.

El estudio estuvo orientado a mejorar los pastos naturales, mediante la introducción de dos componentes; Nitrógeno con trébol blanco dada su capacidad potencial para mejorar el contenido de Nitrógeno en planta y suelo, y Fosforo fundamental para el desarrollo radicular y crecimiento de las plantas, tanto en gramíneas como leguminosas, importante en la fijación del Nitrógeno (Quintero et al. 1997). En la que se consideró la aplicación en dos niveles de Fósforo y dos densidades de siembra de trébol, examinando efectos sobre el crecimiento y desarrollo del trébol blanco, concentración de nitrógeno y productividad de la vegetación nativa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Con la finalidad de ampliar el conocimiento de la capacidad forrajera del trébol blanco y algunos aspectos que influenciaron en este estudio, a continuación, detallaremos los conceptos más importantes.

2.1 AUTOECOLOGÍA DEL TRÉBOL BLANCO

La región de origen del trébol blanco es el Mediterráneo. Se trata de una especie nativa de Europa, Asia y África del Norte, y crece desde el nivel del mar hasta los 6000 msnm. De altitud en el Himalaya. Ha sido implantado en la mayoría de las regiones templadas del mundo, y fue introducido en América por los colonos europeos durante el siglo XVI. A partir de allí prosperó, y se extendió hacia el este y el norte. La introducción voluntaria continuó hacia Australia, Nueva Zelanda, Japón, Canadá, Sudamérica y Sudáfrica. También, se encuentra en regiones subtropicales como India, Hawaii, México y otras áreas del Caribe. Durante el año 1991, comenzó en Argentina, juntamente con el Instituto de Investigaciones Pastoriles de Nueva Zelanda, Grasslands, un proceso de mejoramiento genético de esta especie, con el objetivo de aumentar la producción invernal de forraje. En el año 1998, se obtuvo el nuevo cultivar, caracterizado por su tamaño de hojas "grande", su porte de planta con densa producción de estolones y su gran concentración de producción invernal. El nuevo cultivar se encuentra en etapa de evaluación comercial y multiplicación de semillas, estando disponible en mercado para las siembras de pasturas del otoño del 2000 (Geilfus 1994).

2.1.1 Morfofisiología del Trébol Blanco (*Trifolium repens*)

Forraje perenne, rastrero, alcanza una altura de 10 cm. Su hábito estolonífero hace

una leguminosa de excelente adaptación al pastoreo en zonas templadas de todo el mundo. Se propaga por estolones y semillas. El sistema radical es ramificado en su raíz principal, además presenta raíces adventicias de carácter estolonífero. Las hojas son pecioladas y trifoliadas; sus folíolos son ovales, con una mancha blanca, y sin ninguna vellosidad (tampoco en pecíolos ni tallos). Los estolones se encuentran abrazados por estípulas membranosas de las hojas. Las inflorescencias son capítulos globulares de 1.5 a 2 cm de ancho, conteniendo de 50 a 200 flores blancas o blanco-rosadas. Estos capítulos se encuentran sobre un pedúnculo de 7 cm. Las flores son de tipo papilionáceo (Muslera y Ratera 1984).

El fruto de trébol blanco es una legumbre cuya dehiscencia se produce a lo largo de las alturas. La semilla es ovoide, acorazonada, algo aplastada lateralmente, de superficie lisa y llenan su tamaño, presenta dimensiones promedio de 0.9 a 1.2 mm de largo por 0.8 a 1.1 mm de ancho. La coloración es brillante y varía entre el amarillo dorado y el castaño claro, con predominio de las primeras, las semillas viejas se tornan de color rojizo. El hilo es blanquecino y se encuentra en el tercio inferior del perfil, un poco escondido debajo del extremo de la radícula, siendo grande, larga y termina en punta redondeada. El surco radicular es muy viable formado por una línea de color amarillo claro, que se extiende hasta rodear el hilo. La chalaza, casi en la cara inferior se destaca poco en forma de mancha (Carambula 1977).

Está presente en la mayor parte de las pasturas de la región templada húmeda de nuestro país. El Ciclo trébol blanco se da durante otoño, invierno y primavera, siendo el pico de acumulación en ésta última estación. Durante el verano puede permanecer en latencia o con cierta actividad, si éste es climáticamente benigno. La posición del trébol blanco en el reino vegetal y su subdivisión es la siguiente:

- Sub Reino: Fanerógamas
- División: Magnoliphita (angiospermas)
- Clase: Mgnoliopsidad (dicotiledoneas)
- Sub clase: Rosidae

Familia: Fabaceae (leguminosae)
Sub Familia Papilionoidae.
Tribu: Trifoleae.
Sub Tribu: Trifolinea.
Género. Trifolium.
Especie: *Trifolium repens* L.

Entre los nombres vernaculares con que es conocido se tiene el de trébol blanco (español), white clover (ingles), trefie blans (francés). Su número de cromosomas 32 tetraploides (Waijeenbrj 1996).

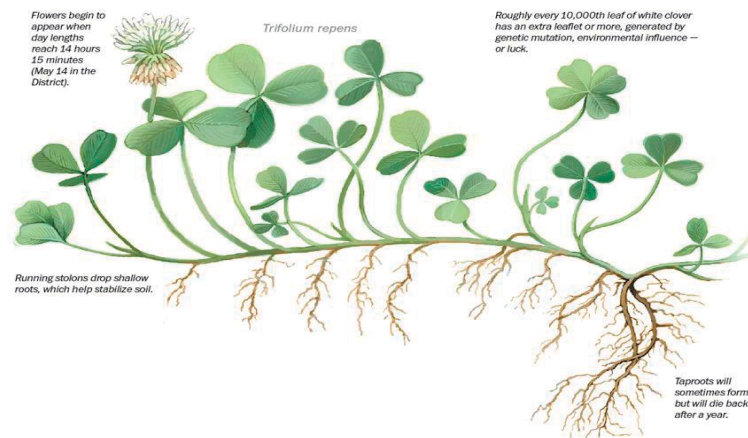


Figura 1: Trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

2.1.2 Fenología del trébol blanco

Comienza por el desarrollo de la corona, de una raíz pivotante y hasta diez estolones primarios, que nacen de las yemas axilares de las hojas de la corona. Los estolones suelen adoptar forma radial sobre la superficie del suelo. Posteriormente, los nudos de estos estolones desarrollan nuevas raíces adventicias, hojas y yemas axilares. La aparición de estolones secundarios, ocasiona cierta debilidad en los primarios, por emigración de las sustancias de reserva hacia dichos estolones hijos, hasta el punto en que,

finalmente, los primarios mueren y el sistema secundario se independiza de la planta original. Este comportamiento facilita la supervivencia de las plantas, por multiplicación vegetativa, al asegurar el desarrollo y el crecimiento sucesivo de nuevos estolones, y con ellos, la emergencia de nuevos individuos. El crecimiento de los estolones, es aproximadamente de 2 dm/año. Una vez que las condiciones ambientales (fundamentalmente fotoperiodo) favorecen el proceso de floración, las yemas axilares originan cabezuelas florales. De esta forma, la producción de inflorescencias se hace en detrimento de los nuevos estolones y, por consiguiente, el crecimiento de la planta se reduce. También se movilizan reservas hacia las flores para formar las semillas (Muslera y Ratera 1984).

En el establecimiento del trébol blanco, la semilla de trébol blanco, después de su germinación, forma dos hojas cotiledonales, y posteriormente, sale la primera hoja verdadera, que es unifoliar, después se convierten en hojas trifoliales. Ahora empieza la formación de estolones o ramos laterales, que se arrastran pegados a la superficie del suelo. Los estolones están formados de entrenudos, donde se produce el crecimiento longitudinal y los nudos donde salen las hojas, raíces (Andia y Argote 2006).

2.1.3 Distribución y adaptación

La región de origen del trébol blanco es el Mediterráneo. Se trata de una especie nativa de Europa, Asia y África del Norte, y crece desde el nivel del mar hasta los 6000 m de altitud en el Himalaya. Ha sido implantado en la mayoría de las regiones templadas del mundo, y fue introducido en América por los colonos europeos durante el siglo XVI. A partir de allí prosperó, y se extendió hacia el este y el norte. La introducción voluntaria continuó hacia Australia, Nueva Zelanda, Japón, Canadá, Sudamérica y Sudáfrica. También se encuentra en regiones subtropicales como India, Hawái, México y otras áreas del Caribe (Gentos 1999).

Las leguminosas, implica permanencia, difusión y regeneración a pesar de las

condiciones de fertilidad del suelo, sequía regular, presión de pastoreo y variables como helada y fuego. La persistencia es vital. Aunque a menudo se describe como sistemas de inicio lento, las leguminosas persisten en los pastos a través de su reproducción vegetativa y establecimiento (Miller y Stockwell 1991).

La adaptación del trébol blanco como pastura ocurre en los climas ligeramente húmedos. Puede ser usado en áreas húmedas con pH del suelo bajo; pero obtiene un mejor desarrollo en suelos arcillosos, bien drenados y no es tolerante a suelos salinos o altamente alcalinos (Hutchinsn 1995). Requiere climas con régimen regular de lluvias y suelos de media a alta fertilidad con pH de 5.5 a 7.5. La persistencia vegetativa de esta leguminosa depende de la proliferación de estolones, aunque la resiembra algunas veces ha sido citada como el mayor factor que contribuye a la persistencia en determinadas áreas, en referencia a este factor indican que los tréboles de hojas medianas son los que están mejor adaptados en climas templados, indicando que la defoliación en la temporada de pastoreo podría conferirle al trébol durante el otoño (Brink *et al.* 1993).

El trébol blanco se adapta a gran diversidad condiciones climáticas, se encuentra en zonas con condiciones de clima frío y húmedo, de preferencia en las regiones con posibilidades de riego periódico o permanente, en muchas leguminosas la infección de *Rhizobium* no ocurre por debajo de pH 5.0 pero ocasionalmente tendrá un desarrollo.

Esta especie no prospera en aquellos que son suelos sueltos, salino-alcálinos, o demasiado ácidos. Exige buena disponibilidad de P para crecer sin restricciones, pero se abastece de N gracias a la fijación biológica. Prefiere suelos más pesados y con buena disponibilidad de agua. Está presente en la mayor parte de las pasturas de la región templada húmeda de nuestro país, produce durante otoño, invierno y primavera, siendo el pico de acumulación esta última estación, durante el verano puede permanecer en latencia o con cierta actividad, si éste es climáticamente benigno (Delgadillo *et al.* 1996).

Los tréboles necesitan para su óptimo crecimiento grandes intensidades de luz, mientras que las gramíneas, aunque también crecen mejor a plena luz, están más adaptadas

a condiciones de sombra. En cuanto a la persistencia del trébol blanco, está asegurada por el proceso de formación y enraizamiento de estolones y además, incluso en praderas muy pastoreadas, una cierta proporción de las inflorescencias produce semillas, de las cuales casi un 80% son duras y permanecen en el suelo como reserva para situaciones de sequía o sobrepastoreo, en las que pueden germinar y llegar a sustituir a las plantas perdidas (Uva *et al.* 1997).

El trébol blanco es sensible a la sequía, probablemente por sus raíces superficiales, lo que obliga a cultivarla bajo riego en veranos secos. Sin embargo, puede vegetar en los suelos pobres, ácidos o arenosos, necesitando fuertes abonados fosfóricos, al igual que casi todos los tréboles, es poco tolerante a la salinidad. Pero para su nutrición desarrolla en sus raíces nódulos formados por bacterias nitrificantes del género *Rhizobium*. En adecuadas condiciones de temperatura, humedad y suelo, las bacterias fijan importantes cantidades de nitrógeno de la atmósfera (Muslera y Ratera 1984).

2.1.4 Interacciones y competencias

Las plantas verdes dependen de un único proceso para obtener su energía: la fotosíntesis, por ende, la competencia se manifiesta en términos de lucha por luz, aunque la competencia por agua y nutrientes es también importante en menor medida. En condiciones naturales dos especies no pueden coexistir indefinidamente en el mismo hábitat utilizando los mismos recursos. La competencia por la luz podrá convertirse en una principal influencia, solamente en circunstancias en las que el dosel sea lo suficientemente denso para que ocurra una súper posición de hojas en las primeras etapas de la colonización de un hábitat fértil, alterando los brotes de las plantas invasoras, apenas se topan unos a otros, y es posible, que las interacciones competitivas, si las hay, se limiten a aquellas que operan debajo del terreno, usando el dosel de hojas habrá lugar para que exista competencia por encima y debajo del terreno que está en función a la madurez de la vegetación (Ferreira *et al.* 1996).

Para los temas de competencia, el estudio del sistema radicular es muy importante

por su distribución en los diferentes horizontes del suelo, la extensión de las raíces y sus ramificaciones, la tasa de crecimiento, así como la interacción de las raíces en la comunidad natural, como otras características fenológicas como el de la germinación y la emergencia, la susceptibilidad situacional al pastoreo, químicos, fuego o sequía (Servantes *et al.* 2000).

Las asociaciones de gramíneas y leguminosas estimularon la adquisición y transformación eficiente de N en la biomasa en comparación con cualquiera de los otros monocultivos. Estos efectos de la diversidad funcional pueden contribuir sustancialmente a la producción de los sistemas de pastizales agrícolas. La adquisición y transformación de los recursos de nitrógeno, por leguminosas y pastos, fueron estudiadas en lugares templados cerca de Zurich (Suiza), para investigar los mecanismos de los efectos de la diversidad funcional de manejo en praderas mixtas para el uso eficiente de recursos. La asociación pastizal – leguminosas y la disponibilidad de N fueron variadas, manipulando porcentajes de leguminosas de la pradera (0-100%) y aplicación de fertilizante de N (50, 150 ó 450 kg de N por ha por año) (Moser *et al.* 2007).

Estudios realizados sobre la ecología del trébol asociados con gramíneas nativas en comunidades abiertas y cerradas en la micro cuenca del río negro (parque nacional de Huascarán) se observaron que el establecimiento del trébol, de una zona hidromórfica, es escasa, por ende no podría desplazar a las especies nativas (Cucho 2003). Esta situación tan diferente, se justifica porque los tréboles necesitan para su óptimo crecimiento grandes intensidades de luz, mientras que las gramíneas, aunque también crecen mejor a plena luz, están más adaptadas a condiciones de sombra, de modo que en climas mediterráneos, la abundancia de luz conduce a la dominancia de leguminosas sobre gramíneas en praderas de pastoreo frecuente. Sin embargo, en los días centrales de verano, con temperaturas medias superiores a 30 °C, sufre en estas regiones una cierta parada vegetativa, efectuando floraciones continuas y con escasa productividad. Hay que tener en cuenta que en la época favorable de máxima iluminación de primavera el rápido crecimiento en condiciones de cultivo puro puede llegar a producir graves problemas de meteorismo en rumiantes en pastoreo.

2.2 VALOR FORRAJERO DEL TRÉBOL BLANCO

El género *Trifolium* contiene cerca de 300 especies; muchas de ellas son importantes en las pasturas naturales y cerca de 25 especies son cultivadas. Son especies herbáceas anuales o perennes y se encuentran entre los forrajes más importantes de los climas mediterráneos y templados. Algunas especies se encuentran en las altitudes de los trópicos y la mayoría desarrolla de manera óptima en suelos fértiles (Agnusdei 2007).

2.2.1 Variedades y tipos

Existen diferentes tipos de tréboles blancos de acuerdo al tamaño de las hojas y específicamente de los folíolos, los tréboles blancos se clasifican en tres tipos: Hoja pequeña, mediana y grande como se describe en el siguiente cuadro 1.

Cuadro 1: Clasificación por el tipo de hoja del trébol.

Hoja pequeña	Hoja mediana	Hoja grande
Pecíolo pequeño y estolones muy ramificados	Pecíolos largos y estolones cortos y menos ramificados.	Pecíolos largos y estolones largos, gruesos y aéreos.
Crecimiento rastrero.	Crecimiento semi-erecto.	Crecimiento erecto conocidos como ladinos.
Tolerante a pastoreos intensos y frecuentes	Adaptado a pastoreos laxos y Frecuentes	Tolerante a Pastoreos intensos e Infrecuentes.
Apto para ovinos y camélidos.	Apto para bovinos de carne y leche.	Mayor adaptación para bovinos de leche.
Tolera periodos prolongados de sequía.	Baja tolerancia al déficit hídrico.	No tolera periodos secos

Fuente: Demanet (2008)

Otros atributos que caracterizan a los tipos de trébol blanco es la presencia de estolones que permiten tener cierta tolerancia a sobrevivir en condiciones de baja

fertilidad y escasa humedad. Los cultivares estoloníferos de hojas pequeñas, generalmente son más tolerantes a periodos prolongados de sequía (4 meses), bajo nivel de fertilidad del suelo y pastoreos frecuentes e intensos (severos).

Cuadro 2: Tipos de cultivares – Trébol blanco.

Cultivar	Origen	Nº semilla/kg	Precocidad	Tamaño de hoja	Habito de crecimiento
Apex	Nueva Zelanda	1600.000	Temprana	Mediana	Rastrerero
Bounty	Nueva Zelanda	1500.000	Intermedia	Mediana	Postrado
Haifa	Israel	1500.000	Intermedia	Grande	Erecto
Huia	Nueva Zelanda	1500.000	Intermedia	Mediana	Postrado
Kotare	Nueva Zelanda	1600.000	Tardia	Grande	Semi erecto
Ladino Italia	Italia	1500.000	Intermedia	Grande	Semi erecto
Nusiral	Nueva Zelanda	1500.000	Precoz	Mediana	Semi erecto
Regal	USA	1500.000	Intermedia	Grande	Semi erecto
Sustain	Nueva Zelanda	1600.000	Media	Mediana a grande	Semi erecto
Tribute	Nueva Zelanda	1500.000	Intermedia	Mediana a grande	Semi erecto
Will	EE.UU	1539.000	Intermedia	Grande	Semi erecto

Fuente: Demanet (2008).

Los tréboles blancos de hoja grande presentan mayor productividad y mayor preferencia por el ganado, sin embargo, la defoliación frecuente y sostenida limitan su persistencia. Este tipo de tréboles deben ser utilizados en sistemas de mayor cuidado, como es en pastoreo rotativo con uso de cercos. En el cuadro 2 se describe los tipos de cultivares importantes de trébol blanco.

En el Perú se utilizan como principales variedades como son ladino S-100 y los tréboles certificados en Nueva Zelanda como el Huía (Florez y Malpartida 1987). El trébol blanco variedad ladino, contiene 17.7% de Proteína Cruda (PC) y 87% de digestibilidad de Materia Seca (MS) a los 28 días, disminuyendo estos valores a los 84 días, a 7.2% y 67.2%, respectivamente (Vigo y Pezo, 1972; citados por Ruiz y Tapia (1987); el contenido de calcio y fósforo es de 1.85% y 0.33% respectivamente (Kalinowski 1972).

En el presente trabajo de investigación se utilizó el trébol de la variedad Huia originado en Nueva Zelanda a partir de praderas permanentes de las localidades de Rangiora y Woodend, norte de Canterbury y sectores de Heretaunga Plains en Hawke's Bay. Fue certificado en 1932 con el nombre de New Zealand y en 1964 fue denominado Huia, es el cultivar de mayor uso en el establecimiento de praderas permanentes de la zona templada y mediterránea de riego del país. Cuyas características de esta planta son de hojas de tamaño intermedio, posee un hábito de crecimiento postrado que permite obtener una buena densidad de estolones cuando es asociado a gramíneas perennes. Posee un tamaño de semilla pequeño 1500000 semillas/kg. Tiene una concentración media de glucósidos cianogénicos y es de polinización cruzada. Presenta crecimiento medio a bajo en invierno y expresa su potencial de rendimiento en la estación estival. Posee una buena complementación con gramíneas de hábito de crecimiento semi-postrado (Geilfus 1994).

2.2.2 Rendimiento forrajero

En siembra pura, el trébol blanco rinde alrededor de 10 TM/MS/Ha/año, el objetivo principal es suministrarlo al pastoreo, y para ello se siembra con gramíneas

En áreas con asociaciones múltiples de leguminosas. En circunstancias de climas Templados el trébol blanco solo contribuirá en un 25 a 40% de la ración. Los rendimientos de producción anual de materia seca de la asociación rye grass-trebol blanco es de 5 a 8 TM/ha/año de MS (Florez y Malpartida 1987). La importancia de su uso es que proporciona nitrógeno a las gramíneas asociadas, con notable aumento en el rendimiento por hectárea y en la calidad de hierba (Florez *et al.* 1989). En regiones del Norte de España (Galicia y Cantábrico), correspondientes a climas templados y húmedos, en asociación con ryegrass perenne, la producción de trébol blanco raramente supera el 25-30% de la producción total de la pradera, lo cual se cifra entre 10-13% de materia seca total. Varios estudios mostraron rendimiento promedios de 15 TM/ha de materia seca con 15 % de proteína (Brink y col 1993). Comparado con el pasto nativo, la calidad se triplica y la cantidad es seis veces mayor. En condiciones óptimas de riego, produce todo el año hasta 4.000 msnm. A mayor altitud, sus rendimientos bajan (Paredes 1987).

Según datos diferentes de ensayos en cultivo puro trébol en la zona Norte de España y en Galicia, las producciones oscilan entre 9 y 12 Tn/ha de materia seca, cifras obtenidas bajo corte y sin pastoreo, lo cual no es la situación más real de utilización de este trébol. Sin embargo, en condiciones de praderas de riego en Centro y Sur de España, las producciones oscilan entre 10 y 15 Tn/ha de materia seca, según asociaciones o mezclas de trébol blanco con gramíneas (*Festuca* y *Dactylis*), correspondiéndole al trébol normalmente hasta casi el 70% de dicha producción, según los datos de diferentes ensayos del INIA y de la Agencia de Desarrollo Ganadero.

2.2.3 Fijación del Nitrógeno

El desarrollo del trébol blanco depende de muchos factores entre ellos la fijación del nitrógeno, que es el nutriente que más limita la producción de cosechas, a pesar de ser un elemento abundante en la atmósfera. Sin embargo, la fijación biológica de nitrógeno atmosférico por algunos microorganismos es una alternativa para la obtención de este elemento. El nitrógeno fijado por la leguminosa puede ser usado por ella misma o pasar al suelo. De allí que las gramíneas asociadas con leguminosas puedan aprovechar el

nitrógeno favorablemente incrementando su crecimiento y desarrollo (Adjei *et al.* 2002).

El trébol blanco aumenta sustancialmente la productividad de las pasturas, complementando el crecimiento estacional de las gramíneas con las cuales coexiste. La proporción ideal es 30 % de trébol blanco y 70 % de gramínea. Las pasturas de gramíneas y trébol son capaces de producir la misma cantidad de forraje por año que produciría una pastura constituida solamente por gramíneas, pero suplementada con una dosis de fertilizante equivalente a 200 kg/ha de nitrógeno por año. El trébol blanco en asociación fija el nitrógeno de la atmósfera. En Nueva Zelanda se ha determinado que esta fijación representa 400 kg/ha de nitrógeno por año. Se ha calculado que el área total que ocupa el trébol blanco en dicho país produce cada año el equivalente a 1.3 millones de toneladas de nitrógeno aplicado como fertilizante (Gentos 1999).

Para lograr óptimos resultados en términos de establecimiento y fijación de nitrógeno, la semilla de trébol blanco necesita ser inoculada con cepas específicas de bacterias del género *Rhizobium* que permitirá fijar la cantidad de nitrógeno en relación con el tipo de leguminosa, variando de 56 a 323 kg N/ha/año (Escobedo 1993).

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).

Las leguminosas requieren grandes cantidades de fósforo para su óptimo desarrollo, a su vez este elemento tiene una influencia sobre la fijación simbiótica del nitrógeno, ya que al estimular el crecimiento radicular de las plantas favorece la nodulación e incrementa el número y peso de los nódulos. Si bien la penetración de *Rhizobium* es posible a bajos

niveles de fósforo las infecciones posteriores no se realizan en estas condiciones (Escobedo 1993). Además, el requerimiento de ATP para la fijación de nitrógeno es muy alto, en la reacción global se requieren 16 ATPs, para bajar el potencial de reducción de nitrogenasa suficiente que el N_2 se pueda reducir a NH_3 (Sylvia *et al.* 1998).

Rhizobios es un término usado para describir una amplia gama de géneros bacterianos de suelo como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Allo Rhizobium* y *Azorhizobium* que son capaces de entrar en simbiosis con plantas fundamentalmente de la familia Leguminosae (Barea 1991).

Leguminosas y *Rhizobium* juntos fijan N atmosférico y debido a esta característica son a menudo introducido en los ecosistemas agrícolas logrando mejorar su fertilidad orgánica, obteniendo una economía o sistema de cultivo flexible (Pahuara 2004). El rendimiento óptimo de la simbiosis N en fijación depende de preselección de ambos socios simbióticos para la adaptación a su entorno ambiental, el cual puede alguna manera presentar un desafío a la supervivencia de los *Rhizobiums* en la nodulación (Silveira 1992).



Figura 2: Nódulos - trébol blanco.

El efecto del nitrato en la nodulación es otro buen ejemplo de la naturaleza dependiente de la especie de algunos abióticos principales. El nitrato es una tensión transitoria o de temporada en muchos suelos en el sur de Australia. Hay producción de N cuando la ruptura del otoño coincide con un clima cálido que maximiza la mineralización de N del suelo (Hollowell 1996). Si esta no se mineraliza rápidamente por la filtración de lluvias, el nitrato puede causar una interrupción significativa de la nodulación en especies de leguminosas susceptibles. La simbiosis de leguminosas no reacciona uniformemente al nitrato (Hanks 1986).

En muchas leguminosas la infección no ocurre por debajo de pH 5.0 pero ocasionalmente crecerá a pH 4, en soluciones de cultivo provistas de nitrato. El pH del suelo es uno de los factores más importantes que influencia el número y distribución del *Rhizobium leguminosarum* bv. *Trifolli* en los suelos, el *Trifolium repens* no puede nodular a pH bajos puede ser causada por su sensibilidad a la acidez en el proceso de infección (Howiesona 1991).

2.2.4 Valor nutritivo

El *Trifolium repens* L. es una leguminosa, que por su valor nutritivo, excelentes cualidades de crecimiento y enraizamiento, presenta opciones óptimas en cuanto a la decisión de siembra de praderas destinadas al manejo de ganadería en las zonas trópicas, el valor de las praderas asociadas con trébol blanco es bien reconocido, producto de sus ricos contenidos proteicos y energéticos. Su efecto de palatabilidad repercute muy favorablemente en la producción ganadera, mejorando sustancialmente la ganancia de peso vivo respecto el ganado alimentado con gramíneas (Medina 2013). Destaca su gran calidad alimenticia para el ganado, en términos de proteína y minerales, así como su capacidad para autoabastecerse de nitrógeno y también de cederlo al medio y por tanto a las especies con las que conviva en el terreno (Medina 2013).

Aunque el contenido alimenticio es elevado, como cultivo puro apenas se siembra por constituir un forraje algo desequilibrado y por peligro de meteorismo para los

rumiantes, es por ello que se suele emplear mezclado con gramíneas a pesar de ello, el trébol blanco presenta una alta digestibilidad; presentando los valores más altos en invierno y primavera, declinando lentamente durante el verano (Muslera *et al.* 1984).

En otras investigaciones determinaron que las leguminosas a pesar que son muy escasas en las comunidades vegetales alto andinas posee un valor nutritivo más alto que las Gramíneas, Cyperaceas y Juncáceas, la composición química del trébol blanco fue de 21% de materia seca, 3.0 Mcal/kg energía digestible y 24 % de proteína cruda y la alfalfa presento 27% materia seca; 2.7 Mcal/kg energía disponible y 19% proteína cruda (Koeslag Urbina citado por Argote 2012).

La composición mineral de plantas de 16 accesiones de leguminosas perennes contiene niveles adecuados de nutrientes; el valor nutritivo de hojas y tallos de *Trifolium amabile* presentó 2.55 a 2.95% N; 0.25 a 0.53% P (Dodd y Orr 1995) y de 14.7 a 24.9% proteína total y 71.1 a 90% materia seca digestible (Alemán citado por Argote 2012).

El trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y el trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) son buenas opciones para la adición a los pastos a medida que contienen proteínas de alta calidad y son altamente digestibles y se adaptan mejor a los sistemas de pocas condiciones (Avendaño *et al.* 2005), estas especies forrajeras contiene mayor proteína cruda durante diciembre y enero, coincidiendo con la fase inmediata al rebrote de la vegetación; por lo tanto la calidad nutritiva guarda estrecha relación con el estado fenológico, así en las principales especies forrajeras el contenido de proteína es más alto en elongación decreciendo en forma variable, según las especies, en los siguientes eventos fenológicos.

En Ayaracra - Cerro de Pasco, en la asociación Festuca, Calamagrostis el promedio de fibra detergente neutro (FDN) fue el 80.9 % y en la asociación de dáciles con Trébol con 60.0% y la proteína cruda (PC) 7.1% y 11.2% respectivamente (Flores 2004). (Kalinowski citado por Tapia y Flores 1984), reportan valores de proteína cruda para *Festuca dolicophilla* (6.88%) *Calamagrostis vicunarum* (8.38%) y *Muhlenbergia fastigiata* (7.80%) durante la época de lluvias, pero de invierno las mismas especies bajan

drásticamente a 1.95, 2.12 y 4.42% en forma respectiva (Argote 2012).

Cuadro 3: Composición nutricional del trébol.

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	21.00
NDT	%	13.70
Energía digestible	Mcal/kg	0.60
Energía metabolizable	Mcal/kg	0.50
Proteína (TCO)	%	4.50
Calcio (TCO)	%	0.28
Fósforo total (TCO)	%	0.07
Grasa (TCO)	%	0.70
Ceniza (TCO)	%	2.80
Fibra (TCO)	%	3.40

Fuente: Mundo pecuario (2008).

Las señales de inicio de floración comprenden una disminución continua en la calidad del forraje, debido al lento crecimiento de las hojas y tallos y una alta proporción del peso de la parte aérea: y los tallos llegan a ser más fibrosos y lignificados, estos factores causan una disminución significativa en el contenido de proteína y la digestibilidad en el forraje de leguminosas con el avance de la madurez (Moser y Jennings 2007).

2.3 INTRODUCCIÓN DEL TRÉBOL BLANCO EN PRADERAS NATIVAS

2.3.1 Praderas nativas y sus límites

Las praderas nativas proveen más del 84% de la alimentación de la ganadería en la región de la sierra del Perú; Con problemas de sobrepastoreo, degradación, tendencia a la retrogresión, erosión del suelo y con épocas de sequía prolongada, sumando a ello el

manejo inadecuado de los pastizales con capacidad de carga menor a 0.2 unidades animales (UA) por hectárea (Flores *et al.* 2005).

Las praderas, en general, son la fuente más barata de nutrientes para los rumiantes y, por lo tanto, deben constituir la porción más importante de la dieta del ganado en los diversos sistemas productivos, el aporte de forraje de la pradera es principalmente en forma directa a través del pastoreo. En sistemas extensivos de secano, las praderas asociadas con arbustos son la base de los sistemas de pastoreo. Los pastos altoandinos están formados por un grupo numeroso de plantas que pertenecen a las gramíneas, pseudogramíneas, hierbas y arbustos de calidad nutritiva pobre careciente en su mayoría en proteínas para la dieta alimenticia del ganado Altoandino (Florez 2005).

Estudios de erosión de suelos en la sierra estiman en 5413840 ha afectadas por erosión severa y 21102000 ha con intensidades entre moderada y severa (INRENA: Mapa de Erosión de Suelos del Perú 1996). Los procesos degradativos de la cobertura vegetal en pastizales resultan en disminución de su capacidad productiva forrajera y de su capacidad protectora del suelo. La erosión de los suelos, como resultado de la degradación de los pastizales, tiene como punto de partida la pérdida de cobertura vegetal por sobrepastoreo, pasando por la desaparición de especies forrajeras importantes que son reemplazadas por otras no deseables (retrogresión de la comunidad vegetal), y la pérdida de la capacidad de infiltración del agua que en su recorrido (escorrentía superficial) arrastra partículas de suelo, sobre todo en laderas. La condición de los pastos llega a ser muy pobre a pobre (Hudson 1997).

Por tales razones existe necesidad de incorporar especies cultivadas para el mejoramiento e incremento de esta asociación forrajera que tiene mucho valor para los ganaderos de la zona alto andina, con riego existen pequeñas áreas de estas pasturas, con muchos años de vida y demostrando ampliamente su adaptación a esta zona, además con esta asociación es posible proveer alimentación barata y de buena calidad para el incremento de la producción y productividad pecuaria. (Paredes 1987). Esta asociación positiva puede ser atribuida a que las gramíneas altas como la *Festuca dolichophylla*,

proveen un microclima favorable para la presencia de la leguminosa nativa, y *T. amabile* que contribuye con el nitrógeno fijado biológicamente. Además, la arquitectura morfológica aérea de esta gramínea no afectaría a *T. amabile* en competencia por la luz y su sistema radicular fibroso y superficial frente a la raíz pivotante y profunda que posee la leguminosa para explorar el suelo por agua y nutrientes (Cucho 2003).

En cuanto a la persistencia del trébol blanco, está asegurada por el proceso de formación y enraizamiento de estolones y además, incluso en praderas muy pastoreadas, una cierta proporción de las inflorescencias produce semillas, de las cuales casi un 80% son duras y permanecen en el suelo como reserva para situaciones de sequía o sobrepastoreo, en las que pueden germinar y llegar a sustituir a las plantas perdidas (Uva *et al.* 1997).

El trébol blanco es una planta rastrera con hoja redonda, su inflorescencia es de color blanco con alto porcentaje de proteínas, es resistente a la helada, es un forraje apetecible y suave. El Trébol blanco contiene mayor porcentaje de proteínas, para el desarrollo y crecimiento de los animales. Son fuentes de vitamina A. Proporcionan calcio a los animales. Secada al sol el trébol blanco proporciona vitamina D. En la raíz del trébol blanco crecen nódulos que contienen bacterias para fijar Nitrógeno e incorporar al suelo (Andia y Argote 2006).

El trébol blanco tiene una excelente persistencia bajo pastoreo con un hábito de crecimiento estolonífero y rastrero, posee tallos horizontales que se desarrollan a nivel de la superficie del suelo y son frecuentemente enterrados por el efecto del pisoteo de los animales o por la acción de las lombrices. Desde los nudos de estos estolones, se forman tanto raíces que mejoran la performance de las plantas ante problemas de stress hídrico, como también nuevas plantas que cubren los sectores libres de la pastura.

La mezcla de dos o más cultivares de trébol blanco, factor que comenzamos a visualizar en países como Nueva Zelanda, brinda una mayor diversidad genética y ofrece otros beneficios. La mezcla de cultivares con diferentes hábitos de crecimiento puede ayudar, por ejemplo, a lograr una provisión de trébol continua a lo largo de todo el año. Un

trébol de hoja intermedia a pequeña y con un hábito de crecimiento postrado o rastrero permanecerá productivo una vez que las hojas de las capas superiores de los cultivares de hojas grandes sean removidas por el ganado. Estas combinaciones también sirven para mejorar la cobertura del suelo, lograr una fijación de nitrógeno más sostenida y una más rápida recuperación de la pastura luego del pastoreo (Gentos 1999).

Este forraje leguminoso es la más importante económicamente en la región templada, con un alto potencial de contribuir a la mejora de dichos pastos a través del factor nitrógeno (Veribona 2006). Su contribución trata no sólo de un mayor contenido de proteína del forraje consumido por los animales, sino también a través de la entrada de cantidades significativas de N para el sistema, el aumento de la disponibilidad de N en el suelo para el pastizal y la reducción de la necesidad para la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Este contribuye a la sostenibilidad de la productividad de estos pastos cuando las limitaciones nutricionales de otros elementos están debidamente corregidas (Olivares *et al.* 1991).

2.3.2 Introducción de trébol blanco

En cuanto a las densidades de siembra, es superior, las realizadas con 4 kg de trébol blanco, sobre los otros dos tratamientos, habiéndose obtenido, casi el doble de plantas en las parcelas sembradas, con 4 kg por ha que en las sembradas con 2 kg por ha seguramente debido a una mayor disponibilidad de semillas para la interacción mes de evaluación por densidad de siembra, los tratamientos evaluados en marzo, abril y mayo sembrados con 4 kg por ha de trébol blanco son superiores a los tratamientos (Cucho 2003).

En pradera húmeda de Chilliguar, la incorporación de 2 kg/ha de semilla de trébol blanco más 60 kg/ha de fósforo, el rendimiento de materia seca incremento de 600 kg/ha a 2500 kg/ha, luego de dos años de clausura (Flores y Malpartida 1987).

La dosis de siembra en mezcla con gramíneas oscila entre 0.5-3 kg/ha. La dosis menor cuando no se quiera una fuerte dominancia del trébol sobre las gramíneas, las dosis mayores cuando se quiere incrementar la proporción de leguminosa, y por tanto de proteína,

en la pradera. Se siembra o bien con sembradora o al voleo, en este caso se aconseja pasar una capa de suelo para lograr un buen contacto de la semilla. La siembra a voleo se puede hacer con una abonadora centrífuga previamente calibrada para esta semilla. En cuanto a la profundidad de siembra, la semilla debe de situarse en la superficie o en profundidad, pero sin superar los 5 mm (Muslera y Ratera 1984).

La vegetación de un pajonal está representada por densas agrupaciones de plantas de las familias de las gramíneas entre las que tenemos *Festuca orthopylla*, *Stipa ichu*, *Stipa obtusa*, *Festuca dichoclada*, *Festuca dolichopylla*, entre otras. Las zonas escogidas para realizar una siembra con trébol blanco, deben tener poca pendiente, y especialmente disponibilidad de agua, la siembra se puede realizar como en el caso anterior, en líneas o al pie de la gramínea dominante, las semillas deben cubrirse con 2 a 3 cm. de tierra (Miranda 1995).

En la siembra de manera asociada se emplea de 2 a 4 kg de trébol, dependiendo de la zona, tipo de suelo, preparación del terreno, calidad de semilla y otras variables agronómicas. No es recomendable el cultivo puro de trébol blanco por ser una especie meteorizante, su establecimiento es más lento que las gramíneas, que acompañan en la pastura, en especial el reygrass. Estudios realizados en una asociación de esta leguminosa y el pasto ovilla (*Dactylis glomerata*), en el primer año el establecimiento del trébol predomina sobre la gramínea 4:1, hasta llegar a estabilizarse en el cuarto año de explotación con poblaciones porcentualmente iguales, resultados similares han sido obtenidos manejando sistemas de explotación sea de corte o pastoreo, aunque en las parcelas de pastoreo se registraron mayores porcentajes de trébol en relación a las del corte (Delgadillo 1996).

La incorporación de plántulas sigue siendo el mecanismo por el cual las leguminosas deben persistir a largo plazo. Esto significa que las semillas de las leguminosas son adecuadas y de larga duración. La germinación rápida es deseable en ambientes semi-áridos. Los mecanismos que conducen al éxito del desarrollo de las leguminosas, son los mismos en el establecimiento inicial y posterior en la propagación

(Laiger 1981).

En otro tipo de ecosistema como es bofedales o humedales donde se originan los manantiales, lagunas, orillas de los ríos y por escurrimiento del agua de las partes altas en las que el drenaje es imperfecto la vegetación es hidrofítica de carácter perenne o temporal formando asociaciones cespitosas, y almohadilladas. Las plantas representativas son: *Distichia muscoides*, *Eleicharis albibracea*, entre otras especies, en este tipo de vegetación la siembra directa de trébol blanco, se realiza, por golpes, para lo cual se realizan hoyos superficiales de 2 a 4 cm de profundidad, la distancia depende de los objetivos que se sigan. La siembra se realiza colocando 5 a 10 semillas hoyo, luego se tapa con una capa delgada de tierra suelta (Miranda 1995).

Siembra al voleo, se realiza esparciendo la semilla sobre el terreno previamente regado sin realizar ninguna labranza o remoción del suelo y luego se hace varias pasadas con majadas de alpaca u ovinos para realizar el tapado de la semilla y permitir el contacto con la humedad del suelo. La siembra de hoyos superficiales a 50 cm entre hoyo con la ayuda de piquillos, desterronar el suelo a modo de prepararlo, colocar unas cuantas semillas sobre el suelo preparado y tapar manualmente con una capa delgada de tierra (Pronamachs 2003).

La cantidad de semilla que se debe utilizar es de 2 a 4 kg por ha dependiendo del cultivo asociado. El trébol blanco a diferencia de otras leguminosas (alfalfa y trébol rojo) no posee órganos específicos para la de reservas y más bien puede movilizarse rápidamente los carbohidratos después de una defoliación, esto trae como consecuencia una gran capacidad de recuperación al pastoreo y mayor calidad de forraje, porque los carbohidratos son los componentes más digestibles de las plantas (Hortus 2000).

2.3.3 Abonamiento y la fertilización

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).

El fósforo desempeña un papel importante en la planta necesario para la fotosíntesis, las transferencias de energía dentro de la planta, y la síntesis y descomposición de los hidratos de carbono. Constituye una parte importante del núcleo de las células vegetales y se encuentra también en el citoplasma. Es el elemento clave para el crecimiento y división de las células, y tiende a concentrarse en los tejidos jóvenes en 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 universal a las cosechas forrajeras (Paredes 1987). Sólo una pequeña cantidad del fósforo del suelo (que proviene de degradación de minerales) es posible disponerlo para las plantas, por lo que hay que mejorarlas con fertilización. El fósforo aportado, en un 100 % asimilable por las plantas, del que un porcentaje muy elevado (más del 95 %) es soluble en agua y pasa directamente a la solución de suelo, garantiza un excelente resultado agronómico.

Los fosfatos amónicos tienen una reacción residual ácida, aunque inicialmente tienen una reacción alcalina, por lo que son muy adecuados para suelos neutros o básicos. La fertilización con fósforo es clave, no sólo para restituir los niveles de nutriente en el suelo, sino también para obtener plantas más vigorosas y promover la rápida formación y crecimiento de las raíces, haciéndolas más resistentes a la falta de agua. El Fósforo también mejora la calidad de frutas y granos, siendo vital para la formación de las semillas. La deficiencia de fósforo retarda la madurez del cultivo (Quintero 1997).

Los fosfatos de amonio poseen excelentes propiedades físicas, resultando actualmente los fertilizantes fosfatados más populares. Entre otras ventajas son los fertilizantes más concentrados del mercado, entre 62 y 64% de nutrientes. El fósforo de los fosfatos de amonio es totalmente soluble en agua. Aquí detallamos en el cuadro 4 la composición del Fosfato Diamónico (Quintero 1997).

Cuadro 4: Composición del Fosfato Diamónico.

Análisis típico	Unidad	Resultado
Nitrógeno Total (amoniaco)	%	18
Fósforo Total (P ₂ O ₅)	%	46.1
Fósforo Disponible (P ₂ O ₅)	%	46
Fósforo Soluble en agua (P ₂ O ₅)	%	37
Humedad	%	1
Peso Molecular	g/mol	132

Fuente: Perdomo (2001).

La aplicación en condiciones normales sólo del 20 al 30 % del fósforo aplicado al suelo como fertilizante es absorbido por la planta durante un ciclo de crecimiento. Se obtiene mayor eficiencia aplicando en forma conjunta P y N que por fuentes distintas, debido que al absorber las plantas el nitrógeno en forma de amonio se acidifica en el entorno radicular, facilitando de esta manera la disolución y liberación del fosfato del fertilizante.

El Fosfato Diamónico (DAP) es arrancador en los cultivos extensivos, debido a su mayor contenido de nitrógeno, es bueno para los cultivos que requieren dicho nutriente en su etapa inicial. Es un producto con alta solubilidad en agua, lo que asegura una rápida respuesta a la fertilización. El Nitrógeno incluido permite cubrir parte de las necesidades del cultivo durante el primer período de crecimiento de la planta. Las dosificaciones por lo general se utilizan en pastizales de 100 a 300 kg/ha, previo un análisis de suelo para realizar una dosificación correcta (Perdomo *et al.* 2001)

La adición de fósforo en las pasturas de leguminosas ha mostrado un incremento en la producción de forraje hasta de 8000 kg/ha/año. La eficiencia del resultado en una utilización de fósforo disminuye con el incremento de la dosis y el aumento de la

disponibilidad de fósforo en el suelo. También es inferior en dosis divididas respecto a una aplicación única a la siembra. La respuesta de la leguminosa a la acción del fósforo es de mayor magnitud a la observada en otra familia botánicas debido posiblemente al efecto que tiene el agregado de este nutriente sobre la nodulación y fijación de nitrógeno, lo que repercute en una mayor calidad del forraje producido. Además, se puede destacar el efecto del fósforo sobre el crecimiento y distribución de las raíces, en suelos deficientes cerca del 80% de la masa radicular que se encuentra en los primeros 20 cm de suelo, mientras que en suelos fertilizados, esa proporción de raíces alcanza los 50 cm de profundidad, y esto le confiere mayor resistencia a la sequía junto con un mayor volumen de suelo explorado (Picone *et al.* 2002).

La fertilización aplicada a la siembra permite su incorporación al suelo, y puede ser aprovechada desde el inicio de la pastura. Por el contrario, las aplicaciones en cobertura obtienen menores respuestas y menor eficiencia de aprovechamiento, además están sujetas al riesgo de pérdida por movimiento superficial provocado por las lluvias. Por ello, la fertilización inicial es clave y fundamental en la productividad y en la respuesta económica a la fertilización (Picone *et al.* 2002).

Las leguminosas requieren elevadas cantidades de fósforo para su óptimo desarrollo. A su vez, este elemento tiene una influencia sobre la fijación simbiótica del nitrógeno, ya que al estimular el crecimiento radicular de las plantas favorece la nodulación e incrementa el número y el peso de los nódulos. Si bien la penetración de *Rhizobium* es posible a bajos niveles de fósforo, las infecciones posteriores no se realizan en estas condiciones (Escobedo 1993).

Las plantas que sufren deficiencias de fósforo reducen la expansión foliar, determinando una menor superficie foliar y un menor número de hoja, juntamente con un amarillamiento y senescencia prematura de las hojas maduras. En contraste el contenido de proteína y de clorofila por unidad de área foliar no es muy afectado, frecuentemente el contenido de clorofila es mayor en plantas deficientes, lo que les da a las hojas un color verde oscuro, sin embargo, la eficiencia fotosintética por unidad de clorofila es mucho

menor. El crecimiento aéreo se deprime más que el radicular destinando las plantas una proporción mayor de carbohidratos hacia las raíces (Picone *et al.* 2002).

Las leguminosas presentan en general, una mayor demanda de fósforo y respuesta a la fertilización fosforada que las gramíneas; la producción y calidad de las pasturas está fuertemente asociada a la presencia de leguminosas (Horber 1984). La fijación depende de las características del suelo, siendo los principales factores condicionantes el pH, arcillas presentes y materia orgánica. El porcentaje de fósforo fijado es menor al aumentar la cantidad de fosfato aplicado al suelo, pero el poder de retención o capacidad de fijación es una característica de tipo de suelo. La absorción del fósforo por las raíces está condicionada por su capacidad de exploración del suelo, contenido de fósforos en este, tipo de planta y factores físicos como humedad y temperatura (Muslera y Ratera 1991). Así el fósforo en el suelo en sus formas complejas (fosfatos cálcicos - arcillosos) no es aprovechable en igual forma por toda las especies forrajeras, las leguminosas y las crucíferas en particular asimilan mucho más que las gramíneas (Paredes 1987).

Las plantas absorben fósforo en estado soluble, pero cuando se introduce fósforo al suelo, más del 90% de él pasa rápidamente a formas solubles, no disponibles. Así gran parte de los fertilizantes fosforados que se aplican no son utilizados por las plantas, sino que se almacenan en el suelo. Por ejemplo, algunos suelos volcánicos del sur de Chile con gran capacidad de inmovilizar fósforo, han acumulado más de 2 tn/ha de fósforo total, pero los niveles de fósforo soluble pueden continuar cercanos a los 15 ppm. La situación anterior se agrava cuando el uso agrícola disminuye los niveles de materia orgánica del suelo o induce cambios hacia los extremos de la escala de pH; la ineficiencia de uso aumenta y se hace necesario elevar aún más las dosis de fertilización, esto ha llevado a que la fertilización óptima sea inalcanzable para un número creciente de agricultores (Silveira 1992).

El fósforo una vez absorbido, es muy móvil en la planta se incorpora rápidamente al metabolismo. En primer lugar, se producen azúcares y alcoholes fosforilados como productos intermedios, así como los fosfolípidos que son componentes básicos de las

membranas celulares. El compuesto más importante en el que interviene el fósforo por su papel en el almacenamiento y transporte de la energía es el trifosfato de adenosin (ATP) que se forma en la reacción de fosforilación. Por ser el fósforo componente de ácidos nucleicos participa en el proceso de la reproducción y la constitución genética de la planta. Mediante la fitina, se constituye una reserva de fósforo en la semilla que es movilizada durante la germinación y transformada en formas necesarias para la planta joven. La nutrición adecuada de fósforo tiene entre otros, los siguientes efectos favorables: acelera la madurez, mejora la calidad de forrajes y aumenta la resistencia a enfermedades (Delpino *et al.* 2002).

Las plantas absorben fósforo en forma de H_2PO_4 , ion que queda disponible al solubilizarse o romperse cualquiera de los compuestos fosfatados. Los equilibrios de reacción llevan a que la mayor parte del fósforo del suelo se encuentre en formas de baja o muy baja disponibilidad. Solo un porcentaje muy bajo (0.1 ppm y 0.3 ppm) se encuentran realmente en solución, plenamente disponibles para las plantas y microorganismos. Los equilibrios de reacción entre las distintas formas de fósforo dependerán de los coloides y minerales presentes en el suelo, el pH. La actividad microbiológica, la presencia de enzimas y ácidos orgánicos y la intensidad de demanda de nutrientes: mientras la composición y pH del suelo son características inalterables o muy difíciles de alterar. Los agentes de origen biológico son posibles de manejar, y prácticamente todos ellos tienden a mantener el fósforo en sus estados de mayor disponibilidad (Silveira 1992).

En los suelos ricos en materia orgánica de las regiones de clima húmedo, la acumulación de ésta es consecuencia de limitaciones de tipo climático, químico o biológico que reducen la mineralización y, por tanto la fuente de suministro de fósforo es baja. A mayores niveles de fósforo en el suelo habrá mayor difusión del fósforo y mejor alimentación de la planta. Si todo el perfil está bien provisto de fósforo se asegura el suministro adecuado para la planta, pero en el caso de suelos pobres en fósforo, la aplicación de abono localizado mejora la utilización al haber una mejor fijación. La absorción del fósforo por las raíces está condicionada por su capacidad de exploración del suelo, contenido de fósforo, tipo de planta y factores físicos como humedad y temperatura (Muslera y Ratera

1991).

El fósforo en el suelo se presenta casi exclusivamente como orto fosfatos derivados del ácido fosfórico, H_3PO_4 , Ca y Al. Los compuestos formados pueden encontrarse en forma de sales de solución, sales cristalinas o sales absorbidas por los coloides del suelo. El ion fosfato puede además, ser directamente absorbido por los coloides del suelo y puede formar enlaces de gran estabilidad con los hidróxidos de Fe, Al o Mn que forman parte de los coloides del suelo; estos últimos constituyen el fósforo fijado (Silviera 1992).

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 evaluaron cuatro niveles de abonamiento con superfosfato (200, 400, 600 y 800 kg de superfosfato por hectárea), en rendimiento de tres tipos de pasturas: Trébol solo, trébol más la gramínea Browntop (*Agrostis tenuis*) y Browntop solo. Los resultados mostraron una diferencia significativa en la asociación trébol más gramínea obteniéndose de 350, 450, 700, y 850 kg de materia seca por corte respectivamente, una diferencia no significativa entre tratamientos en gramíneas sola con un rendimiento promedio de 200 Kg. de materia seca por corte, y se llega a la conclusión que los tréboles responden con mayor eficiencia que las gramíneas siendo estas una competidora fuerte por fósforo (Hutchinson 1995).

La producción de forraje (kg MS/ha) alcanza incrementos de 5% a 122% por efecto de la fertilización fosforada (Hyland *et al.* 2005). En Cajamarca se ha observado un incremento en la producción de forraje en 14.3 % en respuesta a la fertilización fosforada (Sánchez citado por Vigo 1973). La tasa de crecimiento también se ve estimulada por el efecto de fósforo, es así que Rivera (2004), fertilizando praderas ryegras - trébol en Pasco, con 80 kg P/ha hallaron una tasa de crecimiento del 13% Moreno (2001) en Junín con 80 kg P /ha 16% de incremento en comparación con el tratamiento sin P, y Pahuara (2004) en

Junín observo incremento de 38.4 y 22.5% para la asociación de leguminosa y gramínea.

En el manejo de pasturas para la producción lechera, la decisión que toman los granjeros sobre qué y cuánto fertilizante aplicar tiene un efecto profundo sobre la cantidad y costo del alimento que pueden producir. La política de la fertilización es por tanto, una parte crítica del manejo con praderas cultivadas (Corbel 1999). La evaluación económica por lo expuesto anteriormente implica un minucioso análisis de la producción, los gastos e ingresos que ésta genera, y evaluar si es rentable o no, y en nuestro caso específico debemos analizar si el desembolso por el fertilizante superfosfato triple, tiene una justificación económica, cuanto más nos genera de rentabilidad dicho manejo en la pradera. La idea generalizada de que el ganado bajo pastoreo, reduce las necesidades de aplicación de fertilizantes, se debe a que un porcentaje considerable de nitrógeno, fósforo y potasio consumidos por los animales es restituido al suelo. Sin embargo, son algo contradictorios al respecto. Así investigaciones, encontraron que el efecto de las deyecciones fue un factor principal en el rendimiento y composición botánica de una pastura de ryegrass perenne (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) en una localidad, pero en otro clima y suelo diferente el rendimiento total fue afectado. En 1956 Peterson demostró que el ganado vacuno era muy poco eficaz como distribuidor de los elementos fertilizantes en sus deyecciones, concluyendo que el pastoreo de una pastura con ganado vacuno no reduce en grado importante la necesidad de aplicar fertilizantes (Flores *et al.* 1989).

2.3.4 Manejo de la asociación trébol y pastizal

Otro factor muy importante para el desarrollo y mejoramiento de las praderas es el manejo de asociaciones de trébol y pastizal nativo en su mayoría gramíneas las que se caracterizan por una morfología de tipo fibroso por lo que tiene mayor capacidad que las leguminosas para absorber fosfatos, sulfatos nitratos y potasio de una solución nutritiva, de ello se desprende que las leguminosas para persistir en una mezcla necesitan una provisión de elementos necesarios como por ejemplo la totalidad de luz para crecer a su máxima capacidad fotosintética mientras que las gramíneas solamente requieren un 80% pero a pesar de lo las leguminosas predominan en pasturas asociadas esta dominancia se debe a

los nutrientes en especial nitrógeno y el clima (Carambula 1977).

La asociación gramínea - leguminosa tienen ventajas como la disminución de problemas de timpanismo, además de suministrar 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 ayudan a mantener vigorosa a la gramínea, por lo tanto, solo necesitan fósforo y potasio. Se ha comprobado que las asociaciones elevan el rendimiento y la calidad nutritiva de los forrajes y los hacen más apetecibles para el ganado. Aumenta el rendimiento debido a que en la asociación existe mejor cobertura y las interacciones entre las partes aéreas como subterráneas (raíces) dan mejores condiciones para el cultivo. Las gramíneas reducen el riesgo de que se hielen las leguminosas en especial, en cierto tipo de climas, las asociaciones resisten mejor la competencia de las malas hierbas (Flores *et al.* 2005).

La asociación permitirá pastoreos frecuentes e intensos, ya que rebrota rápidamente, gracias a las yemas que escapan al diente. Exige un manejo cuidadoso durante el verano, el pastoreo bajo, puede elevar la temperatura y la desecación a ras del suelo y generar mortandad de plantas. El contenido de calcio y fósforo es de 1.85% y 0.33% respectivamente (Kalinowski 1972). El objetivo principal es suministrarlo al pastoreo y para ello es necesario sembrarla con gramíneas o con asociaciones múltiples de leguminosas y otras gramíneas, para las asociaciones múltiples el trébol blanco solo debe contribuir en un 25 a 40% de la ración para evitar el timpanismo (Flores y Malpartida 1987).

Las leguminosas poseen un crecimiento medio a bajo en invierno, concentrando su mayor producción en verano. No se recomienda su siembra como cultivo único pues es un forraje altamente meteorizante para rumiantes por lo que, normalmente se utiliza en asociación con ryegrass inglés, *Dactylis* o *Festuca* (Brink *et al.* 1993). El establecimiento del trébol blanco suele ser más lento que el de las gramíneas que pueden acompañarle en la pradera, muy especialmente del ryegrass, que en suelos fértiles puede hacerle una fuerte

competencia inicial. En mezclas con *Festuca* y/o *Dactylis*, de más lento establecimiento, la competencia no es tan fuerte y la implantación es más fácil (Uva *et al.* 1997).

El nutriente principal para las asociaciones leguminosas y gramíneas es el fósforo, siendo bajo 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).

En climas templados las plantas se hallan sujetas a inviernos severos, el trébol blanco tiene la habilidad de soportarlos, lo que confiere una gran persistencia en pasturas asociadas. Las plantas sometidas a enfriamiento disminuye de su tasa de aparición de hojas que controla la adquisición del carbono, también incrementa la partición de materia seca en tejidos subterráneos que favorecen el rebrote y la adquisición de reservas por los estolones. Los patrones de acumulación de proteína sugieren que se encuentra envuelta en el endurecimiento invernal y rebrote (Corbel *et al.* 1999).

En mezclas simples, se suele combinar con ryegrass perenne o bien con festuca alta, dependiendo si la producción pecuaria es tambo o invernada respectivamente. Normalmente el trébol blanco forma parte de mezclas complejas de cuatro, cinco o más participantes. En todos los casos se adapta mejor a especies de porte erecto generen poca sombra sobre su canopia. La tasa de crecimiento del pasto es el incremento en tamaño y peso de nuevo tejido 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 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 (Hutchinson 1995).



Figura 3: Introducción de trébol blanco en pradera alto andina.

Para elaborar cualquier tipo de plan de manejo se requiere conocer la tasa de crecimiento del pasto mes a mes. La tasa de crecimiento es el componente de la oferta de forraje más variable. Los mejores estimados de la tasa de crecimiento y su rango de variación se obtienen cortando el forraje cada tres semanas, y durante varios meses. La producción de forraje, kg ms/ha/año, es la suma de las tasas de crecimiento, Kg ms/día, multiplicado por el número de días del mes sumadas a lo largo de un año. La tasa de crecimiento es influenciada principalmente por el sistema de manejo, el estado fenológico de la pastura y la época del año. Regímenes de manejo que inducen tasas de defoliación frecuentes, reducen la tasa de crecimiento. Durante la época de formación de cabezas florales la tasa de crecimiento es alta pero el forraje es de baja palatabilidad determinando

que una gran proporción de la biomasa disponible senesca en pie o bien se reincorpore a la cadena de descomposición, vía detritus. En primavera y verano el pasto crece rápidamente para luego decrecer durante el otoño y el invierno debido a las bajas temperaturas y escasez de agua prevalentes en la zona alto andina (Ñaupari y Flores 1996).

A pesar que las pasturas asociadas pueden extraer agua hasta un tope de 130 cm del suelo, la mayoría de raíces y nutrientes están concentrados a pocos centímetros de él. A medida que el suelo pierde humedad, la disponibilidad de los nutrientes declina y el crecimiento del pasto se restringe. El *Loilium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Bromus willdenowii* pueden tolerar estreses prolongados de humedad y responder más rápido a la humedad después de una sequía (Hughes *et al.* 1976)

2.3.5 Impactos de la introducción de trébol

Los impactos de la introducción del trébol en praderas nativas pueden estar enfocados en la utilización concertada y diversidad funcional en los sistemas de forraje ofreciendo importantes contribuciones a retos y sistemas agrícolas que son productivos pero respetuosos del medio ambiente (Pizzio 1994).

El cultivo de esta asociación forrajera tiene mucho valor para los ganaderos de la zona alto andina. Existen pequeñas áreas con más de 20 años de vida; demostrando ampliamente su adaptación a esta zona. Con esta asociación, es posible proveer alimentación barata y de buena calidad para el incremento de la producción y productividad pecuaria (Paredes 1987).

Incrementar el cultivo de esta asociación forrajera tiene mucho valor para los ganaderos de la zona alto andina, con riego existen pequeñas áreas de estas pasturas, con más de 20 años de vida y demostrando ampliamente su adaptación a esta zona, además con esta asociación es posible proveer alimentación barata y de buena calidad para el incremento de la producción y productividad pecuaria. Bajo riego, la asociación rye grass - trébol se establece bien en casi todos los suelos altoandinos con pH por encima de 5.8.

Además, el ryegrass desarrolla muy bien en suelos ácidos con pH de 5.8, pero las bacterias que fijan el nitrógeno en las raíces de los tréboles prefieren suelos con pH mayores a 5.8. Los suelos altoandinos por lo general son pobres en fosfatos por lo que es necesario incorporar fertilizantes de este tipo, principalmente en el año de establecimiento y una aplicación cada año para el mantenimiento (Paredes 1987).

La introducción de los tréboles en un pastizal de baja calidad mejoraría el estado nutricional de los animales y por lo tanto influir en la calidad de la carne. Si bien una proteína metabólica suministrada, incrementa la masa muscular, una mejor fuente de energía podría aumentar la grasa corporal y desarrollar la carcasa superior, intramuscular contenido de grasa y, quizás asociado con eso, el contenido de colesterol de la carne de vacuno. La inclusión de la leguminosa en la pastura aumentó la proporción de grasa en las canales de los riñones y contenido de grasa intramuscular, pero no desarrollo el músculo, lo que sugiere que el tratamiento tuvo un efecto adicional en lugar de suministrar energía metabólica adicional proteína. Del mismo modo, la energía adicional fue encontrada para aumentar el peso de la carcasa en el ganado criollo (Lorenzana 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio de investigación fue conducido durante los años 2008 al 2011 en las fases de campo y de laboratorio con etapas de instalación y evaluación en áreas del sector denominado campo retajo, ubicado en la unidad de producción Ayaracra de la cooperativa comunal Yurac Huanca, ubicada en el distrito de Tinyahuarco, Provincia y Departamento de Pasco.

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

Los campos de los pastizales, donde se desarrolló el proyecto, se encuentran en topografía suaves a ligeramente moduladas y colindadas, con laderas de moderado a fuerte declive hasta presentar en muchos casos afloramientos rocosos, clasificados de acuerdo a Holdridge (1987) como paramo muy húmedo – subalpino tropical (Pmh – SaT) (Flores 2005).

Las variables climatológicas promedio de los últimos cinco años nos muestran una temperatura media anual máxima de 13.9 °C, una media anual mínima de -4.2 °C, teniendo una media de 6.7 °C. El promedio de precipitación total fue de 1191.8 mm con un promedio mensual de 99.3 mm, siendo los meses con mayores precipitaciones: diciembre, enero, febrero y marzo, y los meses con menor precipitación junio y agosto. La evapotranspiración varía entre 5.6 a 61.2 mm de la precipitación, con un promedio mensual de 34.80 mm, siendo agosto el mes con mayor evaporación y abril el mes con menor evaporación. De otro lado, la humedad relativa al ambiente varía de 63.4% en el mes de junio a 75.5% en el mes de marzo con un promedio mensual de 70.9% (Flores 2005).

El paisaje es una combinación de valles glaciales, colinas y montañas ubicadas por arriba de los 4200 msnm. El escenario edáfico está conformado por suelos de influencia volcánica y glacial muy marcada, en la mayoría de casos relativamente profundos,

fuertemente ácidos, pH 4.9 pobres en carbonatos 0.0%, altos en materia orgánica 4.1%, fósforo 9.5 ppm y potasio 248.3 ppm. La textura es predominante franco arenosa. La capacidad de intercambio catiónico es baja, 38.9% al igual que el porcentaje de saturación de bases, 50.8% (Flores 2005).

La vegetación presente en el área de estudio está constituida en un alto porcentaje de gramíneas de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis*, (mayor a 70%) y otros como *Stipa sp.*, *Stirpus rijidos*, *Alchemilla pinnata* (cuadro 5).

Cuadro 5: Especies vegetales y composición porcentual.

Especies	Composición (%)
<i>Festuca dolichophylla</i>	44.22
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	32.65
<i>Alchemilla pinnata</i>	5.44
<i>Stipa brachiphylla</i>	6.80
<i>Scirpus rigidus</i>	6.12
Otros (<i>Aciachne pulvinata</i> , <i>Paspalum</i> , <i>Malvaceae sp</i> , <i>Vacaris cespitosa</i>)	4.76
Total	100

La *Festuca dolichophylla* es la especie dominante con 44.22% indicada hacia una especie clave para vacunos. La cobertura es seguida por la *Calamagrostis vicunarum* con un 32.65%, *Stipa sp* con 6.80%, *Scirpus rigidus* con 6.12%, *Alchemilla pinnata* con 5.44% y otros con 4.76%.

3.2 INSTALACIONES

Se eligió una área de 0.6 ha, se ubicaron 02 bloques en cada uno con 4 parcelas de tratamiento con una dimensión de 10 m x 10 m, cercado todo el perímetro con una malla ganadera de 6 hilos con una altura de 1.30 m utilizando postes de fierro existente y madera rollizo de 1.40 m (figura 4).



Figura 4: Instalación del experimento.

Para la entre siembra, se utilizó el trébol blanco Huia, variedad de hoja mediana seleccionada, se realizó en golpes con distanciamientos de 0.5 m y a 1.0 m, que consistió en realizar hoyos (10 cm de lado) con un pico donde era introducida la semilla previamente inoculada con las bacterias *Rhizobium* específicas para la semilla. Para esto se utilizó cepas de *Rhizobium leguminosarum* procedentes del Cepario del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Huamanga de Ayacucho.

El fertilizante como fuente de fósforo utilizado para el experimento fue el Fosfato Diamónico (18% de N y 46% de P_2O_5) siendo un fertilizante con una gran movilidad al ser totalmente soluble en agua lo que asegura una rápida respuesta a la fertilización. El

Nitrógeno incluido permite cubrir parte de las necesidades del cultivo durante el primer período de crecimiento de la planta (Perdomo 2001).

3.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA INVESTIGACIÓN

Para el experimento se determinó 4 tratamientos, los cuales fueron sorteados entre las 4 parcelas de cada bloque, los tratamientos fueron:

T1 = Entre siembra de trébol blanco por golpes con distanciamiento de 0.5 m

T2 = Entre siembra de trébol blanco por golpes con distanciamiento de 0.5 m con P

T3 = Entre siembra de trébol blanco por golpes con distanciamiento de 1m

T4 = Entre siembra de trébol blanco por golpes con distanciamiento de 1 m con P

3.4 PARÁMETROS A EVALUAR

Los parámetros fueron evaluados en diferentes épocas del año así tenemos que para el crecimiento y desarrollo del trébol (altura y cobertura) se midieron en épocas de lluvias y plena seca y para los parámetros de síntesis de nitrógeno, vigor y productividad se obtuvieron evaluaciones solo al final de época de lluvias.

3.4.1 Crecimiento y desarrollo de trébol

El crecimiento y desarrollo del trébol fue evaluado a través de mediciones de altura y cobertura a través del tiempo, tomando en cuenta la relación positiva que existe entre estas dos variables con la productividad y el estado de crecimiento de la planta.



Figura 5: Hoyos sembrados con trébol blanco.

a) Altura de la planta

La altura de la planta es un buen estimador del desarrollo de varias etapas de crecimiento, desde la germinativa hasta la reproductiva y buen indicador de la cantidad de forraje que aportan nutrientes necesarios para satisfacer los requerimientos. Esta estimación se realizó con una regla milimetrada registrando el punto donde se encuentra la mayor altura de planta en 30 mediciones por tratamiento determinando la tasa de crecimiento promedio del trébol desde su primer mes hasta el final del experimento.

b) Cobertura aérea

La cobertura para una determinada especie es la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada. El follaje varía considerablemente según el estado de crecimiento y la estación del año. En pastizales, además influye la presión de pastoreo (Montani y Busso 2004).

Para la determinación de la cobertura se utilizó el área bisimétrica o basal por cada hoyo de las parcelas con tratamientos respectivos. Para lo que se aplicó en el desarrollo y crecimiento del trébol blanco en términos de expansión foliar, calculados área en cm^2

utilizando la siguiente formula del área, expresada como:

$$A = (\pi * d^2) / 4$$

A = Área.

d = Diámetro.

$\pi = 3.1416$.

3.4.2 Contribución del trébol a la síntesis de nitrógeno

a) Modulación del cultivo

Con el objetivo de estudiar el efecto de la inoculación de *Rhizobium* en condiciones de altura, se realizó una evaluación después de un año de incorporación para ver las persistencias de las características fenotípicas de las cepas como es el número, tamaño y color de los nódulos por planta. El muestreo se realizó al azar en todas las parcelas estudiadas, de manera que fueron extraídas 4 muestras de plantas de trébol por cada tratamiento.

b) Cantidad de nitrógeno en el suelo

Para la estimación de la cantidad del nitrógeno en suelo, se realizó tres sub muestreos al azar dentro de un camino de zig – zag por cada tratamiento, obteniendo una muestra compuesta de 1 kg (Flores y Bryant 1989). Para luego ser llevada al laboratorio de suelos de la UNALM, fue analizada por el método de Micro-kjeldahl.

c) Contenido de nitrógeno en la planta

El contenido de nitrógeno en planta se obtuvo mediante las mediciones de este elemento en tallo y hoja de la especie clave *Festuca dolichophylla*, para esto primero se obtuvieron una muestra representativa de materia verde que fueron cortadas al azar en 3 cuadrantes de 1.0 m² por cada tratamiento, y que fueron pre secadas por 4 días, llevadas al

laboratorio de análisis de suelos, plantas y fertilizantes de la UNALM.



Figura 6: Cepas de nódulos persistentes al año de cultivo.

3.4.3 Vigor y productividad de la vegetación

a) Vigor de la planta clave

De acuerdo al plan de muestreo se midió por cada tratamiento 10 plantas de la especie clave *Festuca Dolycophila*, elegidas a partir de una transecta a cada 0.5 m. Se realizó las mediciones con una regla milimetrada de la altura de planta desde el nivel de suelo hasta la altura de la canopia, igualmente se midió el diámetro mayor y el diámetro menor. Estos fueron utilizados para el cálculo del volumen, considerando los diámetros y altura de planta utilizando la siguiente formula (Montani y Busso 2004).

$$V = ((d+D)/2)^2 \pi H$$

Donde

:

V= Volumen.

H= Altura.

D= Diámetro de Canopia.

d= Diámetro basal

Igualmente, para completar la evaluación de vigor de la especie clave se realizó el conteo de las cabezas florales por cada tratamiento, estas mediciones se obtuvieron al final de la investigación en la época de invierno.

b) Productividad de la biomasa total

Para cálculo del rendimiento de forraje tanto para los tréboles y el pastizal, se utilizó un cuadrante (1.0 m²); colocando al azar sobre el pastizal obteniendo tres muestras por tratamiento, cortando todo el forraje al ras del suelo; se guardó en bolsas de papel para realizar el pesado de la muestra obteniendo el peso húmedo para luego realizar un pre secado antes de entrar en una estufa a 65 °C por 48 horas (Montani y Busso 2004).

Cuando estuvo completamente seca la muestra, se obtuvo el peso seco del forraje, esta medición se realizó al final del experimento en época de invierno con la finalidad de calcular la cantidad de materia seca por hectárea.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.5.1 Hipótesis general de la investigación

“La introducción del trébol blanco y la suplementación de fósforo mejora la productividad y el valor nutritivo de los pastizales dominados por *Festuca dolichophylla* por el efecto que tienen en la mejora del nivel de nitrógeno y fósforo en el suelo”

3.5.2 Análisis estadístico

El análisis de datos de los parámetros evaluados se realizó con el diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x2x5 donde los factores fueron el nivel de fósforo, el distanciamiento y la época (Calzada, 1970). Los tratamientos fueron asignados al azar en parcelas de 20 m². Los bloques fueron las réplicas espaciales de los tratamientos espacio suficiente fue dejado entre parcelas dentro bloques para minimizar el efecto de borde. Las

variables de respuesta fueron los parámetros evaluados en el Trébol (altura y cobertura). Todos los parámetros fueron evaluados en cuanto a su distribución normal utilizando el procedimiento Normal Test Bartlett de SAS antes de correr los datos en el programa (Montgomery 1996).

El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + d_i + p_j + m_k + (dp)_{ij} + (dm)_{ik} + (pm)_{jk} + (dpm)_{ljk} + b_{ijkl} e_{ijklm}$$

Y_{ijklm} : Variable de respuesta.

μ : Media general.

d_i : Efecto del distanciamiento

p_j : Efecto del nivel de fósforo

m_k : Efecto de la época

$(dp)_{ij}$: Interacción fósforo por distanciamiento

$(dm)_{ik}$: Interacción distanciamiento por mes

$(pm)_{jk}$: Interacción fósforo por mes

$(dpm)_{ljk}$: Interacción distanciamiento por fósforo por mes

b_{ijkl} : Efecto del bloque

e_{ijklm} : Error

Para evaluar los parámetros de la contribución del trébol, vigor y productividad de la vegetación a la síntesis de nitrógeno se utilizó un diseño en bloques con arreglo factorial 2 x 2 bajo el siguiente modelo aditivo lineal.

$$Y_{ijkl} = \mu + d_i + p_j + (dp)_{ij} + b_k + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} : Variable de respuesta

μ : Media general

d_i : Efecto del distanciamiento
 p_j : Efecto del nivel de fósforo
 $(dp)_{ij}$: Interacción fósforo por distanciamiento.
 b_k : Efecto del bloque
 e_{ijkl} : Error.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EFECTO FÓSFORO

4.1.1 Crecimiento y desarrollo del trébol

La aplicación del fósforo tuvo un efecto positivo significativo ($P < 0.05$) sobre la altura y grado de cobertura de trébol y a nivel de la parcela, siendo el impacto sobre la altura más notoria ($P < 0.01$) que de la cobertura ($P < 0.05$) sugiriendo que la incorporación de fósforo habría tenido un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo del trébol como se muestra en el cuadro 6. La aplicación de fósforo mejoró el grado de cobertura de trébol de 1.8 a 14.2% en la pradera nativa tal vez 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 la literatura (Snyder y leep 2007, Vallejos 2009, Rivera 2004) y una posible mejora en la persistencia del cultivo y en el pool de fósforo en el suelo (Tisdale y Nelson 1991).

Cuadro 6: Variables de estudio para el establecimiento del trébol.

Parámetro	Fósforo kg/ha		Probabilidad	Significancia
	0	80		
Altura (cm)	3.9	6.3	0.0001	**
Área foliar (por mata)	54.3	99	0.0019	*
Cobertura /parcela (%)	1.82	14.2	0.0019	*

En nuestro estudio la fertilización del fósforo habría mejorado la disponibilidad de este elemento en el suelo, desde que estos eran muy pobres en fósforo (9.5 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).

Cabe indicar que las diferencias en los parámetros evaluados varían con el avance de la época del año y fueron más marcadas al inicio y durante la fase establecimiento y posteriormente en el pico de lluvias del año sub siguiente tal como lo muestra la figura 7. Así el fósforo tuvo un efecto significativo sobre la altura ($P < 0.05$) que se manifestó principalmente en la época seca, inicio de lluvias y con mayor énfasis en el pico de lluvias. Esta interacción entre la época del año y los niveles de fósforo estarían confirmando el rol que este elemento tiene en la mejora del crecimiento efecto que parece acentuarse con el venir de las lluvias, tal como lo sugiere los estudios realizados por Ñaupari (2001), Moreno (2001) y Rivera (2004) y también el hecho que el fósforo mejora la síntesis y almacenamiento de energía, acelera la madurez y mejora el vigor de las plantas (Domínguez 1984).

Las leguminosas tienen un mayor requerimiento de fósforo que las gramíneas de modo que este nutriente habría actuado eficientemente en la mejora de los parámetros evaluados en este experimento tal como lo demuestra el análisis de cobertura. El efecto de las dosis 80 Kg/ha de abonamiento fosforado sobre la cobertura de las leguminosas es posible debido a que estas son mejores en sus respuestas ya que la aplicación estimula el crecimiento, produciendo así un mayor desarrollo e incremento del área foliar de las plantas (Tisdale y Nelson 1991). Es así, que parcelas que recibieron fósforo mejoraron su cobertura tanto a nivel de hoyos como parcelas, pero este aumento fue gradual para manifestarse con más notoriedad en el pico de lluvias cuando la disponibilidad de agua es más abundante, tal como lo demuestra la ausencia de diferencias estadísticas ($P > 0.05$) a lo largo del periodo experimental salvo al pico de lluvias ($P < 0.05$).

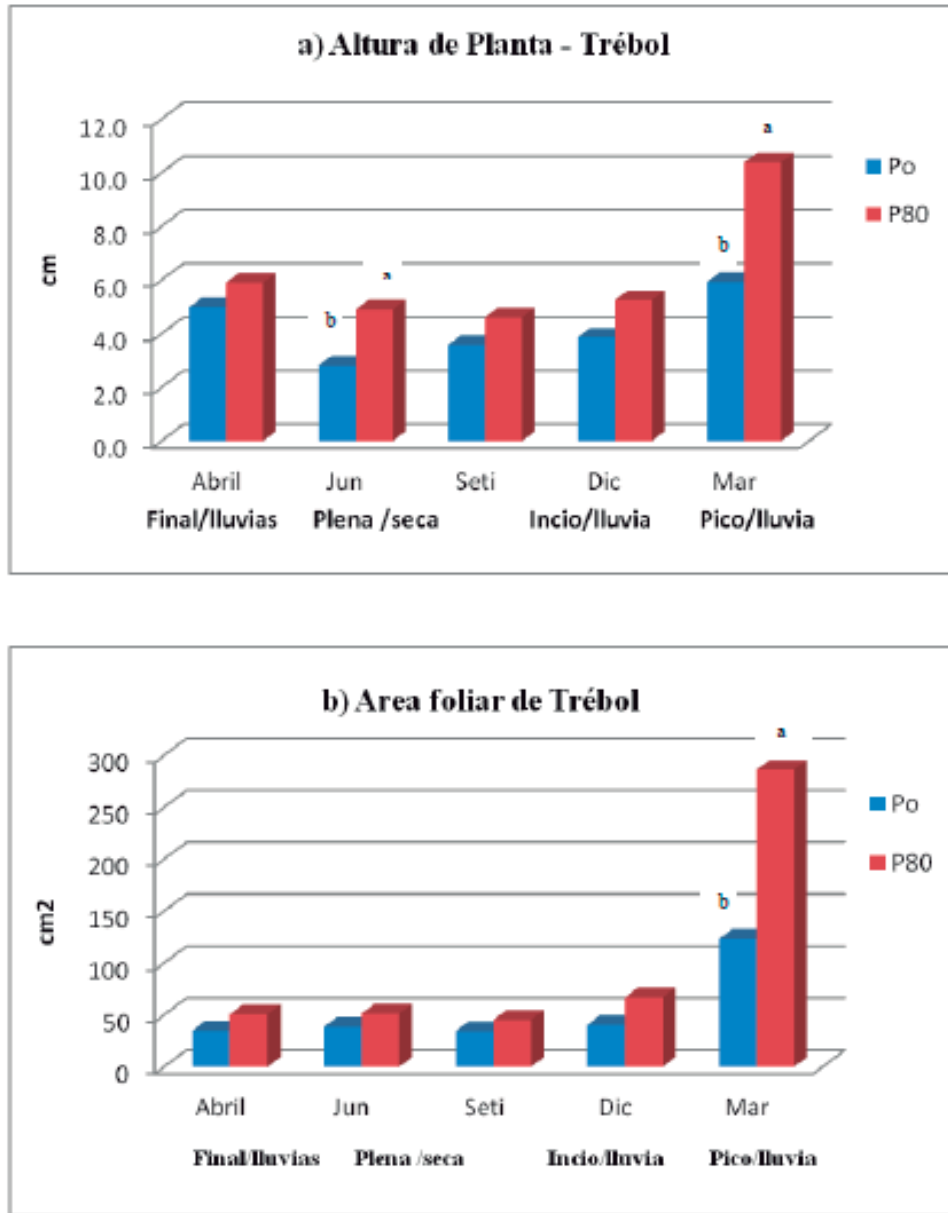


Figura 7: Evolución de la altura (a), área foliar (b) del trébol blanco a lo largo del periodo experimental en respuesta al abonamiento fosforado

4.1.2 Contribución del trébol a la síntesis de nitrógeno

La adición de fósforo mejoró el número de nódulos y diámetro así como el contenido de este elemento en el suelo y en la planta particularmente en las hojas. Los

efectos más significativos ($P < 0.05$) se observaron a nivel de diámetro y número de nódulos revelando que el fósforo definitivamente habría tenido un efecto sobre la fijación de nitrógeno (cuadro 7).

Cuadro 7: Grado de nodulación en trébol y cantidad de nitrógeno en planta clave.

Parámetros	Fósforo Kg/ha		Probabilidad	Significancia
	0	80		
<i>Trifolium repens L.</i>				
Nº de nódulos	14.69	17.81	0.050	*
Diámetro (mm) Nódulo	1.90	2.36	0.0201	*
Nitrógeno Suelo %	0.63	0.67	0.3081	ns
<i>Festuca dolichophylla</i>				
Nitrógeno Tallo %	0.98	1.05	0.7177	ns
Nitrógeno hoja %	1.40	1.70	0.37000	ns

Las plantas de trébol que recibieron fósforo mostraron un mayor grado de nodulación, lo que habría favorecido una mayor infestación con *Rhizobium* contribuyendo a una mayor fijación de nitrógeno elemento necesario para la síntesis de proteína (Moser y Jennings 2007, Snyder y Leep 2007, Picone y Zamuner 2002), confirmando el rol que este elemento tiene en la mejora de la fijación simbiótica del nitrógeno a través del estímulo que este elemento ejerce sobre el crecimiento radicular de las plantas y el grado de nodulación expresado en el número y tamaño de los nódulos (Hyland *et al.* 2005, Escobedo 1993).

Los resultados que las características obtenidas de los nódulos como es la observación del color rosado atribuido por el pigmento leghemoglobina que es un buen indicador de fijación del nitrógeno, el número y tamaño de nódulos también estarían reflejando en la cantidad de nitrógeno tanto en el suelo como en la planta, por la capacidad de realizar una simbiosis de leguminosa y *Rhizobium* juntas para la fijación de nitrógeno atmosférico, logrando mejorar su fertilidad orgánica (Xiaobin *et al.* 2008).

En muchas leguminosas la infección no ocurre por debajo de pH 5.0, para nuestra investigación se tuvo un suelo ácido de pH 4.9, el trébol blanco no lograría alcanzar un nivel efectivo de nodulación a este pH por su sensibilidad a la acidez en el proceso de

infección, influyendo en el número y distribución del *Rhizobium* en los suelos. (Perdomo 2001). Igualmente, por las condiciones de factores externos muy importantes que pudo mejorar la simbiosis tal como la presencia de algunos nutrientes especialmente requeridos por el sistema en el establecimiento y desarrollo en la organogénesis del nódulo. Así, tenemos el papel fundamental del azufre al igual que el fósforo influye mucho en la fijación del nitrógeno atmosférico en nitratos, la relación de boro, y calcio para el mantenimiento estructural de la pared celular y que juega un papel fundamental en el proceso de simbiosis en las leguminosas como también en la recuperación de la fijación simbiótica del nitrógeno en condiciones de pH no favorables para la fijación (Salamanca *et al.* 1998).

4.1.3 Vigor de la planta clave y productividad

En el cuadro 8, se muestra la respuesta de la vegetación nativa y el trébol en términos de vigor (planta clave) productividad a la aplicación de fósforo donde nos revelan las diferencias significativas ($P < 0.05$) en todas las variables de estudio de vigor a excepción del número de cabezas florales ($P > 0.05$). La producción promedio durante la época de lluvia para la vegetación natural, trébol y la biomasa de las parcelas con fósforo fueron significativamente mayor ($P < 0.05$), en comparación con las no fertilizadas. El incremento en el valor de los parámetros hallados en nuestro estudio tal vez sea consecuencia a la respuesta favorable del crecimiento del forraje al aumento en la disponibilidad de fósforo en el suelo, así como la conjugación de factores abióticos favorables (Zevallos 2009, Hillard *et al.* citado por Snyder y Leep 2007)

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

Cuadro 8: Resultados de vigor y rendimiento de la planta clave (*Festuca dolichophylla*)

Parámetros	kg/ha de fósforo		Probabilidad	Significancia
	0	80		
Cabezas florales/planta	51.0	56.7	0.053	ns
Altura (cm)	41.0	46.8	0.036	*
Volumen (dm ³)	137.17	230.60	0.032	*
Vegetación natural (MS Kg/ha)	1140.85	2314.15	0.03	*
Trébol (MS kg/ha)	40.50	124.10	0.0038	*

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. Por ejemplo la literatura señala correlaciones positivas entre la disponibilidad de fósforo en el suelo y la concentración foliar (en floración) y el rendimiento de la leguminosa, es decir, hay una respuesta a la fertilización fosforada en suelos con bajo nivel de este elemento (Lamas *et al.* 1998).

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 el presente estudio la producción de biomasa de la especie clave en las parcelas

fertilizadas con fósforo superaron en promedio a las no fertilizadas (1181.35 kg ms/ha vs 2438.32 kg ms/ha) revelando que la fertilización fosforada mejoran las tasas de crecimiento y consecuentemente la acumulación de biomasa (Alvares 2006, Rivera 2004, Vallejos 2009). En este ensayo las características químicas del suelo habrían mejorado notablemente particularmente el contenido de nitrógeno y fósforo lo que habría influido significativamente sobre la tasa de crecimiento y consecuentemente en producción de forraje. La literatura sugiere que estos cambios podrían deberse en parte a un mayor desarrollo radicular lo cual habría también dado lugar a un incremento en la utilización de carbohidratos (Snyder y Leep 2007, Vallejos 2009) y consecuentemente en el tamaño y número de los nódulos en el trébol blanco (Hyland *et al.* 2005, Pahuara 2004). Este hecho habría permitido que las bacterias del género *Rhizobium* que infectan los nódulos de las raíces, al disponer de carbohidratos, aumenten la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico enriqueciendo el suelo (Vallejos 2009, De Juan 2003, Adjei *et al.* 2002). En adición las condiciones de humedad, 70.9%, materia orgánica 4.1 % y temperatura media 13.9 °C de nuestros suelos contribuyeron a estimular las reacciones químicas y actividad microbiana, la descomposición de la materia orgánica y mineralización de las formas orgánicas del nitrógeno, así como la actividad funcional de las raíces y la adsorción de los nutrientes (Vallejos 2009, Xiaobin *et al.* 2008, Wedin y Russelle 2007, Aguirre 1985).

La producción promedio de 2438.32 kg ms/ha en las parcelas fertilizadas con 80 kg de P/ha fueron inferiores a las encontradas en la sierra central por Rivera (2004) de 10220 kg ms/ha y Moreno (2001) de 10241 kg ms/ha, a pesar de haber utilizado también la misma dosis de 80 kg de fósforo. Estas diferencias se explican en parte por el menor contenido de fósforo 9.5 ppm en nuestros suelos, así como a la diferencia de textura del suelo, precipitación, pH, temperatura y altitud en que se desarrollaron estos estudios (Tisdale y Nelson 1991). Sin embargo, al expresar los incrementos obtenidos en porcentaje los valores hallados son superiores, así en nuestro estudio obtuvimos más del 100% a favor de las parcelas fertilizadas mientras que Moreno (2001) reporta un incremento promedio de 16% y Rivera (2004) de 13%, indicando que la respuesta de las pasturas al uso de la fertilización fosforada es más eficiente a estas condiciones aun cuando las concentraciones de fósforo en el suelo sean menores como es el caso del presente estudio.

4.2 EFECTO DISTANCIAMIENTO

4.2.1 Crecimiento y desarrollo del Trébol.

Los resultados encontrados muestran que el distanciamiento tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre las variables evaluadas, así plantas de trébol sembradas a 0.5 metros entre golpes, registraron mayor altura y cobertura que aquellas sembradas a un 1 metro (cuadro 9) probablemente debido a que cuando se incrementó el número de golpes por unidad de área también incrementó la densidad de plantas de trébol y el número de nódulos asociados a ellas, aspecto que habría contribuido a una mayor transferencia de nitrógeno al sistema suelo - planta. En este ensayo se observó que cada planta tenía promedio de 16 nódulos activos los cuales habrían posibilitado una mayor fijación de nitrógeno atmosférico por parte de las bacterias simbióticas de *Rhizobium* y una mayor transferencia de nitrógeno a las plantas nativas (Ennik, París mencionados por Stypiński 1993).

Cuadro 9: Variables de estudio para el establecimiento del trébol blanco.

Parámetros	Distanciamiento		Probabilidad	Significancia
	0.5 m	1 m		
Altura (cm)	5.60	4.60	0.015	*
Área foliar (cm ² por mata)	91.90	61.4	0.023	**
Cobertura /parcela (%)	12.50	2.30	0.002	**

El hecho que al aumentar la densidad no se haya reducido la altura ni cobertura de trébol sugiere que más que una relación de competencia entre las plantas nativas y el trébol, lo que hay es una relación de complementariedad lo que en este experimento habría dado lugar a una interacción positiva leguminosa - gramínea. La leguminosa habría aportado nitrógeno y las plantas nativas especialmente las gramíneas una mejor protección, dada la naturaleza de su crecimiento alto y una arquitectura morfológica matorrosa. Esta relación

de complementariedad gramínea – leguminosa habría evitado las competencias intensas en el tiempo durante las épocas de establecimiento entre plantas de trébol (Cucho 2003).

Un análisis de la influencia de la época en el comportamiento de las variables muestra que; la altura y cobertura de tréboles aumento con el advenimiento de la época lluviosa, y se mantuvieron estables en la época de plena seca o verano (figura 8), esto expresó en los tréboles respuesta a diferentes tipos de estrés durante las épocas de establecimientos, donde los resultados del efecto de distanciamiento describe que hubieron resultados significativos ($P<0.05$) sobre la altura de planta en la época final de lluvias del primer año de establecimiento. Pero para ambos niveles de distanciamiento se observó que en la época de pico de lluvia del segundo año de establecimiento, el crecimiento de planta se manifestó con mayor énfasis, alcanzando su máxima altura de 8 cm no mostrando diferencias estadísticas. Con respecto al análisis de cobertura, se observó que a menores distanciamiento de siembra la cobertura de trébol se incrementó significativamente ($P<0.05$) tanto a nivel de hoyos como de parcela 12.5% vs. 2.3% para un distanciamiento de 0.5 m vs 1.0 m entre hoyos, siendo que los mayores valores y diferencias se registraron cuando la disponibilidad de agua aumentó.

4.2.1 Contribución del trébol a la síntesis de nitrógeno

Los suelos de puna tienen niveles altos de materia orgánica pero la disponibilidad de nitrógeno es generalmente baja debido a una reducida tasa de mineralización debido a bajas temperaturas prevalentes, particularmente en la época de seca, ya que de alguna manera se necesitaría de lluvias para filtrar el nitrógeno dentro de la zona de las raíces de esta asociación (Simpson y Pate 1998). De manera que pequeños aportes de nitrógeno a las gramíneas podrían tener un efecto notorio en el comportamiento productivo y calidad de las plantas (Escobedo 1993).

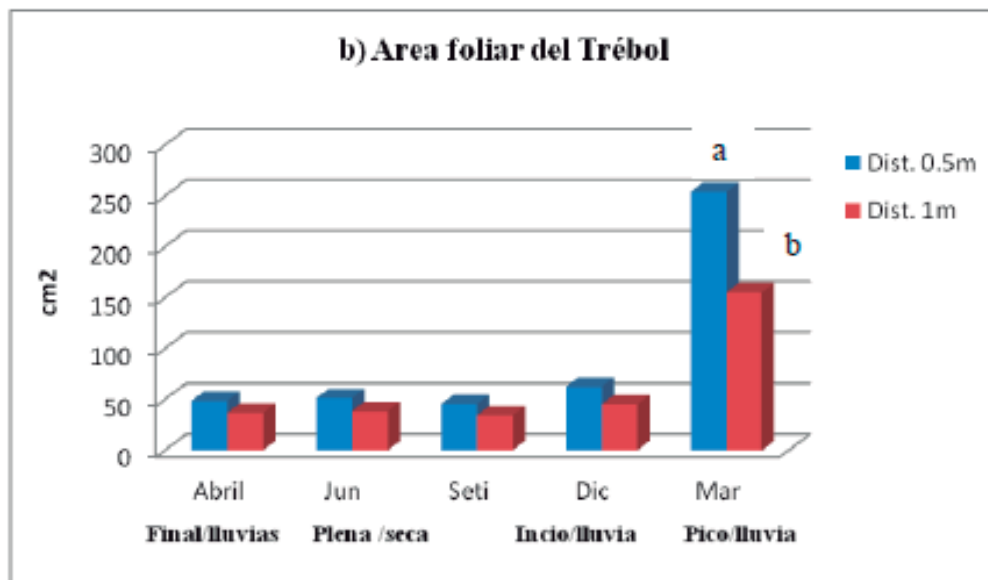
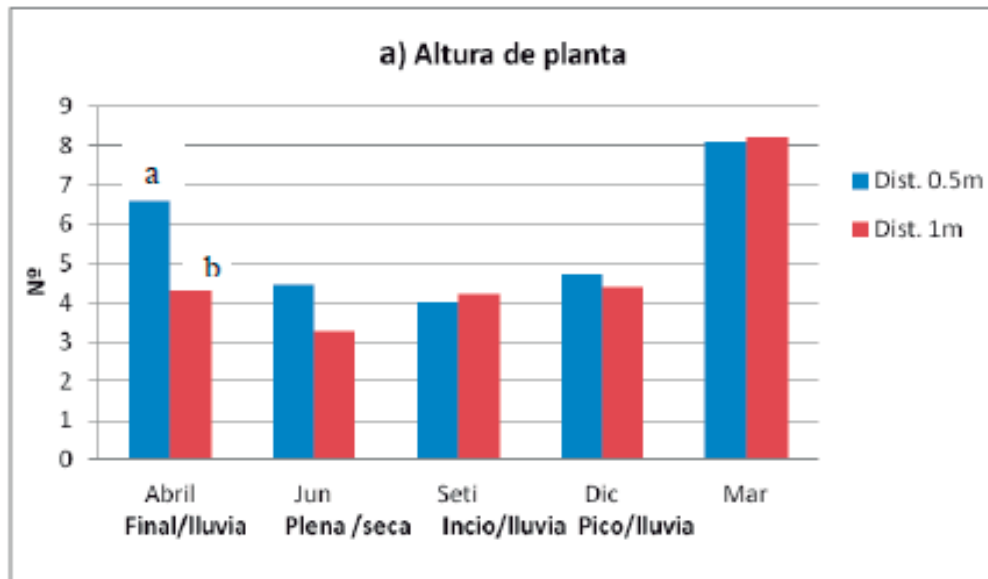


Figura 8: Evolución de la altura (a), área foliar (b) del trébol blanco a lo largo del periodo experimental en respuesta a los niveles de distanciamiento.

En el presente experimento el distanciamiento tuvo un efecto significativo sobre el número de nódulos por plantas, tréboles sembrados a mayor densidad en golpes tuvieron 19 vs 13 nódulos para la menor densidad, pero no para el resto de variables asociadas con el efecto del nitrógeno (cuadro 10). Sin embargo, hubo una asociación positiva entre el menor distanciamiento, el nivel de nitrógeno en el suelo y en el tejido vegetal de las gramíneas nativas. La *Festuca dolichophylla* especie clave en este experimento elevó su contenido de nitrógeno en tallos y hojas en casi 26% cuando se incrementó la densidad de siembra revelando la probable existencia de niveles significativos de fijación de nitrógeno y transferencia efectiva del macroelemento tanto al suelo como a las plantas. Esto es muy importante pues el contenido de nitrógeno en gramíneas nativas, no solo es bajo sino que cae rápidamente por debajo de los niveles críticos 1.12% para la nutrición animal durante las épocas secas (Aguirre y Flores 1997).

Cuadro 10: Fijación de Nitrógeno.

Parámetros	Distanciamiento		Probabilidad	Significancia
	0.5 m	1 m		
Nº de nódulos Trébol	19.10	13.43	0.0012	*
Diámetro (mm) Nódulo	2.13	2.16	0.8704	ns
Nitrógeno Suelo (%)	0.73	0.58	0.349	ns
Nitrógeno Tallo (%)	1.13	0.9	0.3189	ns
Nitrógeno Hoja (%)	1.65	1.30	0.3769	ns

La introducción de tréboles en el pasto natural podría constituirse entonces en una herramienta efectiva de manejo nutricional de los pastizales, pues existe una relación positiva entre la ingesta del forraje y el contenido de nitrógeno en la planta de modo que si el nivel de nitrógeno aumenta lo hace también la ingesta de forraje en consecuencia en la producción animal (Argote 2012).

4.2.2 Vigor y rendimiento de la planta clave

Aun cuando hubieron tendencias en la mejora de algunos parámetros productivos como por ejemplo, biomasa disponible que aumento 1.58 a 1.87 tn ms/ha cuando la densidad de tréboles aumento, estas no fueron significativas ($P>0.05$) salvo para el caso del número de cabezas florales por la planta clave ($P<0.05$), así se observó que cuando los tréboles se sembraron a un menor distanciamiento 0.5 m, el número de cabezas florales un indicador de la capacidad reproductiva de las plantas incrementó reflejando la mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo cuando la densidad de siembra aumento. El N cumple funciones vitales dentro de los seres vivos, encontrándose dentro de las plantas tanto en formas orgánicas como inorgánicas. Estas últimas son en realidad de escasa magnitud, estando la mayoría como NO_3^- , única forma inorgánica capaz de ser almacenada. Por lo tanto, dentro de la planta la mayoría del N se encuentra en forma orgánica. Este nutriente juega un rol esencial en el crecimiento del vegetal, ya que es constituyente de moléculas como: i) clorofila; ii) aminoácidos esenciales; iii) proteínas; iv) enzimas; v) nucleoproteínas; vi) hormonas; vii) trifosfato de adenosina (ATP). Además, el N es esencial en muchos procesos metabólicos, como por ejemplo, la utilización de los carbohidratos (Perdomo 2001).

Cuadro 11: Resultados vigor y rendimiento de la planta clave.

Parámetros	Distanciamiento		Valor de F	Significancia
	0.5 m	1 m		
Cabezas florales	58.0	50.0	0.0229	*
Altura (cm)	43.30	44.55	0.4815	ns
Volumen (dm^3)	178.50	189.30	0.069	ns
Vegetación nativa (MS kg/ha)	1870.00	1585.00	0.4336	ns
Planta clave (MS kg/ha)	1934.50	1675.17	0.4767	ns

4.3 EFECTO DE LA INTERACCIÓN FÓSFORO Y DISTANCIAMIENTO

4.3.1 Crecimiento y desarrollo de trébol

La figura 9, grafica como varió la altura y área foliar tanto cuando el fósforo como el distanciamiento aumentaron. No se observaron signos de interacción entre estos dos factores, es decir tanto la altura como la cobertura aumentaron cuando el nivel de fósforo se incrementó independiente del distanciamiento, correspondiendo a las menores densidades mayores valores para cada parámetro evaluado.

En el experimento, el nivel de nitrógeno en el suelo aumentó de 0.52 a 0.72 % cuando la densidad de siembra se incrementó. El fósforo y el nitrógeno están involucrados en funciones vitales para las plantas como lo son: la fotosíntesis, formación de proteína y la fijación (simbiótica) de N. El beneficio principal de la aplicación en banda de fertilizantes con P y N amoniacal es el incremento de absorción de P por las plantas debido a que la solubilidad del P se incrementa. Además, fertilizantes con N-amoniacal aumentan la absorción de P por las plantas, mejorando así el crecimiento del cultivo y la eficiencia del fertilizante fosfatado (Del Pino y Hernández 2002)

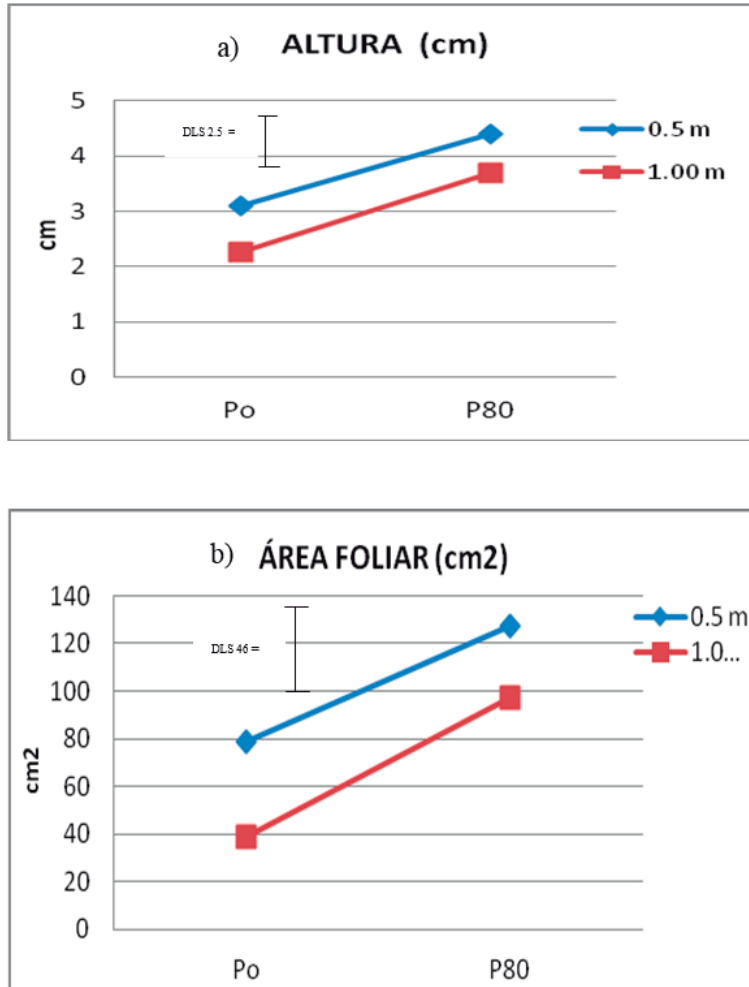


Figura 9: Evolución de la altura (a), área foliar (b) del trébol blanco a lo largo del periodo experimental en respuesta a las interacciones del fósforo y distanciamiento.

4.3.2 Contribución del trébol a la síntesis de nitrógeno

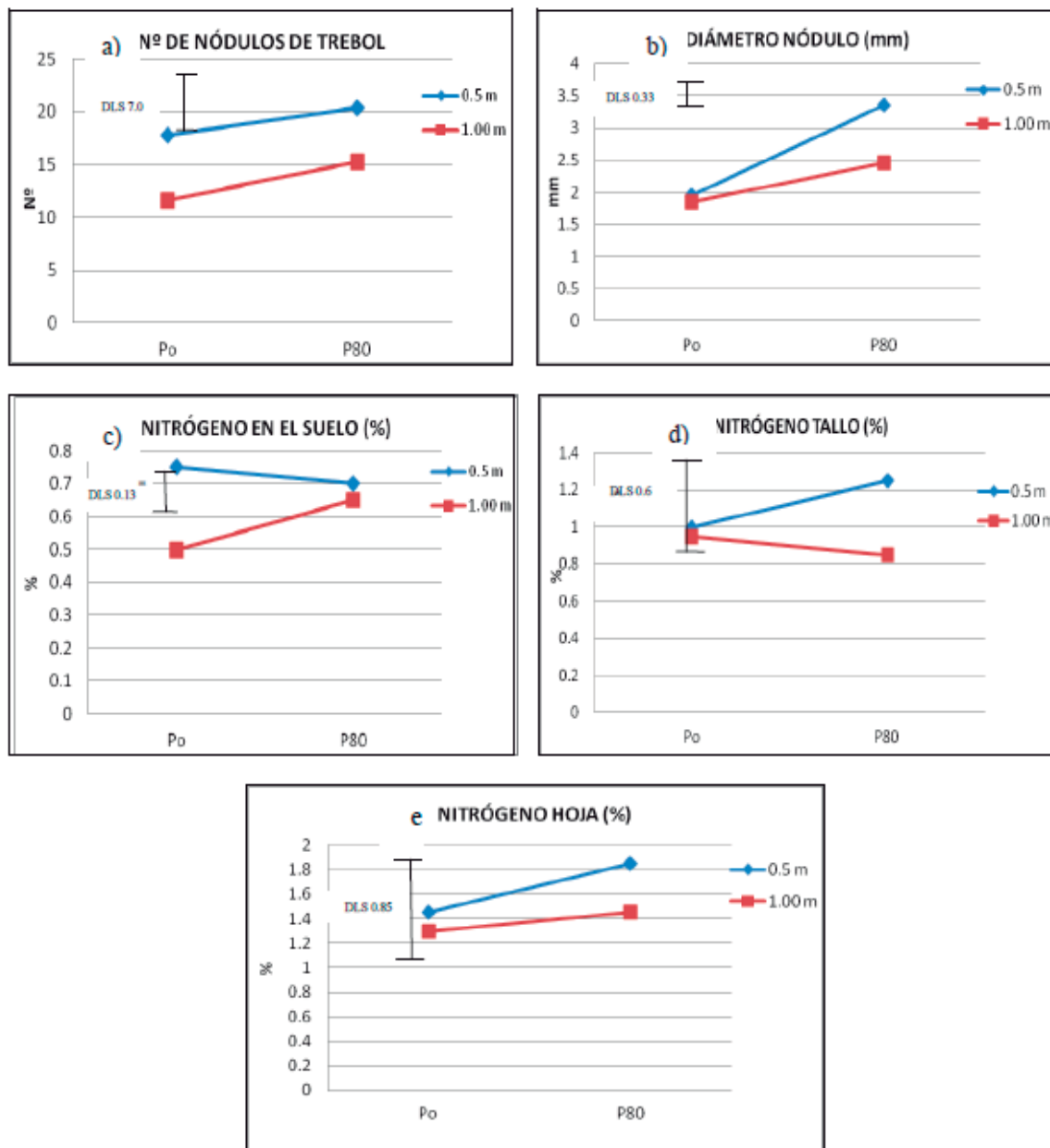


Figura 10: Contribución del trébol a la síntesis de nitrógeno N° de nódulos (a), diámetro nódulos (b) del trébol blanco, Nitrógeno suelo (c), Nitrógeno tallo (d) y Nitrógeno en hoja (e) de *Festuca dolichophylla* lo largo del periodo experimental en respuesta a las interacciones del fósforo y distanciamiento.

la figura 10, se muestra que no hubo interacción significativa ($P>0.05$) entre el nivel de fósforo y distanciamiento para diámetro de nódulos, nitrógeno en suelo y nitrógeno en planta tanto en tallos como en hojas, pero no para el número de nódulos por planta de trébol. Así, el nivel de interacción no cambio el hecho que al reducirse el distanciamiento los indicadores de fijación de nitrógeno fueron superiores cuando la densidad disminuyó de 1.0 a 0.5m y el fósforo aumento de 0 a 80 kg.

4.3.3 Vigor y rendimiento de la planta clave

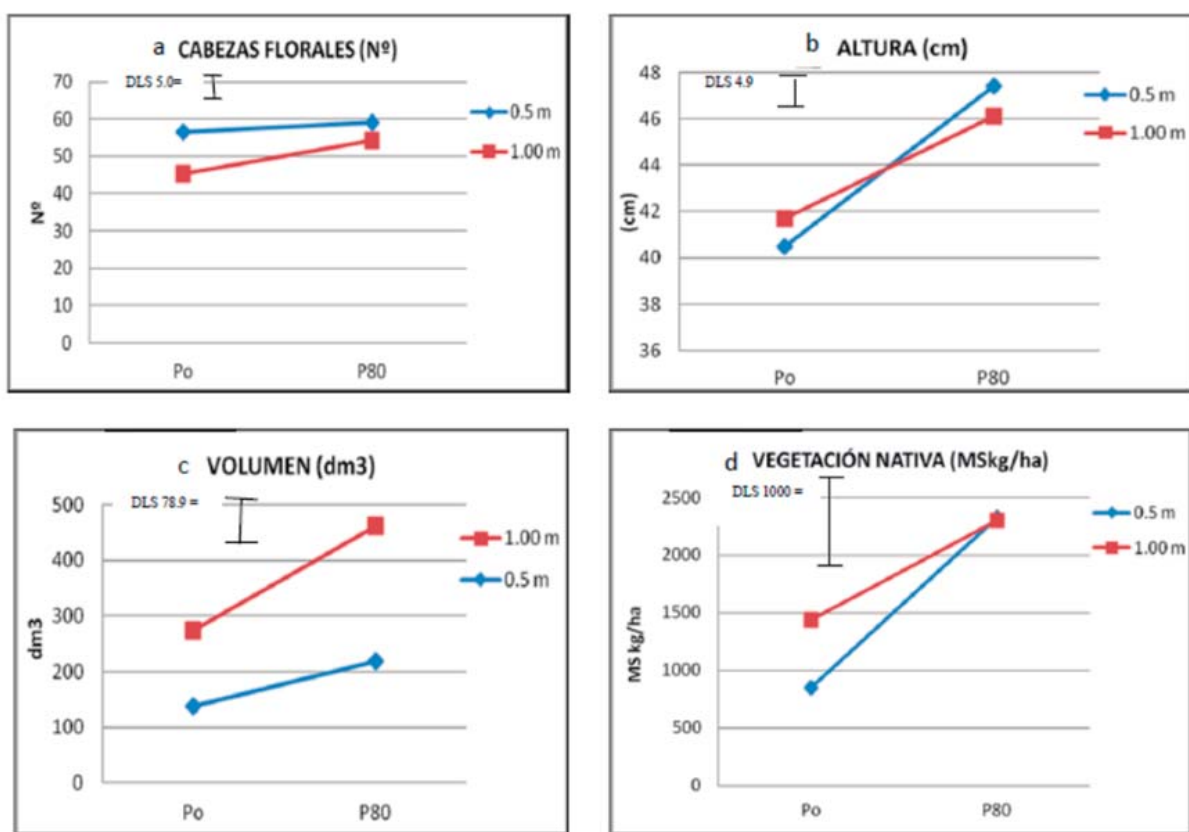


Figura 11: Vigor y productividad de la vegetación Nativa. Cabezas florales(a), altura planta clave (b), volumen (c), MS Kg/ha de la vegetación (d) a lo argo del periodo experimental en respuesta a las interacciones del fosforo y distanciamiento

La figura 11, muestra que cuando se aplicó fósforo, la densidad de plantas aumentó al igual que el número de cabezas florales, altura y rendimiento de la planta clave *Festuca dolichophylla* pero que la magnitud del aumento no fue similar entre al mismo nivel de fósforo revelando que el efecto combinado del fósforo y el distanciamiento entre golpes podría haber sido ligeramente mayor que el efecto simple de cada uno de los factores estudiados, fósforo y distanciamiento. Interacciones entre fósforo y otros factores agronómicos y ambientales (temperatura, humedad) asociados al manejo de cultivo forrajero como distanciamiento entre golpes, nivel de nitrógeno en el suelo, son comunes en la naturaleza particularmente las praderas nativas tal como las estudiadas en el presente experimento, en donde se observó que cuando la densidad de plantas y el fósforo aumentaron también lo hicieron variables asociadas al vigor de planta como altura, cobertura y volumen, variables que a su vez guardan estrecha relación con el rendimiento forrajero y persistencia del cultivo.

V. CONCLUSIONES

La fertilización fosforada mejoró el grado de nodulación y el nivel de nitrógeno en el suelo lo que habría contribuido a una mejora en la productividad y vigor de las especies claves como fue la *Festuca dolichopylla*, también a una mejor tasa de establecimiento del trébol tal como lo revela la menor mortalidad al establecimiento y mayor cobertura al final del experimento.

Los mejores resultados se obtuvieron a un nivel de distanciamiento de 0.5 m entre hoyos, parcelas sembradas a mayor densidad de trébol mostraron mayor disponibilidad de nitrógeno para las especies nativas, mayor número y tamaño de nódulos en los tréboles y mejor calidad y cantidad de forraje por parcela, la asociación gramínea leguminosa en entre siembra son muy importantes ya que estas se benefician mutuamente evitando ser competitivas entre sí para su supervivencia en ecosistemas de puna.

El análisis de las interacciones reveló que los factores de respuesta al incremento en el nivel de fósforo fueron similares a los diferentes niveles de distanciamientos para todas las variables excepto, nitrógeno en suelo, plantas nativas y productividad de las especies claves donde si se obtuvieron interacciones significativas ($P < 0.05$).

VI. RECOMENDACIONES

Analizar las relaciones de competencia interespecifica e intraespecificas del trébol blanco (*Trifolium repens*) con especies nativas en experimentos controlados de largo aliento en diferentes ecosistemas de puna para ampliar el rango de validez de los hallazgos encontrados.

Evaluar la persistencia y capacidad adaptativa del *Trifolium repens* al ecosistema de puna bajo diferentes condiciones de manejo y estrés ambiental causado por temperatura, agua y suelo para determinar los ambientes óptimos donde se puede aplicar esta estrategia de mejora de praderas.

Estimar los niveles de fijación nitrógeno por *Trifolium repens* para complementar las observaciones de número y tamaño de nódulos, contenido de nitrógeno en el suelo y planta utilizadas en el presente ensayo y así mejorar el conocimiento que se tiene sobre el ciclo y balance de nitrógeno en praderas nativas..

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADJEI, M; QUESENBERRY, K; CHAMBLISS, L. 2002. Nitrogen fixation of forage legumes. University of florida SS-AGR-56.
- AGNUSDEI, M. 2007. Calidad nutritiva del forraje. Agromercado temático B.S. A.S. 136: 11-17. INTA.
- AGUIRRE, L. 1985. Soil-plant water relations in the Antiplano of Perú. M.S. Thesis Tech University, Lubbock, Tx.
- AGUIRRE, L. 2007. Caracterización de los suelos. En: Curso de Ecología avanzada de pastizales. Escuela de Post Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- ALLEN, M. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. J. Anim. Sci. 74: 3063-3075.
- ALVARES, M. 2006. El impacto de la siembra directa en los campos de cría. En tecnologías ganaderas, 2da ed., pp 25-36, acpa –ONG Rosa Luxemburgo.
- ANDIA, W. Y ARGOTE, G. 2006. Guía práctica pastos cultivados. instalación producción y manejo. REDESA- INIA PUNO.
- ARGOTE, G. 2012. Autoecología del trébol blanco nativo en pradera nativas de Puno. Tesis para optar el grado de DOCTORIS PHILOSOPHIAE – UNALM.

- AVENDAÑO, J; OVALLE, C; DEL POZO, A. 2005. Mezclas de trébol subterráneo con otras leguminosas anuales para suelos graníticos del secano mediterráneo subhúmedo de Chile. 87 p.
- BAREA, J. 1991. Cuantificación de la fijación biológica de N mediante el uso de ^{15}N . Vol. II. Fijación de N y micorrizas. 105-124 p.
- BERNAL, J. 2005. Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas – Madrid.
- BRINK, G. Y PEDEERSON, G.E. 1993. White clover response to grazing method. *Agronomy Journal* 85: 791-794.
- CALZADA, B. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Editorial Jurídica. 643 p.
- CARAMBULA, M. 1977. Producción de semillas de plantas forrajeras. Editorial Hemisferio sur. Montevideo, Uruguay. 518p.
- CERVANTES, M; ÁLVARES, E; TORRENTERA, N; MENDOZA, G; ESPINOZA, S; VELDERRAÍN, A. GONZALES, S. 2000. Época de cortes y composición nutricional, sitio y grado de digestión de ballico anual (*Lolium multiflorum*) en movillos. *Agrociencia* 34: 413-422.
- CORBEL, G; ROBIN, CH; LINDBERG, B; OURRY, A. GUKER, A. 1999. Regrowth of white Clover after Chilling: assimilate partitioning and vegetative Storage Proteins *crop Science*. 39: 1756-1761.

- CUCHO, H. 2003. Ecología del trébol blanco (*Trifolium repens*) en la zona de transición ap Parque Nacional Huascarán. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae, Universidad nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 67 p.
- DEMANET, F. 2008. Manual de especias forrajeras y manejo de pastoreo programa de desarrollo de productores. Universidad de la Frontera, Chile.
- DELGADILLO, J; MENESES, R; WAAIJENBERG, H; PIÉROLA, L. 1996. Leguminosas en la agricultura boliviana: revisión de información. Proyecto Rhizobiología Bolivia. Cochabamba, 434 p.
- DE LEÓN, M. 2004. Herramientas para manejar las complejas relaciones “Pastura-Animal”, Boletín técnico producción Animal, 2(1) INTA.
- DEL PINO, A; HERNÁNDEZ, J. 2002. Ciclaje de fósforo por animales bajo pastoreo en campo natural y mejoramiento con leguminosas sobre suelos de basalto. Agrociencia. VI. (2): 47-51.
- DOMINGUEZ, A. 1996. Fertirrigación. 2da edición. Madrid, España. 233 p.
- ESCOBEDO, F. 1993. Efectos de la fertilización nitrogenada en tres leguminosas forrajeras solo la fijación de nitrógeno atmosférico determinado mediante la técnica del isótopo trazador N. Tesis UNALM. Lima - Perú.
- FERREIRA, DE S; CARDOSO, J; SIQUEIRA, O; FERREWA, V. 1996. Micorriza e Fósforo no Crecimiento de *Brachiaria brizantha* e *Stylosanthes guianensis* em solo de baixa fertilidade. Em Pasturas Tropicales. Revista del CIAT. Vol 21 N°3.

- FLOREZ, A; BRYANT, F. 1989. Manual de Pastos y Forrajes. Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores. Dirección General de Investigación Pecuaria. Programa de Investigación en Pastos y Forrajes. Perú.
- FLORES, A; MALPARTIDA, E. 1987. Manejo de praderas Naturales en la región alto andina del Perú. Tomo I y II. Fondo del libro. Banco Agrario Lima Perú. 651 p.
- FLORES, E. 2005. Utilización de praderas cultivadas en secano y praderas naturales para la producción lechera. Boletín Técnico: 1-10.
- FLORES, E. 2004. Comportamiento Nutricional, perfil alimentario y economía de la producción lechera en praderas cultivadas en secano: Caso Pasco. 4-9 p.
- FERNÁNDEZ, A. 1984. Estudio del establecimiento de Ryegrass (*Lolium multiflorum*, Lam. Ecotipo cajamarquino), con diferentes niveles de nitrógenos, fósforo y potasio en el valle de Cajamarca. Tesis Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Univ. Nacional de Cajamarca. 102 p.
- GEILFUS, F. 1994. El árbol al servicio del agricultor. Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Vol. 1. Principios y Técnicas. 657 p. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). PROSEFOR, 7170-137, CATIE, Turrialba, Costa Rica. OBSERVACIONES AGRONOMICAS AGROCLIMATOLOGIA. ABRIL 2013 M. C. José G. Lorenzana S.
- GENTOS. 1999. Avances. Buenos Aires. En: www.produccion-animal.com.ar
www.produccionbovina.com

- HANKS, R; ASHCROFT, L. 1986. Applied Soil Physics. Soil water and Temperatura Applications. Utah State University, College of Agriculture. 155 p.
- HORBER, F. 1984. Experiencias en Pastos y Crianza de Ganado Vacuno Cooperación Técnica del Gobierno Suizo. Lima, Perú.
- HORTUS S; A. 2000. Forrajes HORTUS. Boletín Informativo. Lima. Perú.
- HUGHES, D; HEATH, E; METCAIFE, D. 1976. Forrajes. 6ta Impresión. Compañía Editorial Continental S. A. México.
- HOLDRIDGE, LR. 1987. Ecología basada en las zonas de vida. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). San José de costa Rica.
- HOLLOWELL, E. 1996. El trébol blanco y otros tréboles blancos. 187 – 197 p. En: Hughes, H, Heath, M. y Metcalfe, D (eds) 1996. Forrajes. Editorial Continental.
- HYLAND, CH; KETTERINGS, Q; DEWING, D; STOCKIN, K; CZMMEK, K; ALBRECHT, G; GEOHRNG, L. 2005. Phosphorus basica-the phonus cycle. Fact sheet 12 Cornell University.
- HUSSEIN, H. 1999. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. Microbiology and molecular biology reviews. Egipt, 63 (4): 968-989.
- HUTCHINSON, J. 1995. Effects of White Clover over 30 years. Australian Journal of Experimental agriculture. 35: 1039 -1047.

- HUDSON, N. 1997. Medición sobre el terreno de erosión del suelo y de la escorrentía. (Boletín de suelos de la FAO - 68).
- HOWIESONA, B; BALLARDC, R. 1991. Optimising the legume symbiosis in stressful and competitive environments within southern Australia - Murdoch University, Murdoch, WA 6150, Australia. Volumen (25): 98-10-1.
- KALINOWSKI, J. 1972. Valor Nutritivo de *Lolium perenne* y *Trifolium repens* en Pasturas Asociadas en Cajamarca; Composición Mineral. II Reunión de Investigadores Forrajeros del Perú. Arequipa, Perú.
- 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 Agronomía 17 (3); 297-303 p.
- LAIGER, L. 1981. Las Pasturas y sus Plantas. Edit. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay.
- LORENZANA, S. 2013. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). PROSEFOR, 7170-137, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- MARINO, M; AGNUS DEI, M. 2004. Conceptos básicos para el manejo de la nutrición nitrogenada y fosfatada de las pasturas. 2º jornada de actualización. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/producción_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilización_703-nutrición_nitrogenada_fosfatada.htm. Consultado el 09/06/08.
- MIRANDA, F. 1995. Manual de pastos nativos mejorados y establecimiento de forrajes. CISA. Arequipa. 126 p.

- MILLER, C; STOCKWELL, T. 1991. Sustaining productive 4. Augmenting native pastures in the tropics pasture with legumes.
- MONTANI, T; BUSSO, C. 2004. Métodos de estudio de la vegetación – guía de trabajo práctico de ecología. Departamento de agronomía U.N.S.
- MONTGOMERY, DC; RUNGER, GC. 1996. Probabilidad estadística aplicadas a la ingeniería. México: Mc Graw-Hill.
- MORENO, J. 2001. Efecto de la fertilización fosforada en la tasa de crecimiento y producción de forraje de la asociación Ryegrass - Trébol en la zona alto andina. Tesis para optar el grado de Magister Science en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina, 81 p.
- MOSER, L; JENNINGS, J. 2007. Grass and legume structure and morphology, Forages: The Science of Grassland Agriculture. Volumen 11. 6th Edition. 759 p.
- MUSLERA, E; RATERA, C. 1991. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid. 674 p.
- MUSLERA, E; RATERA, C. 1984. Pradera y forrajes, Mundi Prensa Libros S. A.
- MUNDO PECUARIO. 2008. Composición nutricional del Trébol. En <http://www.mundo-pecuario.com>">Composición nutricional del Trébol (fresco). Consultado 07/08/2013.
- ÑAUPARI, J; FLORES, E. 1996. Análisis de Diseño de Planes de Alimentación en

Pasturas. IV Congreso Nacional de Ingenieros Zootecnistas. Huancayo, Perú.

ÑAUPARI, J. 2000. Comportamiento nutricional y perfil alimentario de vacas lecheras en pastos cultivados ryegrass – trébol de la U.P. CONSAC. Tesis para optar el grado Magíster Science en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 65 p.

PAHUARA, D. 2004. Efecto del fósforo sobre la población microbiana con énfasis en Rhizobium en suelos con pasturas en zona alto andina del Perú. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 101 p.

PAREDES, G. 1987. Producción y mejoramiento de los pastos alto andinos con la Incorporación de Leguminosas. Impresiones ZENIT. Juliaca, Puno, Perú.

PERDOMO, C. 2001. Nitrógeno. Área de suelos y aguas – cátedra de fertilidad, facultad de agronomía universidad de la república – Montevideo, Uruguay. 68 p.

PICONE, L; ZAMUNER, E. 2002. Fósforo orgánico y fertilidad fosfórica. Informaciones Agronómicas del cono sur. N°16. INTA – BALCARCE.

PIZZIO, R; BENITEZ, C; FERNÁNDEZ, J; PALLARES, O. 1994. Alternativas de manejo para mejorar la producción de los campos bajos con malezal. Noticias y Comentarios N° 300. EEA INTA, Mercedes.

PRONAMACHCS. 2003. Manejo de pastos cultivados. Foll. Técnico–Huancavelica, PMA.

QUINTERO, C; BOSCHETTI, N. 2005. Manejo del fósforo en pasturas. Proyecto

fertilizar, EEA INTA. Facultad de ciencias agropecuarias UNER. www.produccion-animal.com.ar

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

RIVERA, I. 2004. Efecto de los diferentes niveles de fertilización fosforada en la producción forrajera de la asociación Ryegrass - trébol en la SAIS Túpac Amaru-Junín. Tesis para optar el grado de Magister Science en producción animal. UNALM.

SALAMANCA, C; SILVA, M; NAVAS G; VALENCIA R. 1998. Dinámica poblacional de los microorganismos rizosféricos en diferentes sistemas de producción, en la orinoquia colombiana. *Memorias Encuentro Nacional de Labranza de Conservación Villalvicencio - Meta, Colombia.* 421 – 443 p.

SAM PEDRO, D; VOGEL, O. 2004. Suplementación de vacunos en pastizales naturales. Serie técnica N° 34 EE. INTA Mercedes corrientes.

SILVEIRA, A. 1992. Micorrizas. In *Microbiología de Solo.* Sociedade Brasileira de Ciencia de Solo. Companis, Brasil.

SILVIA, D; HARTEL, P; ZUBERER, D. 1998. *Principies and Applications of soil Microbiology.* Prentice Hall Inc. New Jersey. 550 p.

SNYDER, C; HANKIS, B. 1987. Forage legume inoculation. En: *Journal of agricultural*

research. Vol 41:75-89.

STARK, J; FIRESTONE, M. 1995. Mecanismos for soil moisture effects on activity nitrifying bacteria. *Applied and Environmental microbiology*. 61 (1): 218 -221

STYPIŃSKI, P. 1993. The effects of white clover on chemical composition and nutritive value of companion grasses in grass/clover mixtures / Piotr Stypiński. - (REUR Technical series: 29) In: White clover in Europe: state of the art. - Roma: FAO, 1993. 81-83 p.

TIRADO, C. 1979. Comparativo de nueve variedades de *Lolium multiflorum*. Universidad Nacional de Cajamarca-SIA-PRODESCA. Memoria Anual. 85p.

TISDALE, S; NELSON, W. 1991. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Ira. Reimpresión. Ediciones LIVÍUSA. México.

UCA AGRARIAS. 2009. Presentaciones fertilizantes importantes (en línea) <http://www.slideshare.net/Fertil2009/azufre-del-suelo>. (28/05/2013).

UVA, H; NEAL, C; DITOMASO, J. 1997. Malezas del Nordeste, Ithaca, NY: Cornell University Press. 236-237 p.

VALLEJOS, L. 2009. Efecto de la fertilización fosforada y frecuencia de pastoreo sobre el valor nutritivo de la dieta y el comportamiento ingestivo de las vacas Holstein en pasturas de ryegrass-trebol en Cajamarca. Tesis para optar el grado de DOCTORIS PHILOSOPHIAE – UNALM.

- VARGAS, C. 2011. Monografía del trébol blanco. Universidad Agraria de Colombia Agroecología.
- VERIBONA D, N. 2006. Calidades y Aptitudes del Trébol Blanco Disponible en: <http://www.pregonagropecuario.com.ar/cat.php?txt=123#F5Atz2RtkmRw3vpl.99>. Consultado 24/05/2013.
- VIGO, J. 1973. Valor nutritivo del ryegrass (genero Lolium) y trébol blanco (*Trifolium repens*) en pasturas asociadas en Cajamarca. Tesis para optar el título de ingeniero Zootecnista. UNALM.
- WAAIJEENBR, J. 1996. Introducción En: Meneses, R, W Aaijeenbrj H, y Piérola L. (eds). 1996. Leguminosas en la agricultura Boliviana, 434 p.
- WEDIN, D. Y RUSSELLE, M. 2007. Nutrient cycling in forage productions systems. Forages: the science of grassland agriculture. Volume II. 6to edition. 759 p.
- XIAOBIN, J; WANG, S; ZHOU, Y. 2008. Microbial CO₂ production from surface and subface soil as affected by temperature, moisture, and nitrogen fertilización- Asustralia journal of soil Research (46): 3 273 – 280

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Parámetros evaluados durante las épocas de establecimiento del trébol blanco para los diferentes bloques de tratamientos.

1.1 Evaluación del promedio altura de plantas de trébol blanco.

```
DATA altura R;
options nodate nocenter nonumber ls=80 ps =80; title 'Modelo
reducido';
input bloq$ dist nivp$ trt$ mes$ vr; cards;
DISEÑO FACTORIAL AL AZAR
```

Obs	bloq	TRT	VR
1	I	P0D.5ab	7.30
2	I	P0D1ab	2.70
3	I	P80D.5ab	5.90
4	I	P80D1ab	5.90
5	I	P0D.5ju	2.50
6	I	P0D1ju	2.40
7	I	P80D.5ju	5.20
8	I	P80D1ju	4.50
9	I	P0D.5se	1.70
10	I	P0D1se	2.30
11	I	P80D.5se	4.70
12	I	P80D1se	4.20
13	I	P0D.5di	2.10
14	I	P0D1di	1.90
15	I	P80D.5di	5.20
16	I	P80D1di	4.70
17	I	P0D.5ma1	3.00
18	I	P0D1ma1	6.00
19	I	P80D.5ma	9.30
20	I	P80D1ma1	9.80
21	II	P0D.5ab	7.08
22	II	P0D1ab	2.17
23	II	P80D.5ab	6.65
24	II	P80D1ab	6.21
25	II	P0D.5ju	3.66
26	II	P0D1ju	2.93
27	II	P80D.5ju	6.43
28	II	P80D1ju	3.49
29	II	P0D.5se	3.48
30	II	P0D1se	2.77
31	II	P80D.5se	6.27
32	II	P80D1se	3.38
33	II	P0D.5di	5.63
34	II	P0D1di	5.81
35	II	P80D.5di	6.00
36	II	P80D1di	5.13
37	II	P0D.5ma1	8.78
38	II	P0D1ma1	5.93
39	II	P80D.5ma	11.38
40	II	P80D1ma1	11.19

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	20	P0D.5ab P0D.5di P0D.5ju P0D.5ma1 P0D.5se P0D1ab P0D1di P0D1ju P0D1ma1 P0D1se P80D.5ab P80D.5di P80D.5ju P80D.5ma P80D.5se P80D1ab P80D1di P80D1ju P80D1ma1 P80D1se

Number of observations 40

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The GLM Procedure

Dependent Variable: VR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	19	203.0181275	10.6851646	5.35	0.0002
Error	20	39.9598500	1.9979925		
Corrected Total	39	242.9779775			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	VR Mean
0.835541	27.49071	1.413504	5.141750

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	19	203.0181275	10.6851646	5.35	0.0002

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	19	203.0181275	10.6851646	5.35	0.0002

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	20
Error Mean Square	1.997992
Critical Value of t	2.08596
Least Significant Difference	2.9485

Means with the same letter are not significantly different.

t	Grouping	Mean	N	TRT				
	A	10.495	2	P80D1ma1				
	A							
	A	10.340	2	P80D.5ma				
	B	7.190	2	P0D.5ab				
	B							
C	B	6.275	2	P80D.5ab				
C	B							
C	B	6.055	2	P80D1ab				
C	B							
C	B	D	2	P0D1ma1				
C	B	D						
C	B	D	2	P0D.5ma1				
C	B	D						
C	B	D	2	P80D.5ju				
C	B							
C	E	B	D	5.600	2	P80D.5di		
C	E	B	D					
F	C	E	B	D	5.485	2	P80D.5se	
F	C	E	B	D				
F	C	E	B	D	G	4.915	2	P80D1di
F	C	E		D	G			
F	C	E		D	G	3.995	2	P80D1ju
F	C	E		D	G			
F	C	E		D	G	3.865	2	P0D.5di
F	C	E		D	G			
F	C	E		D	G	3.855	2	P0D1di
F	C	E		D	G			
F	C	E		D	G	3.790	2	P80D1se
F		E		D	G			
F		E		D	G	3.080	2	P0D.5ju
F		E			G			
F		E			G	2.665	2	P0D1ju
F					G			
F					G	2.590	2	P0D.5se
					G			
					G	2.535	2	P0D1se
					G			
					G	2.435	2	P0D1ab

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 20
 Error Mean Square 1.997992

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Critical Range	2.949	3.095	3.188	3.253	3.301	3.338	3.366	3.389	3.407	3.422

Number of Means	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Critical Range	3.433	3.443	3.451	3.457	3.462	3.465	3.468	3.470	3.471

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRT
A	10.495	2	P80D1ma1
A			
A	10.340	2	P80D.5ma
B	7.190	2	P0D.5ab
B			
C B	6.275	2	P80D.5ab
C B			
C B D	6.055	2	P80D1ab
C B D			
C E B D	5.965	2	P0D1ma1
C E B D			
C E B D	5.890	2	P0D.5ma1
C E B D			
F C E B D	5.815	2	P80D.5ju
F C E B D			
F C E B D	5.600	2	P80D.5di
F C E B D			
F C E B D	5.485	2	P80D.5se
F C E B D			
F C E B D	4.915	2	P80D1di
F C E B D			
F C E B D	3.995	2	P80D1ju
F C E B D			
F C E B D	3.865	2	P0D.5di
F C E B D			
F C E B D	3.855	2	P0D1di
F C E B D			
F C E B D	3.790	2	P80D1se
F C E D			
F C E D	3.080	2	P0D.5ju
F E D			
F E D	2.665	2	P0D1ju
F E			
F E	2.590	2	P0D.5se
F E			
F E	2.535	2	P0D1se
F			
F	2.435	2	P0D1ab

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The GLM Procedure

Levene's Test for Homogeneity of VR Variance
ANOVA of Squared Deviations from Group Means

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	0	0	.	.	.
Error	0	0	.	.	.

Bartlett's Test for Homogeneity of VR Variance

Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
TRT	19	23.6171	0.2113

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The GLM Procedure

Level of TRT	N	Mean	Std Dev
POD.5ab	2	7.1900000	0.15556349
POD.5di	2	3.8650000	2.49608694
POD.5ju	2	3.0800000	0.82024387
POD.5ma1	2	5.8900000	4.08707720
POD.5se	2	2.5900000	1.25865007
POD1ab	2	2.4350000	0.37476659
POD1di	2	3.8550000	2.76478751
POD1ju	2	2.6650000	0.37476659
POD1ma1	2	5.9650000	0.04949747
POD1se	2	2.5350000	0.33234019
P80D.5ab	2	6.2750000	0.53033009
P80D.5di	2	5.6000000	0.56568542
P80D.5ju	2	5.8150000	0.86974134
P80D.5ma	2	10.3400000	1.47078210
P80D.5se	2	5.4850000	1.11015765
P80D1ab	2	6.0550000	0.21920310
P80D1di	2	4.9150000	0.30405592
P80D1ju	2	3.9950000	0.71417785
P80D1ma1	2	10.4950000	0.98287843
P80D1se	2	3.7900000	0.57982756

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

Obs	bloq	TRT	VR	res	pr
1	I	POD.5ab	7.30	0.110	7.190
2	I	POD1ab	2.70	0.265	2.435

3	I	P80D.5ab	5.90	-0.375	6.275
4	I	P80D1ab	5.90	-0.155	6.055
5	I	P0D.5ju	2.50	-0.580	3.080
6	I	P0D1ju	2.40	-0.265	2.665
7	I	P80D.5ju	5.20	-0.615	5.815
8	I	P80D1ju	4.50	0.505	3.995
9	I	P0D.5se	1.70	-0.890	2.590
10	I	P0D1se	2.30	-0.235	2.535
11	I	P80D.5se	4.70	-0.785	5.485
12	I	P80D1se	4.20	0.410	3.790
13	I	P0D.5di	2.10	-1.765	3.865
14	I	P0D1di	1.90	-1.955	3.855
15	I	P80D.5di	5.20	-0.400	5.600
16	I	P80D1di	4.70	-0.215	4.915
17	I	P0D.5ma1	3.00	-2.890	5.890
18	I	P0D1ma1	6.00	0.035	5.965
19	I	P80D.5ma	9.30	-1.040	10.340
20	I	P80D1ma1	9.80	-0.695	10.495
21	II	P0D.5ab	7.08	-0.110	7.190
22	II	P0D1ab	2.17	-0.265	2.435
23	II	P80D.5ab	6.65	0.375	6.275
24	II	P80D1ab	6.21	0.155	6.055
25	II	P0D.5ju	3.66	0.580	3.080
26	II	P0D1ju	2.93	0.265	2.665
27	II	P80D.5ju	6.43	0.615	5.815
28	II	P80D1ju	3.49	-0.505	3.995
29	II	P0D.5se	3.48	0.890	2.590
30	II	P0D1se	2.77	0.235	2.535
31	II	P80D.5se	6.27	0.785	5.485
32	II	P80D1se	3.38	-0.410	3.790
33	II	P0D.5di	5.63	1.765	3.865
34	II	P0D1di	5.81	1.955	3.855
35	II	P80D.5di	6.00	0.400	5.600
36	II	P80D1di	5.13	0.215	4.915
37	II	P0D.5ma1	8.78	2.890	5.890
38	II	P0D1ma1	5.93	-0.035	5.965
39	II	P80D.5ma	1.38	1.040	10.340
40	II	P80D1ma1	11.19	0.695	10.495

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The UNIVARIATE Procedure

Variable: res

Moments

N	40	Sum Weights	40
Mean	0	Sum Observations	0
Std Deviation	1.01223097	Variance	1.02461154
Skewness	0	Kurtosis	2.27525984
Uncorrected SS	39.95985	Corrected SS	39.95985
Coeff Variation	.	Std Error Mean	0.16004777

Basic Statistical Measures

Location		Variability	
Mean	0	Std Deviation	1.01223
Median	0	Variance	1.02461
Mode	.	Range	5.78000
		Interquartile Range	0.91500

Tests for Location: $\mu_0=0$

Test	-Statistic-	-----p Value-----
Student's t	t = 0	Pr > t = 1.0000
Sign	M = 0	Pr >= M = 1.0000
Signed Rank	S = 0	Pr >= S = 1.0000

Tests for Normality

Test	--Statistic--	-----p Value-----
Shapiro-Wilk	W = 0.950952	Pr < W = 0.0818
Kolmogorov-Smirnov	D = 0.096737	Pr > D = >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq = 0.119274	Pr > W-Sq = 0.0619
Anderson-Darling	A-Sq = 0.763848	Pr > A-Sq = 0.0444

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
100% Max	2.8900
99%	2.8900
95%	1.8600
90%	0.9650
75% Q3	0.4575
50% Median	0.0000
25% Q1	-0.4575
10%	-0.9650
5%	-1.8600
1%	-2.8900
0% Min	-2.8900

Extreme Observations

----Lowest----		----Highest----	
Value	Obs	Value	Obs
-2.890	17	0.890	29
-1.955	14	1.040	39
-1.765	13	1.765	33
-1.040	19	1.955	34

-0.890 9 2.890 37

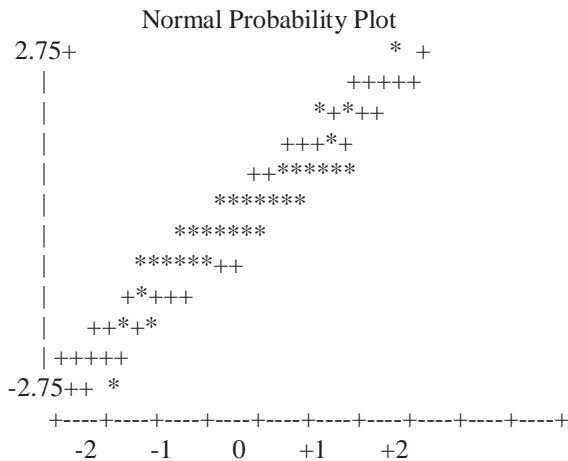
Stem Leaf	#	Boxplot
2 9	1	0
2 0	1	0
1 8	1	
1 0	1	
0 566789	6	+-----+
0 0122233444	10	*-----*
-0 4443322210	10	
-0 987665	6	+-----+
-1 0	1	
-1 8	1	
-2 0	1	0
-2 9	1	0

-----+-----+-----+

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

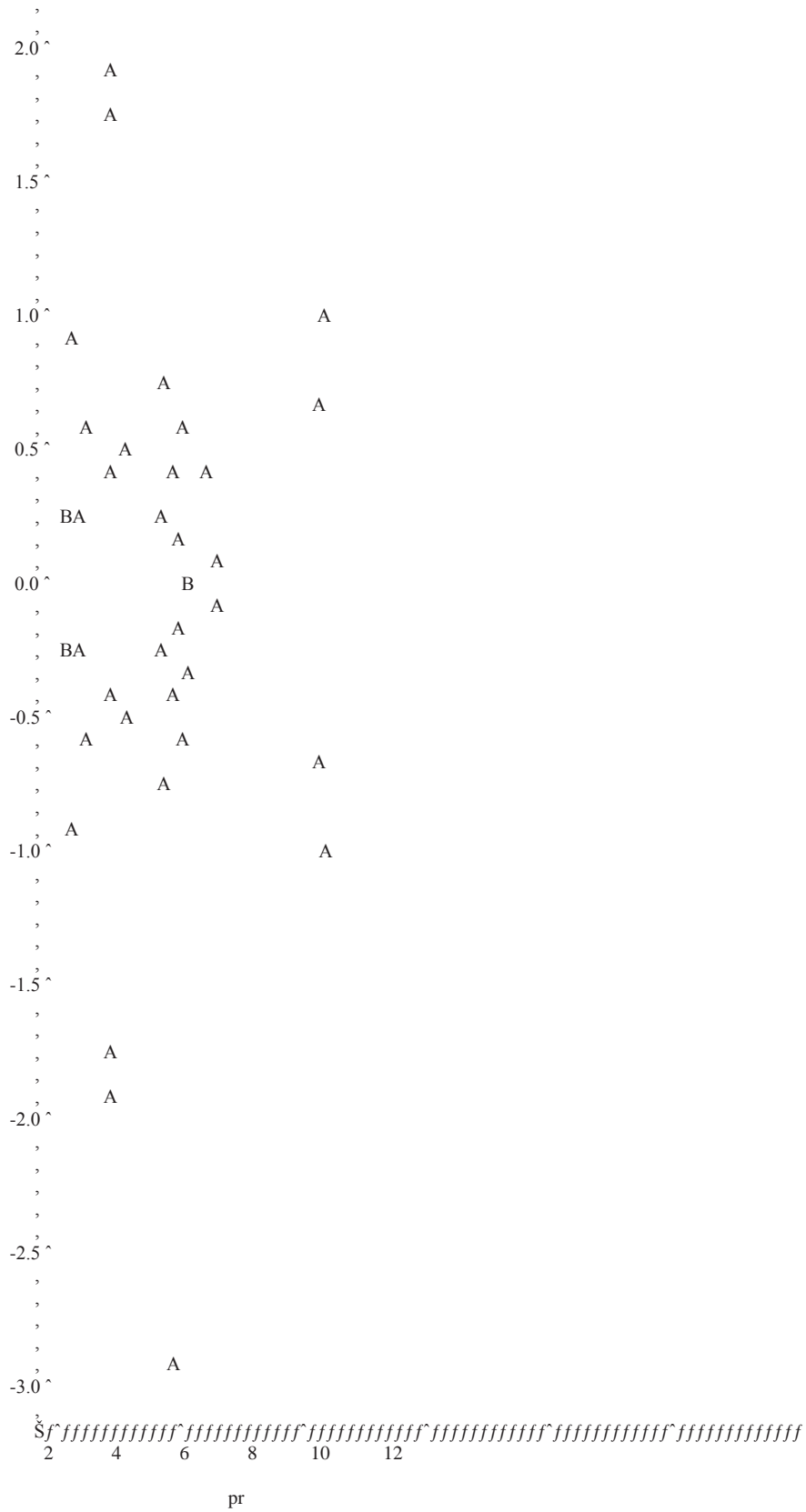
The UNIVARIATE Procedure

Variable: res



Grafica Residuales Contra Valores Predichos
Plot of res*pr. Legend: A = 1 obs, B = 2 obs, etc. res ,

,
,
,
,
,
3.0^
,
A
,
,
,
,
2.5^
,
,
,



1.2 Evaluación de la promedio área foliar de plantas de trébol blanco.

DATA area R;

options nodate nocenter nonumber ls=80 ps =80; title 'diseño

reducido';nput bloq\$ dist nivp\$ trt\$ mes\$ vr;cards;

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

Obs	bloq	TRT	VR
1	I	P0D.5ab	43.50
2	I	P0D1ab	23.60
3	I	P80D.5ab	50.80
4	I	P80D1ab	39.80
5	I	P0D.5ju	45.50
6	I	P0D1ju	25.60
7	I	P80D.5ju	53.80
8	I	P80D1ju	42.80
9	I	P0D.5se	40.60
10	I	P0D1se	20.60
11	I	P80D.5se	47.00
12	I	P80D1se	35.10
13	I	P0D.5di	44.00
14	I	P0D1di	19.00
15	I	P80D.5di	76.50
16	I	P80D1di	50.30
17	I	P0D.5ma1	77.00
18	I	P0D1ma1	63.10
19	I	P80D.5ma	353.70
20	I	P80D1ma1	208.00
21	II	P0D.5ab	39.86
22	II	P0D1ab	36.91
23	II	P80D.5ab	55.49
24	II	P80D1ab	40.77
25	II	P0D.5ju	43.86
26	II	P0D1ju	38.91
27	II	P80D.5ju	61.49
28	II	P80D1ju	46.77
29	II	P0D.5se	35.97
30	II	P0D1se	35.57
31	II	P80D.5se	55.04
32	II	P80D1se	41.24
33	II	P0D.5di	51.44
34	II	P0D1di	47.38
35	II	P80D.5di	77.89
36	II	P80D1di	63.36
37	II	P0D.5ma1	293.57
38	II	P0D1ma1	58.99
39	II	P80D.5ma	291.67
40	II	P80D1ma1	290.76

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The GLM Procedure

Class Level Information

Class Levels Values

TRT 20 P0D.5ab P0D.5di P0D.5ju P0D.5ma1 P0D.5se P0D1ab P0D1di P0D1ju P0D1ma1 P0D1se
 P80D.5ab P80D.5di P80D.5ju P80D.5ma P80D.5se P80D1ab P80D1di P80D1ju P80D1ma1
 P80D1se

Number of observations 40

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The GLM Procedure

Dependent Variable: VR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	19	242241.3604	12749.5453	8.58	<.0001
Error	20	29732.8168	1486.6408		
Corrected Total	39	271974.1772			

R-Square Coeff Var Root MSE VR Mean
 0.890678 50.28231 38.55698 76.68100

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	19	242241.3604	12749.5453	8.58	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	19	242241.3604	12749.5453	8.58	<.0001

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 20
 Error Mean Square 1486.641
 Critical Value of t 2.08596

Least Significant Difference 80.428

Means with the same letter are not significantly different.

t	Mean	N	TRT
A	322.69	2	P80D.5ma
A			
B A	249.38	2	P80D1ma1
B			
B	185.29	2	P0D.5ma1
C	77.20	2	P80D.5di
C			
C	61.05	2	P0D1ma1
C			
C	57.65	2	P80D.5ju
C			
C	56.83	2	P80D1di
C			
C	53.15	2	P80D.5ab
C			
C	51.02	2	P80D.5se
C			
C	47.72	2	P0D.5di
C			
C	44.79	2	P80D1ju
C			
C	44.68	2	P0D.5ju
C			
C	41.68	2	P0D.5ab
C			
C	40.29	2	P80D1ab
C			
C	38.29	2	P0D.5se
C			
C	38.17	2	P80D1se
C			
C	33.19	2	P0D1di
C			
C	32.26	2	P0D1ju
C			
C	30.26	2	P0D1ab
C			
C	28.09	2	P0D1se

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 20
 Error Mean Square 1486.641

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Critical Range	80.43	84.42	86.96	88.73	90.04	91.04	91.82	92.44	92.93	93.33
Number of Means	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Critical Range	93.66	93.92	94.13	94.30	94.43	94.53	94.61	94.66	94.69	

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan

Grouping	Mean	N	TRT
A	322.69	2	P80D.5ma
A			
B A	249.38	2	P80D1ma1
B			
B	185.29	2	P0D.5ma1
C	77.20	2	P80D.5di
C			
C	61.05	2	P0D1ma1
C			
C	57.65	2	P80D.5ju
C			
C	56.83	2	P80D1di
C			
C	53.15	2	P80D.5ab
C			
C	51.02	2	P80D.5se
C			
C	47.72	2	P0D.5di
C			
C	44.79	2	P80D1ju
C			
C	44.68	2	P0D.5ju
C			
C	41.68	2	P0D.5ab
C			
C	40.29	2	P80D1ab
C			
C	38.29	2	P0D.5se
C			
C	38.17	2	P80D1se
C			
C	33.19	2	P0D1di
C			
C	32.26	2	P0D1ju
C			
C	30.26	2	P0D1ab
C			
C	28.09	2	P0D1se

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR
The GLM Procedure

Levene's Test for Homogeneity of VR Variance
ANOVA of Squared Deviations from Group Means

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	0	0	.	.	.
Error	0	0	.		

Bartlett's Test for Homogeneity of VR Variance

Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
TRT	19	53.8558	<.0001

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The GLM Procedure

Level of TRT	N	-----VR----- Mean	Std Dev
POD.5ab	2	41.680000	2.573869
POD.5di	2	47.720000	5.260874
POD.5ju	2	44.680000	1.159655
POD.5ma1	2	185.285000	153.138116
POD.5se	2	38.285000	3.273904
POD1ab	2	30.255000	9.411591
POD1di	2	33.190000	20.067690
POD1ju	2	32.255000	9.411591
POD1ma1	2	61.045000	2.906209
POD1se	2	28.085000	10.585389
P80D.5ab	2	53.145000	3.316331
P80D.5di	2	77.195000	0.982878
P80D.5ju	2	57.645000	5.437651
P80D.5ma	2	322.685000	43.861834
P80D.5se	2	51.020000	5.685139
P80D1ab	2	40.285000	0.685894
P80D1di	2	56.830000	9.234815
P80D1ju	2	44.785000	2.807214
P80D1ma1	2	249.380000	58.520157
P80D1se	2	38.170000	4.341636

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

Obs	bloq	TRT	VR	res	pr
1	I	POD.5ab	43.50	1.820	41.680
2	I	POD1ab	23.60	-6.655	30.255
3	I	P80D.5ab	50.80	-2.345	53.145

4	I	P80D1ab	39.80	-0.485	40.285
5	I	P0D.5ju	45.50	0.820	44.680
6	I	P0D1ju	25.60	-6.655	32.255
7	I	P80D.5ju	53.80	-3.845	57.645
8	I	P80D1ju	42.80	-1.985	44.785
9	I	P0D.5se	40.60	2.315	38.285
10	I	P0D1se	20.60	-7.485	28.085
11	I	P80D.5se	47.00	-4.020	51.020
12	I	P80D1se	35.10	-3.070	38.170
13	I	P0D.5di	44.00	-3.720	47.720
14	I	P0D1di	19.00	-14.190	33.190
15	I	P80D.5di	76.50	-0.695	77.195
16	I	P80D1di	50.30	-6.530	56.830
17	I	P0D.5ma1	77.00	-108.285	185.285
18	I	P0D1ma1	63.10	2.055	61.045
19	I	P80D.5ma	353.70	31.015	322.685
20	I	P80D1ma1	208.00	-41.380	249.380
21	II	P0D.5ab	39.86	-1.820	41.680
22	II	P0D1ab	36.91	6.655	30.255
23	II	P80D.5ab	55.49	2.345	53.145
24	II	P80D1ab	40.77	0.485	40.285
25	II	P0D.5ju	43.86	-0.820	44.680
26	II	P0D1ju	38.91	6.655	32.255
27	II	P80D.5ju	61.49	3.845	57.645
28	II	P80D1ju	46.77	1.985	44.785
29	II	P0D.5se	35.97	-2.315	38.285
30	II	P0D1se	35.57	7.485	28.085
31	II	P80D.5se	55.04	4.020	51.020
32	II	P80D1se	41.24	3.070	38.170
33	II	P0D.5di	51.44	3.720	47.720
34	II	P0D1di	47.38	14.190	33.190
35	II	P80D.5di	77.89	0.695	77.195
36	II	P80D1di	63.36	6.530	56.830
37	II	P0D.5ma1	293.57	108.285	185.285
38	II	P0D1ma1	58.99	-2.055	61.045
39	II	P80D.5ma	291.67	-31.015	322.685
40	II	P80D1ma1	290.76	41.380	249.380

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The UNIVARIATE Procedure

Variable: res

Moments

N	40	Sum Weights	40
Mean	0	Sum Observations	0
Std Deviation	27.6112281	Variance	762.379918
Skewness	0	Kurtosis	11.3067021
Uncorrected SS	29732.8168	Corrected SS	29732.8168
Coeff Variation	.	Std Error Mean	4.36571849

Basic Statistical Measures

Location		Variability	
Mean	0.00000	Std Deviation	27.61123
Median	-0.00000	Variance	762.37992
Mode	-6.65500	Range	216.57000
		Interquartile Range	7.56500

NOTE: The mode displayed is the smallest of 2 modes with a count of 2.

Tests for Location: Mu0=0

Test	-Statistic-	-----p Value-----
Student's t	t 0	Pr > t 1.0000
Sign	M 0	Pr >= M 1.0000
Signed Rank	S -0.5	Pr >= S 0.9947

Tests for Normality

Test	--Statistic--	-----p Value-----
Shapiro-Wilk	W 0.657076	Pr < W <0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D 0.293163	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 1.068176	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq 5.306645	Pr > A-Sq <0.0050

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
100% Max	108.2850
99%	108.2850
95%	36.1975
90%	10.8375
75% Q3	3.7825
50% Median	-0.0000
25% Q1	-3.7825
10%	-10.8375
5%	-36.1975
1%	-108.2850
0% Min	-108.2850

Extreme Observations

-----Lowest-----		-----Highest-----	
Value	Obs	Value	Obs
-108.285	17	7.485	30
-41.380	20	14.190	34
-31.015	39	31.015	19
-14.190	14	41.380	40
-7.485	10	108.285	37

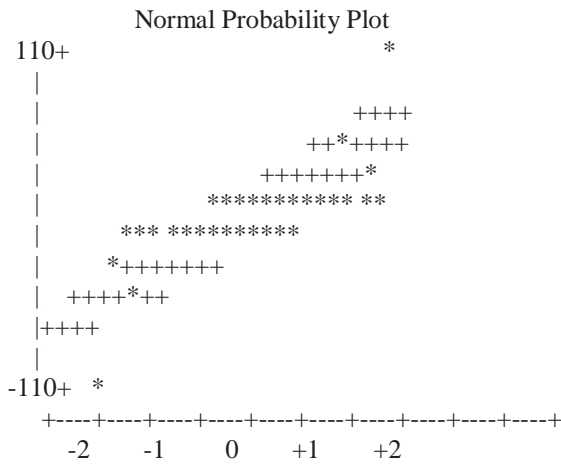

```

Stem Leaf      # Boxplot
 10 8          1  *
  8
  6
 4 1          1  *
 2 1          1  *
 0 01122222344477774 17 +-----+
-0 4777744432222110 17 +-----+
-2 1          1  *
-4 1          1  *
-6
-8
-10 8         1  *
-----+-----+-----+
Multiply Stem.Leaf by 10**+1

```

DISEÑO FACTORIAL AL AZAR

The UNIVARIATE Procedure
Variable: res



rafica Residuales Contra Valores Predichos

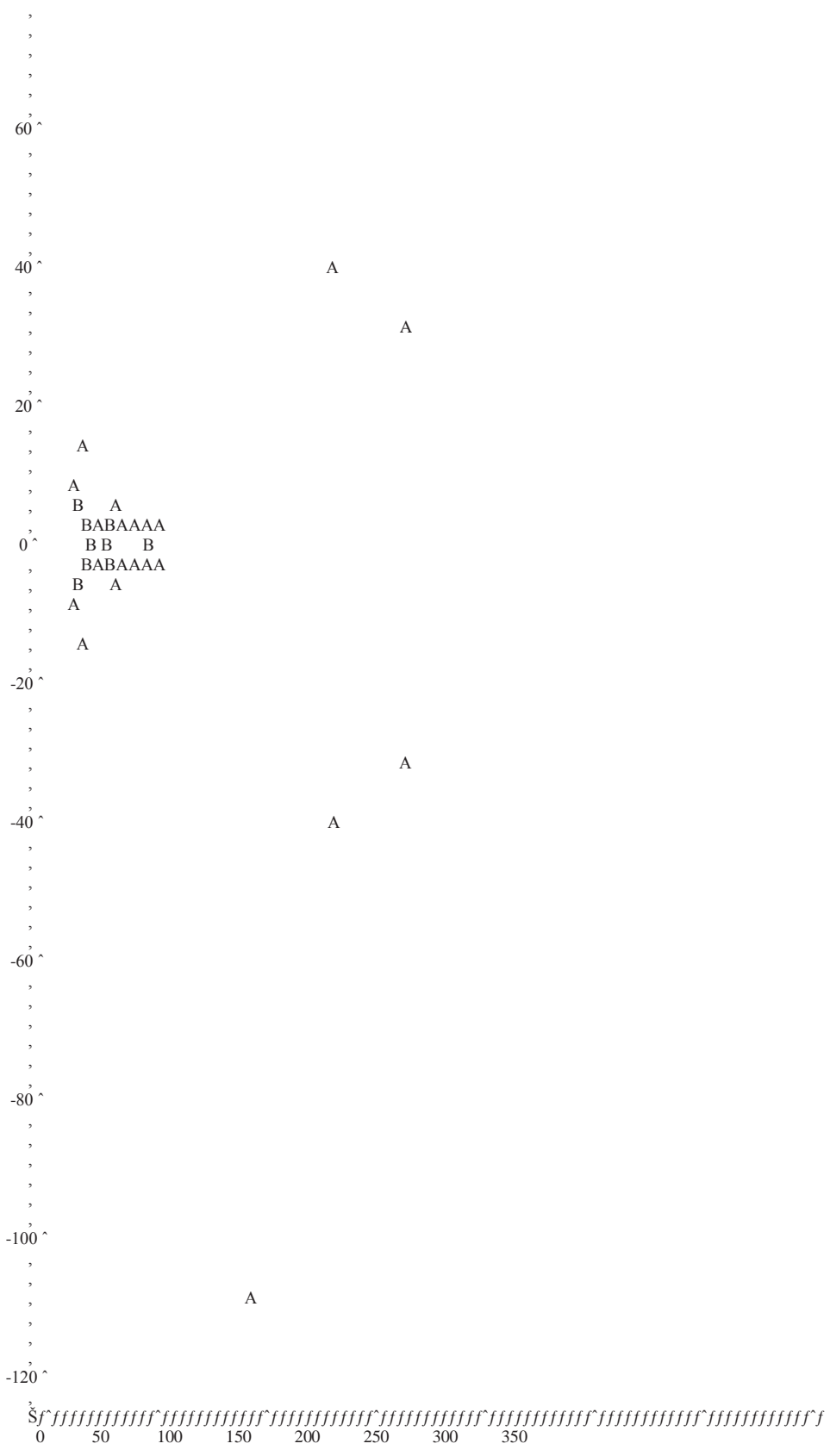
Plot of res*pr. Legend: A = 1 obs, B = 2 obs, etc. res ,

```

120 ^
,
,
,
,
,
,
100 ^
,
,
,
,
,
80 ^

```

A



Anexo 2: Evaluación para el vigor de la planta clave *Festuca dolicophyla*

2.1 Número promedio de las cabezas flores en los diferentes tratamientos.

```
DATA cbz florales;  
options nodate nocenter nonumber ls=80 ps =80; title 'diseño  
expandido';  
input bloq$ dist nivp$ trt$ vr;  
cards;
```

Diseño expandido

Obs	bloq	dist	nivp	trt	vr
1	I	0.5	P0	P0D.5	58.5
2	I	1.0	P0	P0D1	46.2
3	I	0.5	P80	P80D.5	57.9
4	I	1.0	P80	P80D1	52.2
5	II	0.5	P0	P0D.5	54.7
6	II	1.0	P0	P0D1	44.4
7	II	0.5	P80	P80D.5	60.2
8	II	1.0	P80	P80D1	56.5

Diseño expandido

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	2	I II
dist	2	0.5 1
nivp	2	P0 P80
trt	4	P0D.5 P0D1 P80D.5 P80D1

Number of observations 8

Diseño expandido

The GLM Procedure

Dependent Variable: vr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	216.0300000	54.0075000	7.86	0.0609
Error	3	20.6050000	6.8683333		
Corrected Total	7	236.6350000			

R-Square Coeff Var Root MSE vr Mean
 0.912925 4.869021 2.620751 53.82500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	0.1250000	0.1250000	0.02	0.9012
nivp	1	66.1250000	66.1250000	9.63	0.0532
dist	1	128.0000000	128.0000000	18.64	0.0229
dist*nivp	1	21.7800000	21.7800000	3.17	0.1730

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	0.1250000	0.1250000	0.02	0.9012
nivp	1	66.1250000	66.1250000	9.63	0.0532
dist	1	128.0000000	128.0000000	18.64	0.0229
dist*nivp	1	21.7800000	21.7800000	3.17	0.1730

diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 3
 Error Mean Square 6.868333
 Number of Means 2
 Critical Range 5.898

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	nivp
A	56.700	4	P80
A			
A	50.950	4	P0

diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 3
 Error Mean Square 6.868333

Number of Means 2
 Critical Range 5.898

	Mean	N	dist
A	57.825	4	0.5
B	49.825	4	1

diseño expandido

The GLM Procedure
 Least Squares Means

nivp	vr LSMEAN	H0:LSMean1=		
		Standard Error	H0:LSMEAN=0 Pr > t	LSMean2 Pr > t
P0	50.9500000	1.3103753	<.0001	0.0532
P80	56.7000000	1.3103753	<.0001	

dist	vr LSMEAN	H0:LSMean1=		
		Standard Error	H0:LSMEAN=0 Pr > t	LSMean2 Pr > t
0.5	57.8250000	1.3103753	<.0001	0.0229
1	49.8250000	1.3103753	<.0001	

dist	nivp	vr LSMEAN	LSMEAN		
			Standard Error	Pr > t	Number
0.5	P0	56.6000000	1.8531505	<.0001	1
0.5	P80	59.0500000	1.8531505	<.0001	2
1	P0	45.3000000	1.8531505	0.0002	3
1	P80	54.3500000	1.8531505	<.0001	4

Least Squares Means for effect dist*nivp
 Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: vr

i/j	1	2	3	4
1		0.4188	0.0230	0.4537
2	0.4188		0.0135	0.1708
3	0.0230	0.0135		
0.0408				
4	0.4537	0.1708	0.0408	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

2.2 Altura promedio de la planta clave.

```
DATA Altura PV;  
options nodate nocenter nonumber ls=80 ps =80; title 'diseño  
expandido';  
input bloq$ dist nivp$ trt$ vr;  
cards;
```

Diseño expandido

Obs	bloq	dist	nivp	trt	vr
1	I	0.5	P0	P0D.5	39.7
2	I	1.0	P0	P0D1	43.6
3	I	0.5	P80	P80D.5	48.1
4	I	1.0	P80	P80D1	46.7
5	II	0.5	P0	P0D.5	41.3
6	II	1.0	P0	P0D1	39.8
7	II	0.5	P80	P80D.5	44.1
8	II	1.0	P80	P80D1	48.1

Diseño expandido

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	2	I II
dist	2	0.5 1
nivp	2	P0 P80
trt	4	P0D.5 P0D1 P80D.5 P80D1

Number of observations 8

Diseño expandido

The GLM Procedure

Dependent Variable: vr

	Sum of				
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	69.85500000	17.46375000	3.59	0.1611
Error	3	14.60000000	4.86666667		
Corrected Total	7	84.45500000			

R-Square Coeff Var Root MSE vr Mean
0.827127 5.022316 2.206052 43.92500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	2.88000000	2.88000000	0.59	0.4977
nivp	1	63.84500000	63.84500000	13.12	0.0362
dist	1	3.12500000	3.12500000	0.64	0.4815
dist*nivp	1	0.00500000	0.00500000	0.00	0.9764

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	2.88000000	2.88000000	0.59	0.4977
nivp	1	63.84500000	63.84500000	13.12	0.0362
dist	1	3.12500000	3.12500000	0.64	0.4815
dist*nivp	1	0.00500000	0.00500000	0.00	0.9764

diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 4.866667

Critical Value of t 3.18245

Least Significant Difference 4.9643

	Mean	N	nivp
A	46.750	4	P80
B	41.100	4	P0

diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the

Experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	3
Error Mean Square	4.866667
Number of Means	2
Critical Range	4.964

	Mean	N	nivp
A	46.750	4	P80
B	41.100	4	P0

Diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the

experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	3
Error Mean Square	4.866667
Critical Value of t	3.18245
Least Significant Difference	4.9643

	Mean	N	dist
A	44.550	4	1
A			
A	43.300	4	0.

Diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 4.866667

Number of Means 2

Critical Range 4.964

	Mean	N	dist
A	44.550	4	1
A			
A	43.300	4	0.5

Diseño expandido

The GLM Procedure

Least Squares Means

H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2
nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t
P0	41.1000000	1.1030261	<.0001 0.0362
P80	46.7500000	1.1030261	<.0001

H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2
dist	vr LSMEAN	Error	Pr > t Pr > t
0.5	43.3000000	1.1030261	<.0001 0.4815
1	44.5500000	1.1030261	<.0001

		Standard	LSMEAN		
dist	nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t	Number
0.5	P0	40.5000000	1.5599145	0.0001	1
0.5	P80	46.1000000	1.5599145	<.0001	2
1	P0	41.7000000	1.5599145	0.0001	3
1	P80	47.4000000	1.5599145	<.0001	4

Least Squares Means for effect dist*nivp

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: vr

i/j	1	2	3	4
1		0.0848	0.6243	0.0522
2	0.0848		0.1401	0.5971
3	0.6243	0.1401		0.0815
4	0.0522	0.5971	0.0815	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

2.3 Volumen promedio de la planta clave.

```
DATA Volumen pv;
options nodate nocenter nonumber ls=80 ps =80; title
'diseño expandido';
input bloq$ dist nivp$ trt$ vr;
cards;
```

Diseño expandido

Obs bloq dist nivp trt vr

1	I	0.5	P0	P0D.5	123.4
2	I	1.0	P0	P0D1	156.0
3	I	0.5	P80	P80D.5	255.3
4	I	1.0	P80	P80D1	230.1
5	II	0.5	P0	P0D.5	152.2
6	II	1.0	P0	P0D1	117.1
7	II	0.5	P80	P80D.5	183.1
8	II	1.0	P80	P80D1	254.0

diseño expandido

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	2	I II
dist	2	0.5 1
nivp	2	P0 P80
trt	4	P0D.5 P0D1 P80D.5 P80D1

Number of observations 8

diseño expandido

The GLM Procedure

Dependent Variable: vr

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	18415.81000	4603.95250	3.80	0.1509
Error	3	3637.03000	1212.34333		
Corrected Total	7	22052.84000			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr Mean		
0.835077	18.93351	34.81872	183.9000		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	426.32000	426.32000	0.35	0.5949
nivp	1	17465.80500	17465.80500	14.41	0.0321
dist	1	233.28000	233.28000	0.19	0.6906
dist*nivp	1	290.40500	290.40500	0.24	0.6581

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Obloq	1	426.32000	426.32000	0.35	0.5949
nivp	1	17465.80500	17465.80500	14.41	0.0321
dist	1	233.28000	233.28000	0.19	0.6906
dist*nivp	1	290.40500	290.40500	0.24	0.6581

diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 1212.343

Critical Value of t 3.18245

Least Significant Difference 78.354

	Mean	N	nivp
A	230.63	4	P80
B	137.18	4	P0

Diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the

experimentwise error rate.

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 3
Error Mean Square 1212.343
Number of Means 2
Critical Range 78.35

	Mean	N	nivp
A	230.63	4	P80
B	137.18	4	P0

Diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 3
Error Mean Square 1212.343
Critical Value of t 3.18245
Least Significant Difference 78.354

	Mean	N	dist
A	189.30	4	1
A			
A	178.50	4	0.5

Diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 3
 Error Mean Square 1212.343
 Number of Means 2
 Critical Range 78.35

	Mean	N	dist
A	189.30	4	1
A	178.50	4	0.5

diseño expandido

The GLM Procedure

Least Squares Means

H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2
nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t Pr > t
P0	137.175000	17.409361	0.0043 0.0321
P80	230.625000	17.409361	0.0009

H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2
dist	vr LSMEAN	Error	Pr > t Pr > t
0.5	178.500000	17.409361	0.0020 0.6906
1	189.300000	17.409361	0.0017

	Standard	LSMEAN
dist	nivp	vr LSMEAN Error Pr > t Number

0.5	P0	137.800000	24.620554	0.0113	1
0.5	P80	219.200000	24.620554	0.0030	2
1	P0	136.550000	24.620554	0.0116	3
1	P80	242.050000	24.620554	0.0022	4

Least Squares Means for effect dist*nivp

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: vr

i/j	1	2	3	4
1		0.1014	0.9736	0.0579
2	0.1014		0.0982	0.5585
3	0.9736	0.0982		0.0563
4	0.0579	0.5585	0.0563	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

Anexo 3: Síntesis de nitrógeno.

3.1 Numero de nódulos evaluados por planta de trébol.

DATA n nodulos;

options nodate nocenter nonumber ls=80 ps =80; title

'diseño expandido';

input bloq\$ dist nivp\$ trt\$ rep vr;

cards;

diseño expandido

Obs	bloq	dist	nivp	trt	rep	vr
1	I	0.5	P0	P0D.5	1	15
2	I	0.5	P0	P0D.5	2	25
3	I	0.5	P0	P0D.5	3	8
4	I	0.5	P0	P0D.5	4	10
5	I	1.0	P0	P0D1	1	14
6	I	1.0	P0	P0D1	2	12
7	I	1.0	P0	P0D1	3	7
8	I	1.0	P0	P0D1	4	16
9	I	0.5	P80	P80D.5	1	11
10	I	0.5	P80	P80D.5	2	16
11	I	0.5	P80	P80D.5	3	20
12	I	0.5	P80	P80D.5	4	22
13	I	1.0	P80	P80D1	1	15
14	I	1.0	P80	P80D1	2	14
15	I	1.0	P80	P80D1	3	18
16	I	1.0	P80	P80D1	4	9
17	II	0.5	P0	P0D.5	1	20
18	II	0.5	P0	P0D.5	2	25
19	II	0.5	P0	P0D.5	3	22
20	II	0.5	P0	P0D.5	4	17
21	II	1.0	P0	P0D1	1	10

22	II	1.0	P0	P0D1	2	15
23	II	1.0	P0	P0D1	3	8
24	II	1.0	P0	P0D1	4	11
25	II	0.5	P80	P80D.5	1	25
26	II	0.5	P80	P80D.5	2	20
27	II	0.5	P80	P80D.5	3	23
28	II	0.5	P80	P80D.5	4	26
29	II	1.0	P80	P80D1	1	18
30	II	1.0	P80	P80D1	2	20
31	II	1.0	P80	P80D1	3	15
32	II	1.0	P80	P80D1	4	13

diseño expandido

The GLM Procedur

Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	2	I II
trt	4	P0D.5 P0D1 P80D.5 P80D1
rep	4	1 2 3 4

Number of observations 32

Diseño expandido

The GLM Procedure

Dependent Variable: vr

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	16	736.0000000	46.0000000	3.19	0.0149
Error	15	216.0000000	14.4000000		
Corrected Total	31	952.0000000			

R-Square Coeff Var Root MSE vr Mean
 0.773109 23.35220 3.794733 16.25000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	98.0000000	98.0000000	6.81	0.0198
trt	3	333.2500000	111.0833333	7.71	0.0024
rep(trt)	12	304.7500000	25.3958333	1.76	0.1489

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	98.0000000	98.0000000	6.81	0.0198
trt	3	333.2500000	111.0833333	7.71	0.0024
rep(trt)	12	304.7500000	25.3958333	1.76	0.1489

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for rep(trt) as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	98.0000000	98.0000000	3.86	0.0731
trt	3	333.2500000	111.0833333	4.37	0.0267

3.2 Tamaño de nódulos evaluados por planta de trébol.

```
DATA mm nodulos;
options nodate nocenter nonumber ls=80 ps =80; title
'diseño expandido';
input bloq$ dist nivp$ trt$ rep vr;
cards;
diseño expandido
```

Obs	bloq	dist	nivp	trt	rep	vr
1	I	0.5	P0	POD.5	1	2.5
2	I	0.5	P0	POD.5	2	2.0
3	I	0.5	P0	POD.5	3	1.5
4	I	0.5	P0	POD.5	4	2.0
5	I	1.0	P0	POD1	1	2.0
6	I	1.0	P0	POD1	2	2.0
7	I	1.0	P0	POD1	3	1.5
8	I	1.0	P0	POD1	4	1.0
9	I	0.5	P80	P80D.5	1	2.0
10	I	0.5	P80	P80D.5	2	2.0
11	I	0.5	P80	P80D.5	3	2.5
12	I	0.5	P80	P80D.5	4	2.5
13	I	1.0	P80	P80D1	1	2.5
14	I	1.0	P80	P80D1	2	1.5
15	I	1.0	P80	P80D1	3	3.0
16	I	1.0	P80	P80D1	4	3.5
17	II	0.5	P0	POD.5	1	1.5

18	II	0.5	P0	P0D.5	2	2.0
19	II	0.5	P0	P0D.5	3	1.5
20	II	0.5	P0	P0D.5	4	2.5
21	II	1.0	P0	P0D1	1	3.0
22	II	1.0	P0	P0D1	2	1.5
23	II	1.0	P0	P0D1	3	2.0
24	II	1.0	P0	P0D1	4	2.0
25	II	0.5	P80	P80D.5	1	2.5
26	II	0.5	P80	P80D.5	2	2.5
27	II	0.5	P80	P80D.5	3	2.5
28	II	0.5	P80	P80D.5	4	2.0
29	II	1.0	P80	P80D1	1	2.5
30	II	1.0	P80	P80D1	2	3.0
31	II	1.0	P80	P80D1	3	1.5
32	II	1.0	P80	P80D1	4	2.0

diseño expandido

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	2	I II
trt	4	P0D.5 P0D1 P80D.5 P80D1
rep	4	1 2 3 4

Number of observations 32
diseño expandido

The GLM Procedure

Dependent Variable: vr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	16	4.00000000	0.25000000	0.67	0.7843
Error	15	5.61718750	0.37447917		
Corrected Total	31	9.61718750			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr Mean
0.415922	28.58731	0.611947	2.140625

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	0.00781250	0.00781250	0.02	0.8871
trt	3	1.83593750	0.61197917	1.63	0.2236
rep(trt)	12	2.15625000	0.17968750	0.48	0.8970

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	0.00781250	0.00781250	0.02	0.8871
trt	3	1.83593750	0.61197917	1.63	0.2236
rep(trt)	12	2.15625000	0.17968750	0.48	0.8970

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for rep(trt) as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	0.00781250	0.00781250	0.04	0.8383
trt	3	1.83593750	0.61197917	3.41	0.0533

Anexo 4: Disponibilidad de ms kg/ha

4.1 Evaluación de la productividad de la especie nativas.

```
ATA dispo de pastiz;  
options nodate nocenter nonumber ls=80 ps =80; title  
'diseño expandido';  
input bloq$ dist nivp$ trt$ vr; cards;
```

Diseño expandido

Obs	bloq	dist	nivp	trt	vr
1	I	0.5	P0	P0D.5	696.7
2	I	1.0	P0	P0D1	1223.3
3	I	0.5	P80	P80D.5	1643.3
4	I	1.0	P80	P80D1	2376.7
5	II	0.5	P0	P0D.5	996.7
6	II	1.0	P0	P0D1	1646.7
7	II	0.5	P80	P80D.5	3003.3
8	II	1.0	P80	P80D1	2233.3

Diseño expandido

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	2	I II
dist	2	0.5 1
nivp	2	P0 P80
trt	4	P0D.5 P0D1 P80D.5 P80D1

Number of observations 8

iseño expandido

The GLM Procedure

Dependent Variable: vr

Sum of

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	3570147.560	892536.890	4.47	0.1245
Error	3	599265.560	199755.187		
Corrected Total	7	4169413.120			

R-Square Coeff Var Root MSE vr Mean
0.856271 25.87206 446.9398 1727.500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	470450.000	470450.000	2.36	0.2224
nivp	1	2753265.780	2753265.780	13.78	0.0340
dist	1	162450.000	162450.000	0.81	0.4336
dist*nivp	1	183981.780	183981.780	0.92	0.4080

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	470450.000	470450.000	2.36	0.2224
nivp	1	2753265.780	2753265.780	13.78	0.0340
dist	1	162450.000	162450.000	0.81	0.4336
dist*nivp	1	183981.780	183981.780	0.92	0.4080

diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 199755.2

Critical Value of t 3.18245

Least Significant Difference 1005.8

Mean N nivp

A 2314.2 4 P80

B 1140.9 4 P0

Diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 199755.2

Number of Means 2

Critical Range 1006

	Mean	N	nivp
A	2314.2	4	P80

B	1140.9	4	P0
---	--------	---	----

Diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 199755.2

Critical Value of t 3.18245

Least Significant Difference 1005.8

	Mean	N	dist
A	1870.0	4	1

A

A 1585.0 4 0.5

Diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 199755.2

Number of Means 2

Critical Range 1006

	Mean	N	dist
A	1870.0	4	1

A

A 1585.0 4 0.5

Diseño expandido

The GLM Procedure

Least Squares Means

H0:LSMean1=				
	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2	
nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t	Pr > t
P0	1140.85000	223.46990	0.0145	0.0340
P80	2314.15000	223.46990	0.0019	

H0:LSMean1=			
	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2

dist	vr LSMEAN	Error	Pr > t	Pr > t
0.5	1585.00000	223.46990	0.0058	0.4336
1	1870.00000	223.46990	0.0036	

		Standard	LSMEAN		
dist	nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t	Number
0.5	P0	846.70000	316.03416	0.0751	1
0.5	P80	2323.30000	316.03416	0.0052	2
1	P0	1435.00000	316.03416	0.0200	3
1	P80	2305.00000	316.03416	0.0053	4

Least Squares Means for effect dist*nivp

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: vr

i/j	1	2	3	4
1		0.0456	0.2796	0.0470
2	0.0456		0.1410	0.9699
3	0.2796	0.1410		0.1468
4	0.0470	0.9699	0.1468	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

4.2 Evaluación de la productividad de la biomasa total.

```
DATA disponib total;
options nodate nocenter nonumber ls=80 ps =80; title 'diseño
expandido';
input bloq$ dist nivp$ trt$ vr;
cards;
;
```

Diseño expandido

Obs	bloq	dist	nivp	trt	vr
1	I	0.5	P0	P0D.5	755.7

2	I	1.0	P0	P0D1	1244.7
3	I	0.5	P80	P80D.5	1760.0
4	I	1.0	P80	P80D1	2483.3
5	II	0.5	P0	P0D.5	1038.3
6	II	1.0	P0	P0D1	1646.7
7	II	0.5	P80	P80D.5	3146.7
8	II	1.0	P80	P80D1	2363.

Diseño expandido

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	2	I II
dist	2	0.5 1
nivp	2	P0 P80
trt	4	P0D.5 P0D1 P80D.5 P80D1

Number of observations 8

Diseño expandido

The GLM Procedure

Dependent Variable: vr

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	3988372.455	997093.114	4.88	0.1119
Error	3	613455.364	204485.121		
Corrected Total	7	4601827.819			

R-Square Coeff Var Root MSE vr Mean
 0.866693 25.05490 452.2003 1804.838

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	475946.461	475946.461	2.33	0.2245
nivp	1	3210451.301	3210451.301	15.70	0.0287
dist	1	134498.911	134498.911	0.66	0.4767
dist*nivp	1	167475.781	167475.781	0.82	0.4322

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	475946.461	475946.461	2.33	0.2245
nivp	1	3210451.301	3210451.301	15.70	0.0287
dist	1	134498.911	134498.911	0.66	0.4767
dist*nivp	1	167475.781	167475.781	0.82	0.4322

diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 204485.1

Number of Means 2

Critical Range 1018

	Mean	N	nivp
A	2438.3	4	P80
B	1171.4	4	P0

Diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 204485.1

Number of Means 2

Critical Range 1018

	Mean	N	dist
A	1934.5	4	1
A			
A	1675.2	4	0.5

diseño expandido

The GLM Procedure

Least Squares Mean H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2
nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t
P0	1171.35000	226.10016	0.0140 0.0287
P80	2438.32500	226.10016	0.0017

H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2
dist	vr LSMEAN	Error	Pr > t
0.5	1675.17500	226.10016	0.0051 0.4767
1	1934.50000	226.10016	0.0034

Standard LSMEAN

dist	nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t	Number
0.5	P0	897.00000	319.75391	0.0676	1
0.5	P80	2453.35000	319.75391	0.0046	2
1	P0	1445.70000	319.75391	0.0202	3
1	P80	2423.30000	319.75391	0.0048	4

Least Squares Means for effect dist*nivp

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: vr

i/j	1	2	3	4
1		0.0412	0.3118	0.0432
2	0.0412		0.1122	0.9512
3	0.3118	0.1122		0.1194
4	0.0432	0.9512	0.1194	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

Anexo 5: Disponibilidad de nitrógeno suelo y planta.

5.1 Evaluación del nitrógeno en el suelo.

Diseño expandido

Obs	bloq	dist	nivp	trt	vr
1	I	0.5	P0	P0D.5	0.7
2	I	1.0	P0	P0D1	0.5
3	I	0.5	P80	P80D.5	0.7
4	I	1.0	P80	P80D1	0.7
5	II	0.5	P0	P0D.5	0.8
6	II	1.0	P0	P0D1	0.5
7	II	0.5	P80	P80D.5	0.7
8	II	1.0	P80	P80D1	0.6

Diseño expandido

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	2	I II
dist	2	0.5 1
nivp	2	P0 P80
trt	4	P0D.5 P0D1 P80D.5 P80D1

Number of observations 8

Diseño expandido

The GLM Procedure

Dependent Variable: vr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.07000000	0.01750000	5.25	0.1022
Error	3	0.01000000	0.00333333		

Corrected Total 7 0.08000000

R-Square Coeff Var Root MSE vr Mean
0.875000 8.882312 0.057735 0.650000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
nivp	1	0.00500000	0.00500000	1.50	0.3081
dist	1	0.04500000	0.04500000	13.50	0.0349
dist*nivp	1	0.02000000	0.02000000	6.00	0.0917

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
nivp	1	0.00500000	0.00500000	1.50	0.3081
dist	1	0.04500000	0.04500000	13.50	0.0349
dist*nivp	1	0.02000000	0.02000000	6.00	0.0917

Diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 0.003333

Critical Value of t 3.18245

Least Significant Difference 0.1299

	Mean	N	nivp
A	0.67500	4	P80

A

A	0.62500	4	P0
---	---------	---	----

Diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the Experimentwise error rate.

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 3
Error Mean Square 0.003333
Number of Means 2
Critical Range .1299

	Mean	N	nivp
A	0.67500	4	P80
A			
A	0.62500	4	P0

Diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 3
Error Mean Square 0.003333
Critical Value of t 3.18245

Least Significant Difference 0.1299

	Mean	N	dist
A	0.72500	4	0.5
B	0.57500	4	1

Diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the Experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 0.003333

Number of Means 2

Critical Range .1299

	Mean	N	dist
A	0.72500	4	0.5
B	0.57500	4	1

diseño expandido

The GLM Procedure

Least Squares Means

H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2
nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t Pr > t
P0	0.62500000	0.02886751	0.0002 0.3081
P80	0.67500000	0.02886751	0.0002

H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2
dist	vr LSMEAN	Error	Pr > t Pr > t
0.5	0.72500000	0.02886751	0.0001 0.0349
1	0.57500000	0.02886751	0.0003

	Standard	LSMEAN			
dist	nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t	Number
0.5	P0	0.75000000	0.04082483	0.0004	1
0.5	P80	0.70000000	0.04082483	0.0004	2
1	P0	0.50000000	0.04082483	0.0012	3
1	P80	0.65000000	0.04082483	0.0005	4

Least Squares Means for effect dist*nivp

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: vr

i/j	1	2	3	4
1		0.4502	0.0227	0.1817
2	0.4502		0.0405	0.4502
3	0.0227	0.0405		0.0805
4	0.1817	0.4502	0.0805	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

5.2 Evaluación del nitrógeno en el tallo del especie clave *Festuca dolicophila*.

Diseño expandido

Obs	bloq	dist	nivp	trt	vr
1	I	0.5	P0	P0D.5	1.1
2	I	1.0	P0	P0D1	1.2
3	I	0.5	P80	P80D.5	1.1
4	I	1.0	P80	P80D1	1.1
5	II	0.5	P0	P0D.5	0.9
6	II	1.0	P0	P0D1	0.7
7	II	0.5	P80	P80D.5	1.4
8	II	1.0	P80	P80D1	0.6

Diseño expandido

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	2	I II
dist	2	0.5 1
nivp	2	P0 P80
trt	4	P0D.5 P0D1 P80D.5 P80D1

Number of observations 8

diseño expandido

The GLM Procedure

Dependent Variable: vr

	Sum of				
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.27500000	0.06875000	0.96	0.5333
Error	3	0.21375000	0.07125000		
Corrected Total	7	0.48875000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr Mean
0.562660	26.36316	0.266927	1.012500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	0.10125000	0.10125000	1.42	0.3189
nivp	1	0.01125000	0.01125000	0.16	0.7177
dist	1	0.10125000	0.10125000	1.42	0.3189
dist*nivp	1	0.06125000	0.06125000	0.86	0.4222

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	0.10125000	0.10125000	1.42	0.3189
nivp	1	0.01125000	0.01125000	0.16	0.7177
dist	1	0.10125000	0.10125000	1.42	0.3189
dist*nivp	1	0.06125000	0.06125000	0.86	0.4222

Diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 3
Error Mean Square 0.07125
Critical Value of t 3.18245
Least Significant Difference 0.6007

	Mean	N	nivp
A	1.0500	4	P80
A			
A	0.9750	4	P0

Diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 3
Error Mean Square 0.07125
Number of Means 2
Critical Range .6007

	Mean	N	nivp
A	1.0500	4	P80
A			
A	0.9750	4	P0

Diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 0.07125

Critical Value of t 3.18245

Least Significant Difference 0.6007

	Mean	N	dist
A	1.1250	4	0.5

A

A	0.9000	4	1
---	--------	---	---

diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 0.07125

Number of Means 2

Critical Range .6007

	Mean	N	dist
A	1.1250	4	0.5

A

A	0.9000	4	1
---	--------	---	---

diseño expandido

The GLM Procedure

Least Squares Means

H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2
nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t
P0	0.97500000	0.13346348	0.0053
P80	1.05000000	0.13346348	0.0043

H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2	
dist	vr LSMEAN	Error	Pr > t	Pr > t
0.5	1.12500000	0.13346348	0.0035	0.3189
1	0.90000000	0.13346348	0.0067	

		Standard	LSMEAN		
dist	nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t	Number
0.5	P0	1.00000000	0.18874586	0.0131	1
0.5	P80	1.25000000	0.18874586	0.0070	2
1	P0	0.95000000	0.18874586	0.0151	3
1	P80	0.85000000	0.18874586	0.0204	4

Least Squares Means for effect dist*nivp

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: vr

i/j	1	2	3	4
1		0.4181	0.8634	0.6134
2	0.4181		0.3429	0.2309
3	0.8634	0.3429		0.7328
4	0.6134	0.2309	0.7328	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

5.3 Evaluación del nitrógeno en las hojas de la especie clave *Festuca dolicophila*.

Diseño expandido

Obs	bloq	dist	nivp	trt	vr
1	I	0.5	P0	P0D.5	1.7
2	I	1.0	P0	P0D1	1.4
3	I	0.5	P80	P80D.5	1.5
4	I	1.0	P80	P80D1	1.6
5	II	0.5	P0	P0D.5	1.2

6	II	1.0	P0	POD1	1.2
7	II	0.5	P80	P80D.5	2.2
8	II	1.0	P80	P80D1	1.3

Diseño expandido

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	2	I II
dist	2	0.5 1
nivp	2	P0 P80
trt	4	P0D.5 P0D1 P80D.5 P80D1

Number of observations 8

Diseño expandido

The GLM Procedure

Dependent Variable: vr

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.34500000	0.08625000	0.61	0.6847
Error	3	0.42375000	0.14125000		
Corrected Total	7	0.76875000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr Mean
0.448780	24.84842	0.375832	1.512500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	0.01125000	0.01125000	0.08	0.7961
nivp	1	0.15125000	0.15125000	1.07	0.3769
dist	1	0.15125000	0.15125000	1.07	0.3769
dist*nivp	1	0.03125000	0.03125000	0.22	0.6702

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	1	0.01125000	0.01125000	0.08	0.7961
nivp	1	0.15125000	0.15125000	1.07	0.3769

dist	1	0.15125000	0.15125000	1.07	0.3769
dist*nivp	1	0.03125000	0.03125000	0.22	0.6702

Diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 0.14125

Critical Value of t 3.18245

Least Significant Difference 0.8457

	Mean	N	nivp
A	1.6500	4	P80

A

A	1.3750	4	P0
---	--------	---	----

diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 0.14125

Number of Means 2

Critical Range .8457

	Mean	N	nivp
A	1.6500	4	P80

A

A	1.3750	4	P0
---	--------	---	----

diseño expandido

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 0.14125

Critical Value of t 3.18245

Least Significant Difference 0.8457

	Mean	N	dist
A	1.6500	4	0.5

A

A	1.3750	4	1
---	--------	---	---

diseño expandido

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for vr

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 3

Error Mean Square 0.14125

Number of Means 2

Critical Range .8457

	Mean	N	dist
A	1.6500	4	0.5

A

A	1.3750	4	1
---	--------	---	---

diseño expandido

The GLM Procedure

Least Squares Means

H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2
nivp	vr LSMEAN	Error	Pr > t
P0	1.37500000	0.18791620	0.0053
P80	1.65000000	0.18791620	0.0031

H0:LSMean1=

	Standard	H0:LSMEAN=0	LSMean2
dist	vr LSMEAN	Error	Pr > t
0.5	1.65000000	0.18791620	0.0031
1	1.37500000	0.18791620	0.0053

	Standard	LSMEAN
dist nivp	vr LSMEAN	Error Pr > t
0.5 P0	1.45000000	0.26575365 0.0121
0.5 P80	1.85000000	0.26575365 0.0061
1 P0	1.30000000	0.26575365 0.0163
1 P80	1.45000000	0.26575365 0.0121

Least Squares Means for effect dist*nivp

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: vr

i/j	1	2	3	4
1		0.3653	0.7165	1.0000
2	0.3653		0.2396	0.3653
3	0.7165	0.2396		0.7165
4	1.0000	0.3653	0.7165	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

Anexo 6: Análisis de varianza para las variables evaluadas.

6.1 ANVA altura de plantas de trébol.

Fuente de v.	Gr. Liber	S.M	C. M	F cal	P > F	Signi
bloq	1	9.9461391	9.9461391	1.26	0.2694	N.S
nivp	1	28.9806231	28.9806231	3.68	0.064	N.S
dist	1	8.8398769	8.8398769	1.12	0.2973	N.S
mes	6	185.553098	30.9255164	3.93	0.0047	*
dist*nivp	1	0.0746327	0.0746327	0.01	0.923	N.S
bloq*nivp	1	0.5310766	0.5310766	0.07	0.7968	N.S
bloq*dist	1	3.0932016	3.0932016	0.39	0.5352	N.S
bloq*dist*nivp	1	0.0017016	0.0017016	0	0.9884	N.S
nivp*mes	6	11.5157609	1.9192935	0.24	0.9583	N.S
dist*mes	6	9.6256109	1.6042685	0.2	0.9731	N.S
dist*nivp*mes	6	12.8419109	2.1403185	0.27	0.9461	N.S
error	32	251.957281	529.330136			
total	63	529.330136				

r2	Coef. Var %	des. Est	Promedio
0.524007	79.87561	2.806005	3.512969

6.2 ANVA cobertura área foliar cm² de trébol.

Fuente de v.	Gr. Liber	S.M	C. M	F cal	P > F	Signi
bloq	1	3430.1974	3430.1974	1.9	0.1936	N.S
nivp	1	22808.7422	22808.7422	12.61	0.004	**
dist	1	9854.3251	9854.3251	5.45	0.0378	*
mes	3	152153.855	50717.9518	28.05	<.0001	**
dist*nivp	1	220.6575	220.6575	0.12	0.7329	N.S
bloq*nivp	1	1368.5604	1368.5604	0.76	0.4014	N.S
bloq*dist	1	6.4351	6.4351	0	0.9534	N.S
bloq*dist*nivp	1	3121.0925	3121.0925	1.73	0.2135	N.S
nivp*mes	3	32238.8783	10746.2928	5.94	0.0101	*
dist*mes	3	10851.8358	3617.2786	2	0.1678	N.S
dist*nivp*mes	3	1097.1591	365.7197	0.2	0.8928	N.S
error	12	21699.8601	1808.3217			
total	31	258851.599				

r2	Coef. Var %	des. Est	Promedio
0.916169	49.72683	42.52437	85.51594

6.3 ANVA número de nódulos.

Fuente de v.	Gr. Liber	S.M	C. M	F cal	F tabla	Signi
bloq	1	98.00000	98.00000	3.8589058	4.747	*
nivp	1	78.12500	78.12500	3.07629608	4.747	n.s
dist	1	253.12500	253.12500	9.9671993	4.747	*
nivp*dist	1	2.00000	2.00000	0.07875318	4.747	n.s
error residual	12	304.75000	25.39580			
total	15	216.00000	14.40000			

R-Square Coeff Var Root MSE vr

Mean 0.383666 28.68741 4.661704 16.25000

6.4 ANVA diámetro en mm de nódulos.

Fuente de v.	Gr. Liber	S.M	C. M	F cal	F tabla	Signi
bloq	1	0.0078125	0.0078125	0.04347826	4.747	n.s
nivp	1	1.7578125	1.7578125	9.7826087	4.747	*
dist	1	0.0078125	0.0078125	0.04347826	4.747	n.s
nivp*dist	1	0.0703125	0.0703125	0.39130435	4.747	n.s
error residual	12	2.15625	0.1796875			
total	15	561718750	0.27447912			

R-Square Coeff Var Root MSE vr

Mean 0.191714 25.06594 0.536568 2.140625

Anexo 7: Atributos de los efectos de las e interacciones entre fósforo y distanciamiento.

Atributos /Indicadores	P0		P80	
	D 0.5	D 1.0	D 0.5	D 1.0
Crecimiento y desarrollo de trébol.				
Altura (cm)	3.09	2.25	4.4	3.7
Área foliar (cm ²)	78.99	38.64	127.14	97.29
Cobertura /parcela (%)	3.9	0.6	6.3	1.4
Contribución del trébol a la síntesis de nitrógeno.				
Nº de nódulos Trébol	17.75	11.62	20.37	15.25
Diámetro (mm) Nódulo	1.95	1.85	3.35	2.45
Nitrógeno Suelo (%)	0.75	0.5	0.7	0.65
Nitrógeno Tallo (%)	1	0.95	1.25	0.85
Nitrógeno hoja (%)	1.45	1.3	1.85	1.45
Vigor y productividad de la vegetación.				
Cabezas florales (no)	56.6	45.3	59.05	54.35
Altura (cms)	40.5	41.7	46.1	47.4
Volumen dm ³	137.8	136.55	219.2	242.05
Vegetación nativa MS Kg/ha	846.7	1435	2323.3	2305
Biomasa MS Kg/ha.	897	1445.7	2453.35	2423.3