

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL



**“TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens*) Y ROCA FOSFATADA
COMO ESTRATEGIA DE MEJORA DEL VALOR NUTRITIVO
DE LAS PRADERAS ALTOANDINAS”**

Presentada por:

JAVIER ANGEL ORELLANA CHIRINOS

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN CIENCIA ANIMAL**

**Lima - Perú
2023**

Tesis Doctoral Ciencia Animal

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	es.scribd.com Fuente de Internet	2%
4	s682a9aac108afcd8.jimcontent.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.valladares.info Fuente de Internet	1%
7	idoc.pub Fuente de Internet	1%
8	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	docplayer.es Fuente de Internet	1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL

**“TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens*) Y ROCA FOSFATADA
COMO ESTRATEGIA DE MEJORA DEL VALOR NUTRITIVO
DE LAS PRADERAS ALTOANDINAS”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
DOCTORIS PHILOSOPHIAE**

Presentada por:

JAVIER ANGEL ORELLANA CHIRINOS

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado

Dr. Oscar Loli Figueroa
PRESIDENTE

Ph.D. Lucrecia Aguirre Terrazas
ASESOR

Ph.D. Enrique Flores Mariazza
CO-ASESOR

Ph.D. Mariano Echevarría Rojas
MIEMBRO

Ph.D. Javier Ñaupari Vásquez
MIEMBRO

MIEMBRO EXTERNO
Ph.D. Andrés Corsino Estrada Zúñiga

A mis queridos hijos Andrea Alba y
Rodrigo Rivaldo, quienes me dan la fuerza para seguir
luchando en este maravilloso camino de la ciencia animal.

A Carmen Luz Chirinos Peinado y Manuel Hugo Orellana Mendoza
por sembrar en mi bondad, empatía, gratitud y responsabilidad para lograr mis objetivos
de vida.

A mis familiares con mucho cariño.

AGRADECIMIENTOS

A Lucrecia Aguirre Terrazas Ph.D; consejera y mentor del trabajo de investigación y durante mi estadía en el Doctorado de Ciencia Animal.

A Enrique Flores Mariazza, Ph.D; Consejero y guía del trabajo de investigación y durante mi estadía en el Doctorado de Ciencia Animal.

A Javier Ñaupari Ph.D y Mariano Echevarria Ph.D; profesionales a carta cabal, y de gran espíritu colaborador, gracias por los consejos durante mi paso en el Doctorado de Ciencia Animal.

A Oscar Loli, Dr. y Sady García, Dr.; profesionales a carta cabal, y de gran espíritu colaborador, gracias por los consejos y recomendaciones durante mi estadía en los cursos de la Maestría de Suelos.

A mis profesores de la Escuela de Posgrado – UNALM quienes durante mi estadía en el Doctorado de Ciencia Animal supieron proporcionarme conocimientos, valores y mucho cariño a la investigación.

A todo el grupo de amigos de la Región Huancavelica, en especial al Ing. Hugo de la Cruz Sullca, a su señor padre Juan De la Cruz, a los miembros del equipo de trabajo del proyecto PRADERAS: Carlos Martínez, Felipe Solano, Héctor Merino y Rolando Huayra quienes han colaborado de forma incondicional para que este trabajo llegue a un final feliz.

Al gran grupo humano del Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, por la sincera amistad y la colaboración desinteresada para culminar satisfactoriamente el trabajo de investigación.

A mis compañeros de la UNALM, en especial a la Lic. Genesis Noelia Torres Arrunátegui, por compartir gratos momentos en las aulas y en otros espacios durante los años de estudio del Doctorado en Ciencia Animal.

RESUMEN

La introducción de leguminosas exóticas en praderas naturales mejora la calidad de la oferta forrajera, pero requiere de un manejo agronómico adecuado para evitar que la proporción de leguminosa exceda ciertos límites más allá de los cuales la integridad del ecosistema natural se vea afectada. El objetivo fue determinar la dinámica de la introducción de trébol blanco (*Trifolium repens*) en pajonales de condición regular, dominados por *Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis vicunarum* y la influencia de la densidad de siembra y la fertilización fosfatada en el balance de la asociación gramíneas leguminosa, una estrategia utilizada para mejorar la productividad y calidad de las praderas naturales. Este estudio tuvo dos experimentos: (1) Efecto de la densidad y dosis de roca fosfatada en el comportamiento del trébol blanco introducido en la pradera nativa, durante dos años, a partir de los porcentajes de emergencia, sobrevivencia, rendimiento de materia seca, nitrógeno (por ciento), fósforo (por ciento) de la porción aérea y radicular del trébol blanco, proteína bruta de la especie nativa dominante y cobertura relativa de trébol blanco (2) Rendimiento forrajero y similaridad de la dieta por ovinos pastoreando en la asociación trébol blanco - pradera nativa de condición regular, dominados por *Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis vicunarum*. El área experimental era un pajonal altimontano húmedo (4 200 m.s.n.m) ubicado en la Región Huancavelica. El diseño para el primer experimento fue un completo al azar con arreglo factorial 3x2, tres dosis de roca fosfatada (0, 15 y 30 gramos por hoyo) y dos densidades de siembra (20 y 40 semillas por hoyo). El diseño experimental del segundo experimento fue diseño de bloque completo al azar con tres tratamientos, el primer tratamiento pradera natural, el segundo tratamiento pradera natural más trébol blanco (40 semillas por hoyo) y el tercer tratamiento pradera natural más trébol blanco (40 semillas por hoyo) y roca fosfatada (30 gramos por hoyo), el segundo y el tercer tratamiento fueron elegidos por presentar la mayor densidad de siembra como la mayor dosis de roca fosfatada del primer experimento. La mejor respuesta a la fertilización en términos de emergencia, sobrevivencia, rendimiento de materia seca de la porción aérea y radicular del trébol blanco, así como en la cobertura vegetal, se alcanzó con la dosis de 15 g de roca fosfatada por hoyo. La densidad de siembra con la que se obtuvieron los mejores resultados en términos de contenido de materia seca de la parte aérea como radicular y porcentaje cobertura del trébol en la

pradera nativa fue de 20 semillas por hoyo. Los patrones de cobertura de trébol blanco variaron con la época, con mayores proporciones en la época lluviosa que en la época seca observándose un incremento de la presencia del trébol con los años la cual no excedió en promedio la relación gramínea leguminosa recomendable. El primer ensayo se realizó en clausura y ausencia del pastoreo, un factor determinante del balance gramínea – leguminosa. Se recomienda examinar las posibles interacciones ejercen el pastoreo prescrito, fertilización, distanciamiento, densidad de siembra en el balance gramínea – leguminosa. La introducción de trébol blanco (40 semillas/hoyo) y fertilización fosfatada de (30 gramos por hoyo), mejoró el rendimiento de materia seca de 2 626.80 (kg MS/ha) solo pradera nativa, a 2 762.78 (kg MS/ha) con la introducción de trébol blanco y 3 207.77 (kg MS/ha) con la introducción de trébol blanco más roca fosfatada y el porcentaje de proteína de 10 por ciento, solo pradera nativa, a 17.2 por ciento, con introducción de trébol blanco y 17.5 por ciento, con introducción de trébol blanco más roca fosfatada, los incrementos de materia seca y proteína podrían contribuir a cubrir los requerimientos de manutención, producción óptima y prevención de los síntomas de deficiencias nutricionales de la especie ovina. La composición de la dieta de los ovinos en términos de trébol y pasto natural guardo estrecha relación con la composición botánica de la pastura, revelando que los animales consumieron cantidades significativas de trébol blanco cuando este incrementó.

Palabras claves: fertilización, densidad, trébol blanco, pradera natural.

ABSTRACT

The introduction of exotic legumes in natural grasslands improves the quality of the forage supply but requires adequate agronomic management to avoid that the legume proportion exceeds certain limits beyond which the integrity of the natural ecosystem is affected. The objective was to determine the dynamics of the introduction of white clover (*Trifolium repens*) in regular condition grasslands dominated by *Festuca dolichophylla* and *Calamagrostis vicunarum* and the influence of sowing density and phosphate fertilization on the balance of the grass-legume association, a strategy used to improve the productivity and quality of natural grasslands. This study had two experiments: (1) Effect of density and dosage of phosphate rock on the behavior of white clover introduced in native prairie, during two years, from the percentages of emergence, survival, dry matter yield, nitrogen (percent), phosphorus (percent) of the aerial and root portion of white clover, crude protein of the dominant native species and relative cover of white clover (2) Forage yield and diet similarity by sheep grazing on the white clover - native grassland association of regular condition, dominated by *Festuca dolichophylla* and *Calamagrostis vicunarum*. The experimental area was a humid altimontane grassland (4 200 m.a.s.l) located in the Huancavelica Region. The design for the first experiment was a complete randomized design with a 3x2 factorial arrangement, three doses of rock phosphate (0, 15 and 30 grams per hole) and two planting densities (20 and 40 seeds per hole). The experimental design of the second experiment was a randomized complete block design with three treatments, the first treatment natural grassland, the second treatment natural grassland plus white clover (40 seeds per hole) and the third treatment natural grassland plus white clover (40 seeds per hole) and rock phosphate (30 grams per hole), the second and third treatments were chosen because they had the highest seeding density and the highest dose of rock phosphate in the first experiment. The best response to fertilization in terms of emergence, survival, dry matter yield of the aerial and root portion of white clover, as well as plant cover, was achieved with the dose of 15 g of rock phosphate per hole. The sowing density with which the best results were obtained in terms of dry matter content of the aerial and root portion and percentage cover of clover in the native prairie was 20 seeds per hole. The patterns of white clover cover varied with the

season, with higher proportions in the rainy season than in the dry season, observing an increase in the presence of clover over the years, which did not exceed on average the recommended ratio of leguminous grass to legume. The first trial was carried out in the closed season and without grazing, a determining factor in the grass-legume balance. It is recommended to examine the possible interactions of prescribed grazing, fertilization, spacing, planting density on the grass-legume balance. The introduction of white clover (40 seeds/hole) and phosphate fertilization of (30 grams per hole), improved dry matter yield from 2 626.80 (kg DM/ha) native grassland only, to 2 762.78 (kg DM/ha) with the introduction of white clover and 3 207.77 (kg DM/ha) with the introduction of white clover plus phosphate rock and protein percentage from 10 percent, native grassland only, to 17. 2 percent, with introduction of white clover and 17.5 percent, with introduction of white clover plus rock phosphate, the increases in dry matter and protein could contribute to meeting the maintenance requirements, optimum production, and prevention of nutritional deficiency symptoms of the sheep species. The composition of the sheep's diet in terms of clover and natural grass was closely related to the botanical composition of the pasture, revealing that the animals consumed significant amounts of white clover when it increased.

Key words: fertilization, density, white clover, natural grassland.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.1.1 Experimento 1 - Objetivos específicos	2
1.1.2 Experimento 2 - Objetivos específicos	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 PASTIZALES Y EL ROL DE LAS LEGUMINOSAS.....	4
2.1.1 Pastizales.	4
a. Clima.	4
b. Suelos.....	5
c. Humedad.....	6
d. Temperatura.....	7
e. Vegetación.....	8
2.1.2 Ciclo de nitrógeno y fósforo en ecosistemas naturales.....	8
a. Ciclo de nitrógeno.	8
b. Ciclo del fósforo.	10
2.2 INTRODUCCIÓN DE LEGUMINOSAS EN LA PRADERA NATIVA	12
2.2.1 Leguminosas promisorias.	12
2.2.2 Métodos de introducción.	13
2.2.3 Manejo de asociación pradera nativa con trébol blanco.....	14
2.3 EFECTO DEL ABONAMIENTO EN EL ESTABLECIMIENTO DE LEGUMINOSAS.....	15
2.3.1 Fertilidad del suelo.	15
2.3.2 Composición y rendimiento.....	17
2.3.3 Nutrición y alimentación animal.	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 LUGAR Y UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	23
3.2 ÁREA EXPERIMENTAL DE ESTUDIO.....	23
3.3 IMPLEMENTACIÓN DE EXPERIMENTOS.....	24
3.4 EXPERIMENTO 1 – EFECTO DE LA DENSIDAD Y DOSIS DE ROCA FOSFATADA EN EL COMPORTAMIENTO DEL TRÉBOL BLANCO INTRODUCIDO EN LA PRADERA NATIVA. .	25

3.4.1	Objetivos específicos.....	25
3.4.2	Preparación del área experimental.....	25
3.4.3	Tratamientos.....	25
3.4.4	Instalación.....	26
3.4.5	Parámetros evaluados.....	27
a.	Temperatura y humedad del suelo.....	27
b.	Dinámica de la población.....	29
c.	Rendimiento y composición química del trébol blanco.....	30
d.	Persistencia de la cobertura del trébol blanco.....	30
e.	Contenido de proteína cruda de la gramínea clave <i>Festuca dolichophylla</i>	31
3.4.6	Análisis de datos.....	31
3.5	EXPERIMENTO 2: RENDIMIENTO FORRAJERO Y SIMILARIDAD DE LA DIETA POR OVINOS PASTOREANDO EN LA ASOCIACIÓN TRÉBOL BLANCO - PRADERA NATIVA.....	33
3.5.1	Objetivos específicos.....	33
3.5.2	Preparación del área experimental.....	33
3.5.3	Tratamientos.....	33
3.5.4	Instalación.....	34
3.5.5	Parámetros evaluados.....	34
a.	Rendimiento forrajero, composición química.....	34
b.	Similaridad de la dieta.....	35
3.5.6	Análisis de datos.....	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1	EXPERIMENTO 1: EFECTO DE LA DENSIDAD Y DOSIS DE ROCA FOSFATADA EN EL COMPORTAMIENTO DEL TRÉBOL BLANCO INTRODUCIDO EN LA PRADERA NATIVA.....	38
4.1.1	Temperatura y humedad del suelo.....	38
4.1.2	Respuesta a la fertilización fosforada.....	41
a.	Emergencia y sobrevivencia de plántulas de trébol blanco.....	41
b.	Rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción aérea del trébol blanco.....	42
c.	Rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción radicular del trébol blanco.....	45
d.	Cobertura vegetal del trébol blanco y pradera nativa.....	46
4.1.3	Respuesta a la densidad de siembra.....	47

a.	Emergencia y sobrevivencia de plántulas de trébol blanco.....	47
b.	Rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción aérea del trébol blanco.....	48
c.	Rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción radicular del trébol blanco.....	49
d.	Cobertura vegetal de trébol blanco y pradera nativa.....	50
4.1.4	Interacción fertilización fosforada, época y año de evaluación.....	51
4.1.5	Proteína de la <i>Festuca dolichophylla</i>	53
4.2	EXPERIMENTO 2: RENDIMIENTO FORRAJERO Y SIMILARIDAD DE LA DIETA POR OVINOS PASTOREANDO EN LA ASOCIACIÓN TRÉBOL BLANCO - PRADERA NATIVA.....	55
4.2.1	Rendimiento de materia seca y contenido de proteína.....	55
4.2.2	Similaridad de la composición dieta de ovejas con la composición de la pastura.....	56
V.	CONCLUSIONES	59
VI.	RECOMENDACIONES	61
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
VIII.	ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Información técnica de la semilla botánica de trébol blanco variedad Huía. ...	24
Tabla 2. Proporciones de inoculante y otros insumos para la inoculación y peletizado de semillas pequeñas.	24
Tabla 3. Factores y niveles del factor del experimento 1.	26
Tabla 4. Tratamientos involucrados en el experimento 2.	34
Tabla 5. Efecto de la dosis de fósforo sobre porcentaje de emergencia y sobrevivencia del trébol blanco.	41
Tabla 6. Efecto de la dosis de fósforo sobre el rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción aérea del trébol blanco.	43
Tabla 7. Efecto de la dosis de fósforo sobre el rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción radicular del trébol blanco.	45
Tabla 8. Efecto de la dosis de fósforo sobre la cobertura vegetal de trébol blanco y pradera nativa (<i>Festuca dolichophylla</i>).	46
Tabla 9. Efecto de la densidad de siembra sobre porcentaje de emergencia, sobrevivencia.	47
Tabla 10. Efecto de la densidad de siembra sobre rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de porción aérea del trébol blanco.	48
Tabla 11. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción radicular del trébol blanco.	49
Tabla 12. Efecto de la densidad de siembra sobre cobertura del trébol y cobertura de la pradera natural.	50
Tabla 13. Rendimiento de materia seca y contenido de proteína cruda.	55
Tabla 14. Similaridad de la composición de la dieta de ovejas con la composición de la pastura.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución de semilla de trébol blanco y roca fosfatada.	26
Figura 2. Densidad de siembra de 40 semillas de trébol blanco y 30 gramos de roca fosfatada por hoyo.	27
Figura 3. Registro de temperatura del suelo a 15 y 30 cm de profundidad.	28
Figura 4. Registro del contenido volumétrico de agua del suelo a 12 y 20 cm de profundidad, con el equipo TDR 300 FIELDSCOUT.....	28
Figura 5. Tablero de macroscopía de punto.	35
Figura 6. Variaciones en la humedad (a) y temperatura b) del suelo a dos profundidades.	40
Figura 7. Cobertura vegetal de trébol blanco en respuesta a la dosis de abonamiento fosforado durante la época lluviosa y seca correspondiente al año 1 y año 2 de monitoreo.....	52
Figura 8. Contenido de proteína cruda promedio al final de los dos años de monitoreo de <i>Festuca dolicophilla</i> en respuesta a la dosis de abonamiento.	54

I. INTRODUCCIÓN

Los pastizales son considerados como uno de los principales ecosistemas del mundo y cubren un tercio de la superficie terrestre, proporcionan muchos servicios económicos y ecosistémicos como la producción de forraje para la alimentación animal, provisión de agua, captura de carbono, entre otros (Flores 2016; Bengtsson *et al.* 2019). Los Andes albergan aproximadamente 15 millones de hectáreas de ecosistemas de pastizales, siendo los principales los pajonales, césped de puna, bofedales, entre otros (Flores 2016; Lima *et al.* 2020). Estos pastizales componen la principal y única fuente de alimento para la ganadería de sistema extensivo del Perú, aproximadamente más del 80 por ciento, estos pastizales cumplen un rol muy importante en la seguridad alimentaria del Perú, ya que los sistemas productivos con rumiantes (vacunos, ovinos y camélidos sudamericanos) son convertidores eficientes de biomasa vegetal, en energía y proteína comestibles por el hombre (Argote *et al.* 2013; Bengtsson *et al.* 2019).

La obtención de biomasa vegetal (forraje) proporciona la base alimenticia para todos los sistemas de producción animal que albergan las praderas naturales. Este ecosistema no está libre de factores que restringen la producción primaria, como los niveles deficientes de fósforo y nitrógeno en el suelo, factores climáticos, y el nivel de pastoreo a que es sometido el ecosistema pastizal, entre otros (Gylfadóttir *et al.* 2007; Lima *et al.* 2020; Trillo *et al.* 2020). Los ecosistemas de pastizales son, en general, estables, persistentes y con alta resiliencia, sin embargo, la producción ganadera que basa su gestión en estrategias tradicionales se enfrenta a limitaciones técnico-económicas que resultan en bajos niveles de producción de forraje, así como baja calidad. En general, la composición florística de los pastizales está dominada por gramíneas, las cuales contienen bajos niveles de proteína, que descienden aún más con el avance de la fenología, la proteína cae a niveles críticos estimados, para la nutrición y alimentación animal, valores de proteína 2.4 a 4.8 por ciento para *Festuca dolichophylla* en estado maduro (Argote *et al.* 2013; Cebra *et al.* 2014; Jaurena *et al.* 2016).

La introducción de leguminosas junto con la fertilización fosfatada es un procedimiento eficaz para establecer leguminosas forrajeras de alta calidad en praderas nativas (Del Pino *et al.* 2016; Chapman *et al.* 2017). Esta tecnología mejora la cantidad de forraje, evita la deficiencia de proteína en la dieta de los animales y, por lo tanto, aumenta la productividad del ganado, se argumenta que hay interacción positiva entre el nitrógeno y el fósforo, investigaciones reportan que en ecosistemas pastizales que recibieron nitrógeno y fósforo produjeron mayor cantidad de biomasa forrajera, que cuando recibieron solo fósforo o nitrógeno (Del Pino *et al.* 2016; Moir *et al.* 2016; Lima *et al.* 2020). La introducción de leguminosas al ecosistema natural contribuye a sustituir la necesidad de fertilización con nitrógeno, debido a la fijación de nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis de bacterias (*Rizhobium*) y las leguminosas (Tang 1986; Arias 1992; Jaurixje *et al.* 2013). Sin embargo, la introducción de leguminosas en praderas nativas presenta el riesgo de invasión de la pradera y desplazamiento de las especies nativas, lo cual es una preocupación relevante, tanto desde el punto de vista de gestión agronómica como de la conservación ecológica (Cucho 2003; Jaurena *et al.* 2016). La aplicación adecuada de esta tecnología subraya la necesidad de identificar umbrales de gestión de factores como la densidad de siembra, el distanciamiento y la fertilización de tal manera que se restrinja la posibilidad del riesgo de invasión de la especie exótica introducida en un porcentaje mayor al 30 por ciento. El presente estudio tuvo como objetivo lo siguiente:

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la dinámica de la introducción de trébol blanco (*Trifolium repens*) en pajonales de condición regular, dominados por *Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis vicunarum* y la influencia de la densidad de siembra y la fertilización fosfatada en el balance de la asociación gramíneas leguminosa, una estrategia utilizada para mejorar la productividad y calidad de las praderas naturales.

1.1.1 Experimento 1 - Objetivos específicos

- Estimar el efecto de la densidad de siembra de trébol blanco y la fertilidad fosfatada, sobre la respuesta agronómica y la composición de la parte aérea y radicular del trébol blanco.
- Evaluar el efecto de las interacciones en la composición botánica y la persistencia del trébol blanco en la pradera nativa a lo largo de dos años de experimentación.

1.1.2 Experimento 2 - Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento de la asociación gramínea – leguminosa con y sin incorporación de roca fosfatada aplicada en golpes al trébol blanco.
- Estimar el grado de similaridad entre la composición de la dieta de ovinos y de la asociación trébol pradera nativa en condiciones de pastoreo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 PASTIZALES Y EL ROL DE LAS LEGUMINOSAS

2.1.1 Pastizales.

a. Clima.

Los ecosistemas de puna se encuentran en las tierras altas de los Andes, desde la Cordillera Blanca, donde comienza la puna húmeda, la zona de transición entre la jalca o páramo, y la puna seca del Centro y del Sur. La región de la Puna se encuentra entre los 3 800 m.s.n.m hasta los 5 200 m.s.n.m (Brack y Mendiola 2004, mencionados por Alegría 2013). Como es normal, la temperatura varía con la altitud y con la latitud. Noviembre a marzo son los meses más cálidos y junio, julio y agosto los más fríos. Dado el elevado grado de continentalidad de esta región y su elevada altura, es lógico las fluctuaciones de temperatura de forma significativa durante un periodo de 24 horas. Por lo tanto, la fuerte luz del sol al medio día hace que la temperatura sea bastante agradable incluso en invierno, pero por la noche la temperatura es de varios grados bajo cero, con heladas frecuentes aún en pleno estío. En la puna seca, la temperatura oscila entre 3 a 15 °C. En la puna húmeda, las temperaturas oscilan entre -12 a 18 °C. La precipitación varía ampliamente, tanto en las diferentes partes de los Andes, en diferentes estaciones del año y año tras año. En general, la lluvia disminuye gradualmente de norte a sur y de este a oeste. En cuanto a las precipitaciones anuales se distingue en la Puna, tres zonas claramente delimitadas: Una zona lluviosa de Norte y Este, con ríos y lagos, con unas precipitaciones anuales superiores a los 400 mm, donde existe una población especializada en ganadería y agricultura, esta zona corresponde a la “Puna Húmeda”. La segunda es más seca, al sur y al oeste de la anterior. Todavía hay ríos y lagunas, pero ya aparecen salares, con precipitaciones anuales, de 100 - 400 mm. Sin embargo, se encuentra algunos rebaños de animales y siendo la agricultura muy limitada, equivalente a la "puna seca" y "puna espinosa". La tercera zona, las regiones oeste y sur, es muy seca, con precipitación anuales, de menos de 100 mm. No hay ríos ni lagunas, apareciendo excepcionalmente algunas vegas. En cambio, hay enormes salares. No hay agricultura ni

ganadería y la población humana, esta es la "Puna desértica" o Puna de Atacama (Galán *et al.* 2003; MINAM 2019).

b. Suelos.

Argote *et al.* (2013) reportan características de suelo en dos regiones: Illpa ubicada a una altitud de 3 820 a 3 900 m.s.n.m y Quimsachata ubicada entre los 4 000 a 4 300 m.s.n.m, donde se encontró *Trifolium amabile kunth* (fabaceae). El suelo del sitio Illpa, corresponden a las series Titicaca, Pupuja, Pucará y Calapuja, encontradas en llanos y cerros, texturas arcillosas a fangosas, pH 5.5 a 5.8, bajo contenido de nitrógeno, fósforo medio y alto contenido de potasio. En la región de Quimsachata, los tipos de suelos corresponden a las sucesiones Huaytapata, Quimsachata y Atun Mocco. Son la apariencia de un suelo profundo moderado, con un promedio de 0.30 m; textura ligera a media, pH de moderado a ligeramente básico (5.98 a 7.99), materia orgánica media (3.17 por ciento), fósforo disponible medio (8.3 ppm), bajo potasio. El análisis de los factores no biológicos comunes en lugares donde *Trifolium amabile* estaba presente, revelo que la presencia de esta especie está relacionada en gran medida con la profundidad efectiva del suelo, el nitrógeno y el fósforo, que muestra este tipo. Requiere suelo profundo, es decir, aporta nitrógeno al micrositio donde se encuentra y que el fósforo puede actuar como un factor limitado para una mayor distribución y frecuencia en tierras altas, donde el nitrógeno y el fósforo son deficientes, en la mayoría de los tipos de suelo.

MINAM (2019); Padilla *et al.* (2019); Shang *et al.* (2019); Huamán *et al.* (2021) caracterizan los suelos del área de estudios, en el que se encuentra cobertura vegetal de formación herbazal con extensos pastizales, la fisiografía es característica de montaña alta, precipitaciones pluviales, que forma parte de un ecosistema hidromórfico, distribuido en esta región altoandina, en donde se reportó valores de textura a 0.2 m de profundidad y los resultados fueron: $35,3 \pm 11,94$ por ciento de arena; $41,1 \pm 10,73$ por ciento de limo; $23,6 \pm 9,64$ por ciento de arcilla, al análisis de correlación ($r^2=0.53$) quien refiere se obtiene mayor concentración de COS cuando menor porcentaje de arena y mayor las fracciones de limo y arcilla, siendo estos componentes texturales, factores que influyen en las concentraciones de carbono orgánico terrestre, similares valores reportados por (Devi 2021 mencionado por Huamán *et al.* 2021).

c. **Humedad.**

La humedad es un factor que interacciona con la temperatura, también actúa sobre la población microbiana del suelo, en el proceso de descomposición de la materia orgánica, altos contenidos de humedad afectan el proceso de respiración de los microorganismos y de las raíces, debido a que el aire (O_2 y CO_2) es desplazado por el agua, en donde el oxígeno cumple un rol importante en la generación de energía (ATP) para el crecimiento y desarrollo de las raíces y de la microbiota del suelo (Fernández *et al.* 2002). Tang (1986) y Paredes (2013) señalan que el nivel óptimo para los organismos descomponedores que se hallan en el suelo es del 60 al 70 por ciento. La humedad del suelo es esencial para el crecimiento de plantas e influye en el proceso de fijación simbiótica del nitrógeno, plantean que el efecto inhibitorio del stress de agua en la fijación biológica de nitrógeno está localizado dentro de los nódulos y causa una disminución en la respiración de estos mismos, además la actividad específica de los nódulos se ve afectada negativamente, así como también la actividad de la nitrogenasa y otras como la glutamina sintetasa y el glutamato deshidrogenasa.

En la instalación de especies cultivadas, respecto de las semillas viables, se determina en las primeras semanas luego de la siembra. En ese periodo la competencia es intensa entre las plantas por recursos que garanticen su crecimiento y desarrollo, solo las especies fuertes y con la capacidad de soportar ataque de insectos, enfermedades y condiciones desfavorables de temperatura y humedad logran establecerse de forma adecuada. Una característica importante de las semillas es la movilización de reservas de hidratos de carbono, desde el endospermo hacia los diferentes puntos de crecimiento, claro está que existe diferencia entre especies en la rapidez de movilización que determinan diferencias en la velocidad de germinación. Hay factores extrínsecos a las características de las plantas que afectan proceso de crecimiento y desarrollo. Los niveles de humedad y temperatura del suelo determinan el balance hídrico relativo, en donde el oxígeno tiene un rol importante en la generación de energía y se dé diferentes procesos fisiológicos durante el crecimiento y desarrollo de la planta (García *et al.* 2017; Ruiz *et al.* 2018; Vallejos *et al.* 2021). Al análisis realizado por López (2004) a la dinámica de una pastura asociada con inclusión del trébol blanco, determinaron que el 67 por ciento de la variación en el rendimiento anual de forraje dependía de las condiciones de humedad del suelo, basándose en resultados de varios experimentos parcelarios en donde el *Trifolium repens* era componente de todas las mezclas, en donde afirma que el periodo invernal es donde

se da la recarga de agua en el suelo, siendo utilizada posteriormente por la vegetación hasta llegar a periodos de estrés hídrico en periodos secos. Es en el periodo invernal en donde el *Trifolium repens* se ve favorecido en la estación siguiente en comparación con otras especies. Además, refiere que, en el marco ambiental, fundamentalmente desde el punto de vista climático, impone en forma aleatoria, severas restricciones para la sobrevivencia y persistencia de las poblaciones de trébol blanco introducidas en sistemas ganaderos extensivos, estas restricciones se presentan de forma aleatoria, en forma estacional e interanual.

d. Temperatura.

La temperatura del suelo es uno de los factores claves en la descomposición de la materia orgánica, y este importante proceso que vincula la dinámica de la vegetación con la dinámica del suelo, resulta claro que, en zonas templadas, la tasa de descomposición es más bajo que en zonas tropicales (Hunt *et al.* 2020). Ledo *et al.* (2020) hacen énfasis en que la temperatura baja de estas zonas tiende a retardar la actividad biológica, resultando en baja tasa de meteorización, alto almacenamiento de materia orgánica y energía acumulada. La mineralización, de la materia orgánica, se inicia a 10 °C y aumenta hasta alcanzar su máximo entre 30 a 40 °C, en donde los 25 °C es decisiva en la producción y degradación de la hojarasca, esta meteorización de la materia orgánica cumple el papel de suministrar elementos inorgánicos para la nutrición vegetal.

La temperatura del suelo también afecta en gran medida el proceso simbiótico, Bianco (2018); Mantilla *et al.* (2009); Tang (1986) mencionan que la simbiosis *Rhizobium* Leguminosa, es la que mayor cantidad de nitrógeno aporta a los ecosistemas terrestres, en donde la temperatura juega un papel importante en el desarrollo nodular, en estudios con tres temperaturas (8, 15 y 22 °C) se detectó que a 8 °C se reduce en un 25 por ciento el desarrollo nodular y la fijación de nitrógeno, en comparación con 15 y 22 °C. También reportan estudios en *Trifolium subterraneo* en donde con temperaturas bajas (11 a 19 °C) reducían el proceso de infección de las raíces y a 7 °C se paralizaba el proceso de infección esto evaluado a los 40 días. Lo que confirma, que es necesario, temperaturas algo mayores para iniciar el proceso nodular y su respectivo desarrollo.

e. Vegetación.

Las formaciones vegetales predominantes en la región Puna son los pajonales, los bosques de los keñua (*Polylepis tarapacana*), los matorrales, los semidesiertos y las formaciones de plantas almohadilladas (Alegría 2013; Yaranga *et al.* 2019). Zarría y Flores (2015) mencionan que cuando se trata de pastizales, se puede distinguir hasta cinco categorías, según el color, altura, la composición de todas las plantas o la vegetación que las compone: (a) Pajonales. Es el pastizal más grande agrupado en grupos de pastos duros, a veces puntiagudos, conocidos con los nombres vulgares de “ichu” o “paja” en todo el territorio andino. Este pastizal está formado principalmente dominado por gramíneas altas de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*; (b) Césped de puna. Este tipo de vegetación, caracterizado por plantas de porte almohadillo y arrosetado en su mayor parte, este tipo de vegetación es semejante a la tundra ártica. Aunque la presencia de líquenes y musgos es secundaria en este tipo de pastizales. Su desarrollo está determinado principalmente por cambios en las proporciones de los géneros *Achicne*, *Azorella*, *Liabum*, *Nototriche*, *Opuntia*, *Perezia*, *Picnophyllum* y *Werneria*; (c) Bofedales. Se caracterizan por la presencia de plantas de ambientes húmedos, de carácter permanente o temporales, constituyendo la fuente de alimentación durante los periodos de sequía. En su composición florística dominan especies de porte almohadillado como *Distichia muscoides*, *Plantago rígida* y *Oxicloe sp.*, entre otros; (d) Tolares. Estas son las principales comunidades vegetales dominados por la *Parastrefia lepidophylla* y *Diplostephium tacurense*, arbustos de baja aceptabilidad, propios de ambientes secos, logrando alcanzar una altura de hasta 0.70 m; (e) Canllares. Incluye especies de bajo valor alimenticio, como *Margaricarpus pinnatus* y *M. strictus*, que están compuestas casi en su totalidad por rosáceas espinosas.

2.1.2 Ciclo de nitrógeno y fósforo en ecosistemas naturales.

a. Ciclo de nitrógeno.

Para entender el ciclo biogeoquímico del nitrógeno (N) en el ecosistema de pastizales, es muy importante conocer sus principales características, las cuales se pueden resumir en tres: 1) Gran abundancia en la atmósfera, 2) El nitrógeno no forma parte de los minerales del suelo o su proporción es muy baja y 3) La facilidad con que este elemento atraviesa

sus fronteras. 1) El nitrógeno que constituye el 78 por ciento de su composición, este reservorio consiste principalmente de moléculas de dinitrógeno (N_2), definido como nitrógeno no reactivo debido a la gran estabilidad que le confiere el triple enlace covalente que conecta sus átomos. La mayoría de los organismos no pueden absorber directamente esta fuente de nitrógeno. Sin embargo, los organismos diazotróficos, incluidas las bacterias endosimbióticas (*Rhizobium*), las bacterias libres, las arqueas cianobacterias, son capaces de fijar este nitrógeno atmosférico molecular en el suelo convirtiéndolo en compuestos biodisponibles: (NH_4 , NO_3 y N orgánico), que colectivamente se consideran nitrógeno reactivo. La acción conjunta de todos estos microorganismos asume que el aporte de nitrógeno debido a la fijación biológica natural se estima en 198 Tg de N por año, por lo que es necesario agregar 5 Tg adicionales de fijación no biológica producida por tormentas eléctricas. En este compartimento se encuentra el origen de los cambios en el ciclo global del nitrógeno. Por lo tanto, a través del proceso Haber-Bosch, la industria química contribuye a la fijación de aproximadamente 120 Tg de N, de los cuales se deben agregar otras 60 Tg para la fijación en cultivos (principalmente leguminosas, agrícolas y forrajeras) y 30 Tg de N provenientes de la combustión de combustibles fósiles. En resumen, la entrada total de N por atmósfera se ha duplicado. Por otro lado, las actividades humanas extraen un 50 veces más carbono de los combustibles fósiles que el nitrógeno de la atmósfera y 14 veces menos fósforo de la minería. Sin embargo, la diferencia entre los tres ciclos no es tanto el tamaño del depósito como la capacidad del componente para regresar al compartimento donde comenzó. Por lo tanto, aunque el C de la quema de combustibles fósiles o el P de la minería solo puede regresar a estos compartimentos a través de ciclos geoquímicos de miles a millones de años, el N la alteración puede hacer precisamente eso en meses o años de proceso de desnitrificación. 2) La segunda característica importante es que, a diferencia del P y otros elementos, el N no forma parte de los minerales del suelo o su proporción es muy baja. Esto significa que la disponibilidad de nitrógeno es mucho menor que la de otros nutrientes en el ecosistema desarrollado en el nuevo suelo y/o donde el tiempo para la fijación del nitrógeno en la atmósfera no es lo suficientemente largo. Sin duda, la característica del ciclo N que más determina su comportamiento en el ecosistema es que el elemento traspasa fronteras con facilidad, esto se basa principalmente en las propiedades químicas del elemento, puede funcionar en un gran número de estados de valencia diferentes (de +5 a -3), además de la forma orgánica, también incluye cuatro formas gaseosas (N_2 , N_2O , NO y NO_2) y tres formas líquidas altamente solubles (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-) (Yoon *et al.* 2015; Xi *et al.* 2016).

En suelos templados, en comparación con algunos suelos tropicales, el NO_3 es particularmente móvil debido a su baja capacidad de intercambio aniónico. Esta frecuente pérdida de nitrógeno que sale (o entra) del ecosistema, que se convierte fácilmente en nitrógeno, es más pronunciada durante las fases de perturbación y posterior recuperación, ya sea en estado líquido o gaseoso (Delgado *et al.* 2017; García *et al.* 2017; Valencia *et al.* 2018).

Delgado *et al.* (2017); García *et al.* (2017); Valencia *et al.* (2018) mencionan que los procesos que provocan cambios en la forma de movimiento del nitrógeno se dividen en fijación de nitrógeno, nitrificación y desnitrificación, en los que se debe agregar mineralización de materia orgánica para producir NH_4 . Los microorganismos responsables se han dividido en tres grupos funcionales: inmovilización, nitrificación y desnitrificación, aunque esta clasificación no es estricta, porque determinadas especies pueden realizar diversas funciones según las condiciones. La mayoría de estos procesos ocurren bajo reacciones acopladas, en las que intervienen una gran cantidad de microorganismos. Cuando los ecólogos se centran en la nutrición vegetal o la producción primaria, la tasa neta de estos procesos puede ser suficiente para describir la función del ecosistema. Sin embargo, la relevancia de la diversidad microbiana y su propia respuesta ha recibido una atención cada vez mayor como un medio para identificar las funciones claves del ecosistema y comprender la resiliencia a las perturbaciones y los cambios globales. Por lo tanto, en los últimos años, nuevos procesos claves de equilibrio de nutrientes en el ecosistema han atraído la atención de las personas, incluida la nitrificación y desnitrificación, que es la oxidación del NH_4 para producir N_2O y N_2 , y puede ser un proceso importante en un ambiente aeróbico. La amonificación respiratoria, que reduce el NO_3 y el NO_2 a NH_4 , juega un papel clave en la retención de N en el ecosistema porque compite con la desnitrificación y la oxidación del NH_4 en un ambiente anaeróbico se denomina "oxidación anaeróbica del amoníaco", aunque en principio se limita a los humedales, también se ha encontrado en suelos de bosques templados.

b. Ciclo del fósforo.

El fósforo (P) es uno de los elementos más comunes de la tierra y forma parte de estructuras químicas indispensables para la vida, como la obtención de energía química para el funcionamiento celular (adenosin trifosfato; ATP), en la genética (ácidos nucleicos; ADN), o en la estructura de membranas celulares. El P no tiene una molécula

gaseosa y no existe en la atmósfera como el N y el carbono. En cambio, este elemento se encuentra en las moléculas de fosfato, que forman parte de los minerales de la corteza terrestre como la apatita o la fosforita, los cuales se han formado a lo largo de millones de años. Por lo tanto, el ciclo biogeoquímico del P representa un proceso que ocurre a escala geológica (Boschetti *et al.* 2004; Souza *et al.* 2018). En los sistemas naturales, hay una gran cantidad de fósforo reciclado internamente. Casi todo el P es absorbido por las plantas e incorporado en tejidos vegetales (los iones H_2PO_4 y HPO_4) y devuelto al ecosistema por los animales a través de las transformaciones químicas que ocurren durante la degradación. Los factores que influyen en el contenido de fósforo en el suelo son: El material originario: En suelos derivados de granito hay menos P orgánico que en los originados a partir de basalto o roca ígnea básica; pH: En suelos ácidos hay más P orgánico que fósforo inorgánico, esto es debido a que en los primeros disminuye la actividad de los microorganismos que favorecen la mineralización del fósforo; textura: La cantidad de P en suelos con textura fina (arcillosos) es elevada. La razón es que el fósforo orgánico es retenido por las arcillas, protegiéndolo del proceso de mineralización. (Tang 1986; Boschetti *et al.* 2004; Zhou *et al.* 2017). El fósforo en el suelo tiene peculiaridades bien marcadas siendo este altamente reactivo, interacciona con diferentes elementos acorde al pH formando compuestos de menor solubilidad (fosfato de aluminio y fosfato de hierro) lo que dificulta su aprovechamiento por las plantas, presentan un problema de transporte a nivel del suelo, los iones H_2PO_4 y HPO_4 deben trasladarse desde el punto donde se incorporan a la solución del suelo hasta las raíces de las plantas, este movimiento es por difusión (poco móvil en el suelo), es posible que las raíces en crecimiento intercepten algo de fósforo y también alguna cantidad, pequeña, puede ser transportada a las raíces con el flujo del agua debido a la absorción de la misma por las plantas. Sin embargo, todos estos medios de transporte son muy lentos cuando las distancias son superiores a 5 o 10 mm o cuando el suelo esté seco (Boschetti *et al.* 2004; Zhou *et al.* 2017).

El ciclo biogeoquímico del P ha sido transformado principalmente por la extracción industrializada de minerales de P, el uso masivo de fertilizantes en la agricultura intensiva y la falta de reciclaje de residuos orgánicos. Al año se extraen aproximadamente 14 megatoneladas de P mineral, que se aplican en forma de fertilizantes y de las cuales el 75 por ciento se almacena en los suelos agrícolas o se pierde, ya sea por lixiviación o escorrentía. (Boschetti *et al.* 2004; Zhou *et al.* 2017).

2.2 INTRODUCCIÓN DE LEGUMINOSAS EN LA PRADERA NATIVA

2.2.1 Leguminosas promisorias.

Las leguminosas promisorias para el desarrollo de la humanidad se dividen en dos grandes grupos: Las de grano grande con semilla (p. Ej., guisantes, frijoles) y las de semillas pequeñas (p. Ej., trébol y alfalfa), estas últimas generalmente se siembran acompañadas con gramíneas y se utiliza como forraje para el ganado, estas leguminosas sirven como fuente de nitrógeno, en sistemas orgánicos, contribuyendo a la fertilidad del suelo y rompe la dependencia de nitrógeno mineral en el sistema productivo ecológico. Las leguminosas fijan nitrógeno debido a la simbiosis con los rizobios, siendo alrededor de 95 especies de bacterias del género *Rhizobium* que se sabe pueden formar simbiosis fijadoras de nitrógeno, estas bacterias habitan el sistema radicular de la planta en nódulos que inducen y proporcionan un entorno amigable (en ausencia de oxígeno) para que la nitrogenasa reduzca el dinitrato (N_2) atmosférico para producir amoníaco (NH_3), el cual es utilizable por la planta, se reporta fijaciones de nitrógeno entre 80 a 500 kg de N ha^{-1} . Así mismo Skerman *et al.* (1980); Roberts *et al.* (2017) mencionan que no todas las especies de *Rhizobium* pueden formar nexos simbióticos con todas las leguminosas, existiendo grados de especificidad.

Para el éxito del establecimiento, crecimiento y desarrollo de las leguminosas, es necesario tener pleno conocimiento de algunos factores que intervienen, tales como 1) Identificar leguminosas que pueden tolerar características típicas del suelo (pH, textura y estructura, balance hídrico, la cobertura del suelo, etc.); 2) La economía de cultivar y utilizar leguminosas en comparación con otros forrajes; 3) Identificar leguminosas que tengan alta producción en calidad y cantidad en condiciones de poca lluvia (alta resiliencia y resistencia a la perturbación), así como también comprender el papel del *Rhizobium* en todo el proceso de simbiosis. El conocimiento de estos factores es útil al asesorar a los productores sobre la idoneidad de un cultivo de leguminosas determinando para su sitio de cultivo, y es vital si se van a producir inóculos exitosos que permitan que las especies de leguminosas no nativas se cultiven con éxito en diferentes ecosistemas (Mantilla *et al.* 2009; Roberts *et al.* 2017).

2.2.2 Métodos de introducción.

Para la instalación de especies exóticas de alta productividad debe garantizar un buen establecimiento, el cual requiere de un número mínimo de plantas que hagan posible una tasa de crecimiento adecuada del cultivo y lograr buenos rendimientos forrajeros, las densidades de siembra en leguminosas van desde los 2 a 24 kg/ha, teniendo en consideración algunos factores como latencia, forma de siembra si va como monocultivo o mixto. En experimentos realizados en Sudamérica en implantación de mezclas perennes de larga duración, en las cuales incluyen al trébol blanco en combinación con gramíneas (*Dactylis glomerata*, *Festuca Arundinacea*, entre otras), las densidades de siembra van de 0.5 a 3 kg ha⁻¹, en donde se reporta mayor número de plantas en densidades más altas, así mismo hay un incremento del número de plantas con el tiempo en todas las densidades debido al tipo de crecimiento (Vaquera *et al.* 2018).

Lima *et al.* (2020) realizaron estudios en la Región Pasco, localidad de Ayaracra, reportando valores positivos de cobertura vegetal, entre otras variables respuesta. Las densidades de siembra a razón de 20 semillas por golpe (hoyos), lo que aproximadamente representa 0.223 kg/ha y 0.564 kg/ha para los tratamientos en distanciamiento entre golpes de 1.0 y 0.5 m. respectivamente. El fosfato diamónico (18 por ciento de N, 46 por ciento de P₂O₄) fue utilizado como fuente de fertilizante fosfatado. Boschi *et al.* (2016) en estudios realizados en el campo experimental del Instituto Nacional de Semillas en Barros Blancos, Uruguay, en el que reportan valores del comportamiento germinativo para trébol blanco 93.6 por ciento, trébol rojo 92.1 por ciento y para alfalfa de 91.9 por ciento. Respuestas favorables en el comportamiento germinativo, también fueron reportados por Vallejos *et al.* (2021) en estudios realizados en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca, Perú, en tres pisos altitudinales, valores de comportamiento germinativo observados en *Trifolium repens*, variedad Huía, Legacy, Ladino y Weka correspondieron a 81, 89, 58 y 70 por ciento respectivamente, mientras que para el *Trifolium pratense*, variedad Tuscan, Americano y Relish valores de 98, 68 y 90 por ciento respectivamente. Boschi *et al.* (2016) con valores de sobrevivencia acumulada a los 104 días de la siembra para trébol blanco 63 por ciento, trébol rojo 63 por ciento, *Lotus carniolatus* 56 por ciento y para alfalfa 69 por ciento.

Del Pino *et al.* (2016); Lima (2016); Chapman *et al.* (2017) indicaron que la fertilización con fósforo habría mejorado la disponibilidad de este elemento en el suelo. La forma

principal de absorción de fósforo por parte de las plantas es el $(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$, para posteriormente ser utilizado en todos los procesos que requieran transferencia de energía como el crecimiento radicular, la fotosíntesis, transferencia genética, transporte de nutrientes entre otros.

Las leguminosas requieren grandes cantidades de fósforo para un crecimiento óptimo. A su vez, este elemento afecta la formación de nódulos al estimular el crecimiento de las raíces de las plantas, aumentando el número y el peso de los nódulos y afectando así la fijación simbiótica del nitrógeno. Si bien la penetración de *Rhizobium* es posible a bajos niveles de fósforo, pero las infecciones subsiguientes no ocurrirán bajo estas condiciones (Jaurixje *et al.* 2013).

2.2.3 Manejo de asociación pradera nativa con trébol blanco.

En el Perú los pastos naturales se encuentran principalmente en manos de las comunidades campesinas y son pobremente manejados. Trabajos ejecutados por Zarria & Flores (2015) sobre la realidad y limitaciones de los ecosistemas altoandinos reportan variaciones de la condición ecológica de los pastizales según el sistema de manejo de pastizales. Por una parte, tenemos a las empresas comunales, quienes poseen las capacidades para poder llevar un manejo eficiente de sus recursos, lo cual se traduce en mejores ingresos. Además, la familia comunal, la cual no desarrolla las mismas capacidades que la empresa comunal, obteniendo un manejo poco sostenible de sus recursos, traduciéndose en una condición de menor calidad.

La producción primaria de praderas puras o mixtas está sujeta a factores limitantes, como la deficiencia de nitrógeno y fósforo, fluctuaciones extremas de temperatura y humedad del suelo (Jaurena *et al.* 2016; Trillo *et al.* 2020). La composición florística de los pajonales está dominada por gramíneas, cuyo valor nutricional desciende rápidamente por debajo de niveles considerados críticos para la producción animal con el avance de la madurez, como es el caso de la *Festuca dolichophylla* con valores de proteína 2.4 a 4.8 por ciento en estado maduro (Cebra *et al.* 2014; Yaranga *et al.* 2019) y el advenimiento de la estación seca (Flores 1992). La introducción de leguminosas exóticas como el trébol blanco ha sido considerada como una estrategia efectiva para mejorar la calidad del forraje, el estatus nutricional del suelo (Chapman 2017; Argote *et al.* 2013) y producción

primaria (Lima 2016; González *et al.* 2017). La implementación de esta estrategia no está libre de limitaciones, así los niveles de nitrógeno, fósforo y azufre son bajos (Wilcox, 1984; Zarria & Flores 2015) y los riesgos relativos al potencial desplazamiento de las especies nativas por especies exóticas está siempre presente con las consecuencias ecológicas que esto implica, pérdida de la biodiversidad y estabilidad del sistema ecológico (Jaurena *et al.* 2016).

La introducción de leguminosas en praderas naturales tiene como fin incrementar el valor nutritivo de la oferta forrajera en la alimentación animal y la fijación de nitrógeno al suelo, mediante la simbiosis con bacterias *Rhizobium*, pero esta introducción no debe generar perturbaciones significativas en la integridad biótica, en la función hidrológica ni en la estabilidad del sistema de las praderas naturales. El manejo agronómico debe reducir el potencial desplazamiento de las especies naturales frente al comportamiento agresivo que tienen algunas leguminosas, como es el caso del trébol blanco crecimiento rastrero (estolones) que ha demostrado tener una alta capacidad adaptativa a clima y suelo predominante en el ecosistema de puna (Jaurena *et al.* 2016).

El sobrepastoreo ha sido señalado como una de las principales fuerzas que afectan los ecosistemas altoandinos, como también la degradación de tierras, cambio de uso del suelo y el cambio climático, trayendo como consecuencia alteraciones en la cobertura vegetal, productividad, capacidad de carga animal en los pastizales, pérdida de la calidad y nutrientes del suelo debido a la erosión, impactando de forma negativa sobre la biodiversidad del ecosistema y el ciclo de vida de las plantas (Argote *et al.* 2013; Flores 2016).

2.3 EFECTO DEL ABONAMIENTO EN EL ESTABLECIMIENTO DE LEGUMINOSAS

2.3.1 Fertilidad del suelo.

La disponibilidad de nutrientes del suelo es el porcentaje de nutrientes accesibles a las raíces de las plantas, lo que implica definir el estado físico y químico del nutriente en el suelo, así como la relación raíz-planta que influyen en el metabolismo vegetal. Sin embargo, es importante conocer la disponibilidad de nutrientes y los factores que

contribuyen a su causalidad; tales como: (a) Intercepción e intercambio de contacto; un tema importante al hablar de la disponibilidad de nutrientes es si los nutrientes necesitan ser transportados a las raíces de las plantas o si quedan en contacto con las raíces a medida que estas descienden en el suelo, este último se denomina intercepción radicular; (b) Flujo en masa o difusión; los nutrientes en el suelo pueden transportarse por dos mecanismos diferentes: El flujo en masa ocurre cuando los solutos son transportados por el flujo convectivo del agua del suelo hacia las raíces de la planta. La difusión ocurre cuando los iones son transportados desde un punto de alta concentración a un punto de baja concentración por transferencia de calor. Los nutrientes que las raíces de las plantas absorben rápidamente, como el NH_4^+ , K^+ y el anión fosfato, y que normalmente están presentes en bajas concentraciones en las soluciones del suelo, se transportan a las raíces principalmente por difusión. Este transporte de difusión limita el cubrir eficientemente los requerimientos de especies vegetales de alta productividad a esto se le suma que los suelos de pastizales son pobres en nitrógeno, fósforo y azufre; (c) La intensidad y cantidad, el factor intensidad que refleja la fuerza de la retención del nutriente en el suelo y el factor cantidad, que representa la cantidad de nutriente disponible. La extensión de este proceso no solo depende del nutriente en particular; las condiciones del suelo, tales como la temperatura, la aireación, el nivel de humedad y el pH son también importantes; (d) Descomposición de la materia orgánica y meteorización del material parental, estos procesos también son importantes para poder suministrar nutrientes para el crecimiento y desarrollo de la planta (Wilcox 1984; Boschetti *et al.* 2004; Jaurixje *et al.* 2013).

El pH del suelo interviene en la forma de presentación del elemento, como lo reporta Rajan *et al.* (1991) al someter la roca fosfórica de Bayovar – Perú a compuestos ácidos como el citrato de amonio neutro, ácido cítrico al 2 por ciento y ácido fórmico al 2 por ciento, encontrando valores de 2.3, 6.6 y 9.8 (P soluble, por ciento de la roca) lo que había estimulado una rápida incorporación de este elemento en el metabolismo de nutrientes, transporte y almacenamiento de energía (ATP). Las parcelas que no recibieron fósforo habrían absorbido menores cantidades de este elemento, por lo que el establecimiento habría sido menor (Boschetti *et al.* 2004; Oliveira 2012).

2.3.2 Composición y rendimiento.

En general, los pastizales son la fuente más barata de nutrientes para los rumiantes y, por lo tanto, deberían ser la parte más importante de la alimentación en varios sistemas de producción, el aporte de forraje de la pradera es principalmente en forma directa a través del pastoreo. En los sistemas de pastoreo de aguas pluviales a gran escala, los pastizales combinados con arbustos son el primer eslabón de la cadena productiva. Los pastizales andinos de altura están formados por un gran grupo 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 (Zarria & Flores 2015). Entre algunas especies representativas de gramíneas en pastizales se tiene *Festuca dolichophylla*, se reporta que en estado de media floración y maduras tiene valores de proteína cruda de 8.3 - 4.8 por ciento respectivamente, como también valores de energía metabolizable 1.74 – 1.82 Mkal kg⁻¹, fibra 41.3 y 44.3 por ciento, adicionalmente reporta valor de calcio y fósforo de 0.5 y 0.06 por ciento en el estadio de maduras. Así mismo, menciona otras gramíneas como *Festuca Orthophylla*, *Festuca rígida* y *Stipa spp*, con valores de proteína cruda entre 3.1 y 10.3 por ciento, energía metabolizable entre 1.63 y 1.83 Mkal kg⁻¹, fibra entre 35.4 y 70.4 por ciento, calcio 0.20 y 0.5 por ciento y fósforo entre 0.05 y 0.09 por ciento (Cebra *et al.* 2014). Entre algunas especies representativas de leguminosas en pastizales se tiene *Trifolium amabile*, el cual es una leguminosa nativa perenne cuya presencia ha sido reportada desde los 2 000 a 4 000 m.s.n.m, resistente a factores climáticos adversos como sequias, bajas temperaturas y sobre todo por su alto valor forrajero, teniendo valores nutricionales en estado fenológico de prefloración 3.94±0.12 por ciento de EE, 29.81±0.83 por ciento de FDN, 19.83±2.04 por ciento de PT, 33.48±3.53 por ciento de CNF, 12.94±1.47 por ciento de CT y 4.285±0.125 Kcal/g de EB, adicionalmente mencionan que la presencia de *Trifolium amabile* en ecosistemas altoandinos se encuentra entre el 5 al 8.3 por ciento de la composición florística, asumiendo que este bajo porcentaje no le quita la importancia desde el punto de vista de aporte de proteína y su función ecológica dentro del ecosistema pastizal (Argote *et al.* 2013). Así también, en la clasificación de especies potenciales para la producción de forraje en la zona altoandina de Perú, realizada por Mamani *et al.* (2013), en la estación CANAAN del INIA Ayacucho, mencionan que *Trifolium amabile* es una especie muy palatable para alpacas y ovinos y poco deseables para llamas, teniendo un valor nutritivo de 15 por ciento de proteína y 20 por ciento de fibra cruda en estado de botones florales.

Vallejos *et al.* (2021) indica que en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca, Perú, en tres pisos altitudinales, reportan valores promedio, para el piso altitudinal I (2 300–2 800 m.s.n.m) de 12 340.6 de kg MS ha⁻¹ año⁻¹, piso altitudinal II (2 801–3 300 m.s.n.m) de 7 808.4 de kg MS ha⁻¹ año⁻¹ y piso altitudinal III (3 301 – 3 800 m.s.n.m) de 3 923.4 de kg MS ha⁻¹ año⁻¹, al mismo tiempo reportaron contenidos de materia seca en *Trifolium repens*, variedad Huia, Legacy, Ladino y Weka de 7 043.6, 6 593.6, 7 322.9 y 6 366.8 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente, mientras que para el *Trifolium pratense*, variedad Tuscan, Americano y Relish valores de 11 235.7, 8 986.1 y 8 620.1 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente. Adicionalmente reporta valores promedio de proteína de *Trifolium repens*: Huia, Weka, Legacy y Ladino con 23.77, 23.56, 23.33 y 23.06 por ciento de proteína, en *Trifolium pratense* de tres variedades: Tuscan, americano y relish con 21.79, 21.59 y 19.75 por ciento de proteína. Por otra parte Crespo (1975) en la estación de Mejora de Plantas de Elvas situada a 38° 53' N y 7° 9' O – Portugal, en donde se evaluó influencia de los fertilizantes nitrogenados y de las leguminosas sobre la producción de materia seca y proteína bruta de pastos en regadío bajo condiciones mediterráneas en donde reportan valores de proteína bruta para trébol blanco de 20.6, 20.9, 21.4 y 21.4 por ciento, para los tratamientos de fertilización de nitrógeno de 0, 160, 320, 640 (kg ha⁻¹), adicionalmente podemos mencionar el porcentaje de proteína de alfalfa (*Medicago sativa*) de 20.6 como promedio con los mismos tratamientos de fertilizante nitrogenado mencionado líneas arriba. Así Gylfadóttir *et al.* (2007) realizaron un experimento en la estación experimental Korpa en Islandia (64 ° 04 ' N, 21 ° 58 ' W, 30 m.s.n.m) en el verano de 2003, en donde evaluaron la consecuencias de la inclusión del trébol blanco adaptado en los pastizales del norte de Europa: transferencia y deposición de nitrógeno, reportando valores de nitrógeno en hojas y estolones de 4.9 y 2.1 por ciento respectivamente, realizando la conversión a proteína bruta (nitrógeno x 6.25 - factor de conversión) tendríamos 30 por ciento de proteína en hojas y 13.25 por ciento de proteína en estolones.

Chapman *et al.* (2017) reportan valores de contenido de materia seca en estudios realizados en un terreno de colina de pendiente moderada en la estación de investigación Ballantrae Hill Country, a 20 km al NE de Palmerston North, en la parte baja de la Isla Norte de Nueva Zelanda, en donde reporta valores de kg de MS ha⁻¹ año⁻¹ en la variedad de trébol blanco Huía de 231, 1274, 1193 y 1180 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, estos valores corresponde al tratamiento control (cero de P) y a los tratamientos Pcit 8.5, Pcit 22.5 y

Pc 26.5 respectivamente. Adicionalmente reporta valores de kg N ha⁻¹ año⁻¹ en la variedad de trébol blanco Huía de 19.05, 47.5, 43.3 y 64.45 kg N ha⁻¹ año⁻¹. Lima (2016) realizó el estudio a 4200 m.s.n.m en la Región Pasco, reportando valores de nitrógeno en suelos de 0.63 por ciento, sin fertilización fosforada y de 0.67 por ciento con fertilización fosforada (80 kg. ha⁻¹ de fosfato diamónico).

Lima *et al.* (2020) indicaron que en un estudio realizado a 4200 m.s.n.m en la Región Pasco, reportan valores de expansión foliar de 54.30 cm² de trébol blanco, sin fertilización fosforada y de 99.00 cm² con fertilización fosforada (80 kg. ha⁻¹ de fosfato diamónico), altura de planta de 3.90 y 6.30 cm sin fertilización y con fertilización fosforada respectivamente. Adicionalmente reporta valores de nitrógeno en tallos de *Festuca dolichophylla* de 0.98 y 1.05 por ciento sin fertilización y con fertilización fosforada y en hojas de 1.40 y 1.70 por ciento sin fertilización y con fertilización fosforada.

Los requerimientos nutricionales de los ovinos constituyen los valores suficientes para cubrir la manutención, producción óptima y prevención de síntomas carenciales. Los requerimientos nutricionales de las ovejas incluyen la energía, proteína, minerales y vitaminas. En general, los requerimientos nutricionales dependen del tamaño del animal, de la edad, el estado fisiológico, el nivel de producción y las condiciones climáticas. Como, por ejemplo, el requerimiento de proteína de 134 a 176 gramos por día en borregas en el último tercio de gestación (Cebra *et al.* 2014; Martins *et al.* 2021). Las proteínas son polímeros complejos de aminoácidos o polipéptidos que están en las células participando en las reacciones químicas del organismo. La proteína en el animal se encuentra bajo diversas formas: músculo, tejido conectivo, colágeno, piel, plumas, lana, pelo, picos, uñas, cascos, etc., las albúminas y globulinas de la sangre son proteínas que ayudan a mantener la homeostasis, regular la presión osmótica y actúan como reservas para el suministro de aminoácidos. La proteína, cuya importancia nutricional, es el constituyente principal del organismo y, considerando que el animal es de 60 a 70 por ciento proteínas (en base seca), es esencial, se le suministre la proteína de manera liberal y continua, a través del alimento y por toda la vida. El animal no sintetiza proteínas a partir de materiales simples como lo hace la planta, por lo que depende para su vida de las proteínas presentes en la dieta (Cebra *et al.* 2014; Sauvant 2019).

2.3.3 Nutrición y alimentación animal.

La ciencia de los pastizales nos proporciona estrategias para lograr altos rendimientos de forraje en praderas puras o mixtas, con la finalidad de lograr cubrir los requerimientos nutricionales de las diferentes especies animales (rumiantes) en sus diferentes estadios fisiológico tales como gestación, lactación, entre otros. La combinación de leguminosa y gramíneas es una tecnología utilizada para tal fin, ya que las leguminosas proporcionan proteína y las gramíneas energía. Las especies de leguminosas templadas agrícolas importantes incluyen alfalfa (*Medicago sativa*), soja (*Glycine max*), maní (*Arachis sp.*), Trébol (*Trifolium sp.*), Trébol dulce (*Melilotus sp.*), entre otros. Los tréboles están representados por muchas especies, incluyendo rojo, blanco, similar, subterráneo, flecha, bola, berseem y carmesí, los cuales son combinados frecuentemente con gramíneas como: *Rye Gras Ingles*, *Rye Grass Italiano*, *Dactylis glomerata*, *Festuca Arundinacea* (Genaro *et al.* 2016; González *et al.* 2016).

Las fluctuaciones estacionales provocan variaciones muy significativas en la cantidad y calidad de los pastizales que subyace en la dieta de los herbívoros, cambiando el suministro de nutrientes que están estrechamente relacionados al sistema de pastoreo. El equilibrio entre los requerimientos del ganado y los del ecosistema del pastizal debe estar en armonía. San Martin *et al.* (1987) evaluó la composición botánica en alpacas, ovinos y llamas, indicaron que en época de lluvia encontraron incrementos en el consumo y excreción fecal en alpacas en pastizales dominado por *Festuca dolicophylla*; debido aparentemente a una mayor selección de herbáceas durante este periodo (49 por ciento) comparado al de llama (7 por ciento) y ovinos (13 por ciento). Wilson & Minson (1980) indicaron que las herbáceas son más digestibles, el tránsito por las cavidades del sistema digestivo es más rápido, permaneciendo por menor tiempo, la densidad del contenido en el tracto digestivo incrementa, factores que permitirían al animal acomodar una mayor cantidad de digesta.

La selectividad es "*Un proceso dinámico, multifactorial, que integra los requerimientos animales y sus capacidades metabólicas, con un vasto conjunto de plantas con diferentes configuraciones químicas y espaciales que determinan distintos valores absolutos y relativos de los diferentes componentes de la dieta*" (Robbins *et al.* 1987). Debido a que los animales consumen una variedad de plantas, la dieta final es una mezcla que satisface las necesidades nutricionales de los animales (Launchbaugh *et al.* 1993). Para lograr esto,

los animales distinguen diferentes especies de plantas y partes de la planta con diferentes valores nutricionales. Este comportamiento es difícil de entender debido a la variedad de factores que afectan la selectividad alimenticia. Los herbívoros no comen todas las especies de pastos que oferta el pastizal, sino que eligen una parte particular de la planta, así como un sitio de alimentación. Esto refleja el concepto de selectividad diferente. Las estimaciones de selectividad se realizan a diferentes niveles o escalas para determinar qué animales comen de lo que es consumible (Wilson & Minson 1980).

San Martín (1987), señala que los índices de similaridad de la dieta de alpaca y ovino tanto en época seca y lluviosa, en praderas dominadas por *Festuca dolichophylla*, son altos con valores de 83 y 61 por ciento. Así mismo, en pradera cultivada el índice de similaridad fue alto (76 y 74 por ciento) en la estación seca y lluviosa respectivamente. Estos indicadores altamente variables de similitud de especies en pastizales nativos se deben a la capacidad de la alpaca para alterar las preferencias de especies de plantas en función de la disponibilidad de pastizales. También está el hecho de que la alpaca y la oveja eligen su especie de acuerdo con sus gustos, incluso cuando no están fácilmente disponibles.

Estudios realizados por San Martín (1987) muestra que los ovinos consumieron 24 por ciento de gramíneas altas, 43 por ciento de gramíneas cortas, lo cual hace un total de consumo de gramíneas de 61 por ciento y el consumo de herbáceas y plantas parecidas a gramíneas es de 39 por ciento, esto en el periodo seco, mientras que en el periodo de lluvias consumieron 20 por ciento de gramíneas altas, 66 por ciento de gramíneas cortas, lo cual hace un total de consumo de gramíneas de 86 por ciento y el consumo de herbáceas y plantas parecidas a gramíneas es de 14 por ciento.

Las ovejas y los herbívoros tienen mucha información que muestra que tienen diferentes preferencias de consumo para ciertas especies y partes de plantas. Breymeyer & Dyne (1980) realizaron una revisión exhaustiva de la composición de alimentos seleccionados por ovinos y bovinos. La dieta promedio de las ovejas consistió en 30 por ciento de hierbas de hoja ancha y 20 por ciento de arbustos, y la dieta de vacunos incluyó 14.6 por ciento y 13.5 por ciento de hierbas de hoja anchas y arbustos respectivamente, constituyendo las gramíneas en promedio 50.0 y 71.5 por ciento de la dieta de ovinos y vacunos, respectivamente.

Se ha estudiado la capacidad de entrada de varias especies de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) asociadas a *Festuca arundinacea* Schreb, y a la presencia de glucósidos cianógenos en las hojas afecta la aceptación por parte de los ovinos. De 1982 a 1984 se utilizaron un total de cinco variedades de los tipos Enano, Hollandicum y Ladino, plantadas bajo riego en tres zonas del curso medio del río Ebro. Los resultados obtenidos son que, Ladino es el más potente y no se recomienda su uso en combinación. La presencia de glucósidos cianogénicos no fomenta necesariamente que las ovejas rechacen la asociación, por lo que se deben investigar otros factores, como el tipo de alimentación y el manejo del pasto (Enguita 1985).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR Y UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en un pastizal de condición regular, dominado por *Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis vicunarium*, en la Comunidad de CACHIMAYO, ubicada en el distrito de Ascensión, provincia de Huancavelica, región de Huancavelica, Perú (12°50' 44.0" S 75°07'41.7" W) a una altitud de 4 100 – 4 500 m.s.n.m, clasificada como pajonal altimontano húmedo (MINAM 2019). La temperatura media anual mínima de -3°C y máxima de 12 °C, precipitación anual mínima promedio de 650 y 700 mm y máxima de 1 150 y 1 200 mm para los años de estudio 2018 y 2019 respectivamente. (SENAMHI 2020).

3.2 ÁREA EXPERIMENTAL DE ESTUDIO

El área experimental ocupó una superficie de 01 ha en la cual se instalaron dos áreas experimentales de 600 m² y de 720 m² para el experimento 1 y el experimento 2 respectivamente. La textura del suelo es franco arcilloso, ligeramente ácido (pH 5.16) con 14.65 por ciento de materia orgánica en los primeros horizontes del suelo, P 12.8 ppm, K 227 ppm, S 20.79 ppm y CIC 38.40.

La especie introducida fue trébol blanco (*Trifolium repens*), variedad Huía (Tabla 1) con un distanciamiento entre golpe de 0.5 m recomendado por Lima *et al.* (2020), previo a la siembra las semillas fueron inoculadas con la bacteria *Rhizobium leguminosarum*, procedente del Cepario del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Huamanga de Ayacucho (Tabla 2) y la fertilización fue con roca fosfatada Bayóvar al momento de la siembra. Tiene como fórmula química [Ca₅ (PO₄, CO₃)₃F], pH de 7 a 8, una humedad de 08 – 10 por ciento,

densidad de 1.49 Tm/m, color marrón – verduzco variable, elementos principales tiene al fósforo (P₂O₅) entre 18.00 – 22.00 por ciento, soluble en ácido cítrico o citrato de amonio, calcio (C_aO) entre 26.00 – 30.00 por ciento y micronutrientes como fierro (Fe₂ O₃) 1.00 – 3.30 g /100 g, magnesio (MgO) 1.00 – 2.40 g/100g, zinc (Zn) 120.00 – 780.00 mg/kg y cobre (Cu) 22.00 – 58.00 mg/kg.

Tabla 1. Información técnica de la semilla botánica de trébol blanco variedad Huía.

Especie y variedad	Trébol blanco Huía
Lote: WC1720	Fecha de análisis: sep-17
Clase: no certificada	Productor: PGG wrightson Seed
Germinación: 85 por ciento mínimo	Pureza física: 99 por ciento mínimo
Pureza varietal: 99 por ciento mínimo	Materia inerte: 1 por ciento máximo
Peso neto: 3 kg	Humedad: 8.20 por ciento
Origen: Nueva Zelanda	Tratamiento: sin tratar

Tabla 2. Proporciones de inoculante y otros insumos para la inoculación y peletizado de semillas pequeñas.

Proporciones de Inoculación en Pellets					
Tamaño de las semillas	Inoculante (g)	Solución adhesiva		Peso de semillas (Kg)	CO ₃ Ca (kg)
		Goma (g)	Agua (ml)		
Semillas pequeñas	27	48.6	119	1 620	1.1

Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Huamanga de Ayacucho.

3.3 IMPLEMENTACIÓN DE EXPERIMENTOS

El estudio contempló la realización de dos experimentos de campo, el primero orientado a evaluar la respuesta del trébol blanco a la fertilización y densidad de siembra y el segundo a evaluar el rendimiento de la asociación gramínea leguminosa con y sin roca

fosfatada y la similaridad entre la composición de la dieta de ovinos y de la asociación trébol pradera nativa en condiciones de pastoreo.

3.4 EXPERIMENTO 1 – EFECTO DE LA DENSIDAD Y DOSIS DE ROCA FOSFATADA EN EL COMPORTAMIENTO DEL TRÉBOL BLANCO INTRODUCIDO EN LA PRADERA NATIVA.

3.4.1 Objetivos específicos.

- Estimar el efecto de la densidad de siembra de trébol blanco y la fertilidad fosfatada, sobre la respuesta agronómica y la composición de la parte aérea y radicular del trébol blanco.
- Evaluar el efecto de las interacciones en la composición botánica y la persistencia del trébol blanco en la pradera nativa a lo largo de dos años de experimentación.

3.4.2 Preparación del área experimental.

El experimento abarcó una superficie de 600 m² en el que se ubicaron 03 bloques que incluyeron a los 6 tratamientos, los cuales se instalaron en áreas de 4 m x 5 m. Al interior de las parcelas correspondientes a los tratamientos se tendieron líneas cada 0.5 metros formando cuadrículas al interior de las cuales se prepararon un total de 99 hoyos (definido como un área de 10 cm de diámetro y 10 cm de profundidad) totalizando 1782 hoyos en 6 tratamientos y 3 repeticiones. Cabe mencionar que entre tratamientos se tuvo pasillos de 1 metro de ancho con la finalidad de reducir al mínimo el potencial del efecto de borde y facilitar el desplazamiento de los operarios sin deteriorar las parcelas.

3.4.3 Tratamientos.

Los tratamientos resultaron de la combinación factorial de dos factores (Tabla 3), (a) densidad de siembra (20 y 40 semillas por hoyo) y (b) Fertilización fosfatada (0, 15 y 30 gramos por hoyo), dando lugar a seis tratamientos. Las densidades de siembra de 20

semillas (0.564 kg/ha) y 40 semillas (1.128 kg/ha). Los niveles de fertilización fueron calculados a partir del análisis físico químico de muestras de suelo tomadas a profundidades de 0 a 15 cm y de 15 a 30 cm resultando en una dosis de 200 y 400 kg ha⁻¹, equivalentes a 15 y 30 gramos de roca fosfatada por hoyo, lo que representa 3 a 6 gramos de fósforo (P₂O₅) por golpe en abonamiento de fondo.

Tabla 3. Factores y niveles del factor del experimento 1.

Densidad de siembra (semillas/hoyo)	20			40		
Nivel de roca fosfatada (gramos/hoyo)	0	15	30	0	15	30
Tratamientos	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6

3.4.4 Instalación.

La roca fosfatada previamente pesada fue distribuida en los tratamientos correspondientes sobre cada hoyo con la tierra bien mullida y húmeda (Figura 1 y Figura 2). Una vez aplicado el fertilizante se procedió a la siembra del trébol blanco por la mañana (7 am – 10 am), con la finalidad de evitar la exposición severa a los rayos solares, los cuales tienen efectos negativos sobre el inoculante.



Figura 1. Distribución de semilla de trébol blanco y roca fosfatada.



Figura 2. Densidad de siembra de 40 semillas de trébol blanco y 30 gramos de roca fosfatada por hoyo.

3.4.5 Parámetros evaluados.

Los parámetros fueron evaluados durante un periodo mayor de 2 años, el estudio se inició el 17 de noviembre del 2017 y finalizó el 20 enero del 2020.

a. Temperatura y humedad del suelo.

El monitoreo de la temperatura del suelo se realizó con una frecuencia de dos meses para lo que se utilizó un geotermómetro de esfera, las mediciones se realizaron a 15 y 30 cm de profundidad. Para lograr mediciones confiables se esperaba 3 minutos luego de introducir el termómetro en la profundidad deseada para alcanzar una temperatura estable (Figura 3).

Las mediciones del contenido volumétrico de agua del suelo se usaron un TDR (Time Domain Reflectometry) 300 FIELDSCOUT, previamente calibrado. Las mediciones se realizaron a 12 y 20 cm de profundidad con una frecuencia de dos meses (Figura 4). Las mediciones de temperatura y del contenido volumétrico de agua se hicieron entre las 9 a 11 horas del día.



Figura 3. Registro de temperatura del suelo a 15 y 30 cm de profundidad.



Figura 4. Registro del contenido volumétrico de agua del suelo a 12 y 20 cm de profundidad, con el equipo TDR 300 FIELDSCOUT.

b. Dinámica de la población.

La dinámica de la población fue evaluada a través del porcentaje de emergencia, porcentaje de supervivencia y cobertura del trébol.

- Porcentaje de emergencia.

El cual expresa la proporción de plántulas emergidas, con respecto al total de semillas, las evaluaciones se realizaron a los 46 días.

- Porcentaje de supervivencia.

El cual expresa la proporción de plántulas emergidas y vivas, con respecto al total de semillas, las evaluaciones se realizaron a los 93 días.

- Cobertura vegetal del trébol blanco.

El monitoreo de la cobertura del trébol se realizó por un periodo de más de dos años, este parámetro fue estimado mediante el área foliar en términos de porcentaje que ocupa la proyección horizontal del grupo de plantas de trébol blanco en relación con la unidad de superficie total de la unidad experimental (20 m²). Se procedió a medir la cobertura relativa debido a la complejidad de la distribución de su población y la dificultad de su registro en forma individual. Las evaluaciones se realizaron en periodos secos y lluviosos. Se calculó el área foliar en m² utilizando la Fórmula 1 del área (MINAM, 2015) expresada como.

$$AF = \pi (DP/2)^2$$

Donde:

AF = Área foliar de trébol blanco.

DP = Diámetro promedio de la expansión foliar del trébol blanco.

$\pi = 3.1416$.

c. Rendimiento y composición química del trébol blanco.

El rendimiento y composición química del trébol blanco fue evaluado a través de las siguientes variables respuesta: rendimiento de materia seca de la parte aérea y radicular del trébol blanco, contenido de nitrógeno y fósforo de la parte aérea del trébol blanco y contenido de nitrógeno y fósforo de la parte radicular del trébol blanco.

Para estimar el contenido de nitrógeno (por ciento), fósforo (por ciento) y rendimiento de materia seca (kg ha^{-1}) de la parte aérea y radicular del trébol blanco, las evaluaciones se realizaron en época de estiaje y lluvias durante más de dos años de monitoreo. Las muestras de trébol obtenidas se secaron en una estufa a una temperatura de 65 a 70 °C, por un periodo de 48 horas. La determinación del contenido de nitrógeno y fósforo se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

Para la obtención de las muestras de trébol se seleccionó dos plantas de cada unidad experimental, procediendo a retirar la planta con toda la raíz, de una superficie que involucra la parte aérea total y profundidad de 20 cm y se retiró la tierra cuidadosamente para posteriormente lavar la raíz.

d. Persistencia de la cobertura del trébol blanco.

Para la determinación de la persistencia de la cobertura (por ciento) se midió el área basal ocupada por la leguminosa con respecto al área de la unidad experimental, la cual fue de 20 m², las evaluaciones se realizaron en los periodos secos y lluviosos por un lapso de más de dos años. Se calculó el área en cm² utilizando la formula del área (MINAM 2015), expresada como:

$$AF = \pi (DP/2)^2$$

Donde:

AF = Área foliar de trébol blanco.

DP = Diámetro promedio de la expansión foliar del trébol blanco.

$\pi = 3.1416$.

e. Contenido de proteína cruda de la gramínea clave *Festuca dolichophylla*.

Para la determinación de la proteína cruda (por ciento) de la gramínea clave (*Festuca dolichophylla*) al final de dos años de investigación, se obtuvo una muestra de aproximado de 600 gramos de plantas de cada unidad experimental que estaban más cerca del trébol, cosechando la parte aérea más tierna de la gramínea clave, para determinar el contenido de nitrógeno (por ciento). Las muestras de trébol obtenidas se secaron en una estufa a una temperatura de 65 a 70 °C, por un periodo de 48 horas. La determinación del contenido de nitrógeno y fósforo se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

3.4.6 Análisis de datos.

El diseño experimental utilizado para el análisis estadístico fue un completo al azar con arreglo factorial 2 x 3, donde los factores fueron densidad de siembra y cantidad de fertilizante (roca fosfatada de Bayóvar). Los tratamientos fueron asignados al azar en parcelas de 20 m², cada tratamiento tuvo tres réplicas, haciendo un total de 18 parcelas distribuidas en un área de 600 m². Calles de un metro de ancho dividían las parcelas reduciendo al mínimo el potencial del efecto de borde. Todos los datos fueron evaluados previamente usando una prueba de Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad del conjunto de datos y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianza fueron utilizados para comprobar la idoneidad del modelo (Kuehl 2012). La prueba de Duncan fue utilizada para la evaluación de promedios ($P \leq 0.05$). Las pruebas estadísticas fueron procesadas utilizando el software SAS v.9.4 (SAS 2013).

$$Y_{ijk} = \mu + d_i + f_j + d^*f_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor observado para la k-ésima réplica del i-ésimo nivel del factor A y del j-ésimo nivel del factor B ($i=1, \dots, a$; $j = 1, \dots, b$; y $k = 1, \dots, r$).

μ = media general.

d_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (densidad de siembra).

f_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B (fertilización con roca fosfatada).

d^*f_{ij} = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor A y el j-ésimo nivel del factor B.

ϵ_{ijk} = Efecto aleatorio del error experimental.

3.5 EXPERIMENTO 2: RENDIMIENTO FORRAJERO Y SIMILARIDAD DE LA DIETA POR OVINOS PASTOREANDO EN LA ASOCIACIÓN TRÉBOL BLANCO - PRADERA NATIVA.

3.5.1 Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento de la asociación gramínea – leguminosa con y sin incorporación de roca fosfatada aplicada en golpes al trébol blanco.
- Estimar el grado de similitud entre la composición de la dieta de ovinos y de la asociación trébol pradera nativa en condiciones de pastoreo.

3.5.2 Preparación del área experimental.

El experimento, fue instalado en un área de 700 m² en el que se ubicaron los tratamientos. Los tratamientos ocuparon un área de 10 m x 10 m, al interior se tendieron líneas cada 0.5 metros formando cuadrículas, al interior de las cuales se realizaron un total de 441 hoyos por parcela, totalizando 1 764 hoyos en tres tratamientos y dos repeticiones. Los hoyos fueron de 10 cm de diámetro y una profundidad de 10 cm, se incluyeron pasillos de 1 metro de ancho entre los tratamientos con la finalidad de reducir el potencial efecto de borde y facilitar el desplazamiento de los operarios sin deteriorar las parcelas.

3.5.3 Tratamientos.

Se evaluaron tres tratamientos: pastos naturales, pastos naturales más la instrucción de semillas de trébol blanco (40 semillas/hoyo) y parcelas de pasto natural con la introducción de trébol blanco (40 semillas/hoyo) más la incorporación de 30 gramos de roca fosfatada/hoyo (Tabla 4). La dosis seleccionada fue de 40 semillas por hoyo y la cantidad de roca fosfórica fue de 30 gramos. El segundo y el tercer tratamiento fueron elegidos por presentar la mayor densidad de siembra como la mayor dosis de roca fosfatada en el primer experimento. Tengamos en cuenta que ambos experimentos se establecieron al mismo tiempo.

Tabla 4. Tratamientos involucrados en el experimento 2.

Tratamiento - I	Tratamiento - II	Tratamiento - III
Pastos Naturales	Pasto natural + 40 semillas de trébol /hoyo	Pasto natural + 40 semillas de trébol/hoyo + 400 kg roca fosfatada

3.5.4 Instalación.

En el área experimental previamente preparada con los hoyos requeridos se realizó la instalación de los tratamientos siguiendo las características requeridas. La instalación fue realizada en la mañana (7 am – 10 am) con la finalidad de evitar la exposición severa de los rayos solares los cuales tienen efectos negativos sobre el inoculante.

En el tratamiento III se procedió a la incorporación de la roca fosfatada (30 g) sobre la tierra mullida y húmeda. Una vez aplicado el fertilizante respectivo se procedió a la siembra del trébol blanco (40 semillas/ hoyo).

3.5.5 Parámetros evaluados.

La evaluación se realizó en época de lluvias a los 445 días de la introducción y fertilización de las parcelas (04/02/2019).

a. Rendimiento forrajero, composición química.

El muestreo para estimar el rendimiento de forraje en materia seca por hectárea se realizó al final del estudio en época de invierno (febrero 2019). Las muestras fueron tomadas al azar utilizando un cuadrante 1 m². Se obtuvieron dos muestras por unidad experimental por tratamiento, el forraje fue cortado al ras del suelo; se colocaron 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 a 70 °C por 48 horas (Saint Pierre *et al.* 2004).

b. Similaridad de la dieta.

La evaluación de la similaridad de la dieta se realizó con dos ovinos elegidos al azar de una población de 80 animales para luego proceder a la aplicación de la técnica de simulación manual en 25 estaciones alimentarias. Una estación alimentaria se define como el semicírculo en frente del animal dentro del cual cosecha el forraje cada vez que se detiene a comer (Flores 1993). La simulación manual del consumo de forraje se realizó con cuatro animales por cada tratamiento, que consiste en observar al animal e identificar las especies de pastizal que conforman la dieta, una vez identificadas se procede a simular manualmente la misma dieta en un área continua con las mismas características y dimensiones del pasto (Austin *et al.* 1983).

- Las muestras colectadas fueron secadas en estufa por 48 horas a 65°C y almacenadas en un lugar con condiciones adecuadas, para que no pierdan sus características anatómicas y morfológicas.
- Para la determinación de la composición botánica de la dieta en proporción gramínea – leguminosa, hoja – tallo y material verde – senescente y utilizando técnica de macroscopia de punto.
- La macroscopia de punto permite calcular la disimilaridad en la proporción gramínea – leguminosa, hoja – tallo y verde – senescente entre la muestra seleccionada vs cortada.

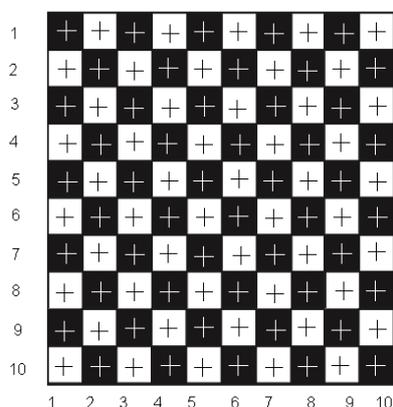


Figura 5. Tablero de macroscopía de punto.

3.5.6 Análisis de datos.

Para el rendimiento de biomasa total y contenido de proteína cruda, se realizó el análisis de datos con el diseño de bloques completos al azar (03 tratamientos), siendo el factor de bloqueo la pendiente del terreno donde se instaló el experimento. Los tres tratamientos fueron asignados al azar en parcelas de 100 m². Los bloques constituyeron las réplicas espaciales de los tratamientos. Todos los datos fueron evaluados previamente usando una prueba de Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad del conjunto de datos y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianza fueron utilizados para comprobar la idoneidad del modelo (Kuehl 2012). La prueba de Duncan fue utilizada para la evaluación de promedios ($P \leq 0.05$). Las pruebas estadísticas fueron procesadas utilizando el software SAS v.9.4 (SAS 2013).

$$Y_{ij} = \mu + B_i + t_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor observado para la k-ésima réplica del i-ésimo tratamiento.

μ = media general.

B_i = Efecto del i-ésimo bloque.

t_j = Efecto del j-ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental.

Para la similaridad de dieta y composición botánica se realizó a través del índice de Czekanowski, los valores del coeficiente van de 0 (disimilitud total) a 1 (similitud total), un valor de disimilitud se calcula restando el valor de similitud de distancia de 1 ó 100 por ciento.

Índice de Czekanowski.

$$Sc = \frac{2\sum_i^m \min(x, y)}{\sum_i^m x + \sum_i^m y}$$

Donde:

Sc= Coeficiente de Similaridad de Czekanowski.

X, Y = Abundancia de especies.

$\sum \min X, Y$ = La suma de las especies más bajas en proporción para ambos cuadrantes.

n= Número de especies.

Además: La proporción de la similaridad o disimilaridad entre la composición de la dieta y de la vegetación se halló con la siguiente formula:

$$D = 1 - Sc$$

Dónde:

Sc= Coeficiente de Similaridad de Czekanowski.

D = Coeficiente de disimilaridad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EXPERIMENTO 1: EFECTO DE LA DENSIDAD Y DOSIS DE ROCA FOSFATADA EN EL COMPORTAMIENTO DEL TRÉBOL BLANCO INTRODUCIDO EN LA PRADERA NATIVA.

4.1.1 Temperatura y humedad del suelo.

La temperatura y humedad del suelo son parámetros que influyen significativamente en el establecimiento, crecimientos y productividad de las plantas en el ecosistema. La temperatura del suelo en el área de estudio mostró características típicas de un clima semifrígido (MINAM 2019). La temperatura más baja se registró en agosto de 2018, final de la época seca (Figura 6), las temperaturas a 30 y 15 cm de profundidad fueron de 5,61 °C y 5,69 °C, respectivamente. La temperatura más alta se registró en noviembre de 2017 en época de lluvias, las temperaturas a profundidades de 30 y 15 cm fueron 11.40 °C y 14.31 °C respectivamente. El contenido volumétrico de agua (VWC) del suelo está influenciado por los regímenes de lluvias, relativamente fijos: época de lluvias (septiembre-abril) y un periodo de seca (mayo-agosto). Los valores registrados con mayor contenido volumétrico de agua en el suelo fue el mes de enero del 2019, con 68.6 y 64 por ciento VWC a 12 y 20 cm de profundidad respectivamente (Figura 6); mientras que los valores más bajos se registraron en los meses de septiembre del 2019 con 48.8 y 45.2 por ciento VWC a 12 y 20 cm de profundidad respectivamente.

Los valores de temperatura del suelo encontrados en la época de lluvias a 15 y 30 cm de profundidad están dentro de los valores mínimos (14 y 11 °C), que garantizan el inicio del proceso de mineralización de la materia, que ocurre usualmente cuando la temperatura alcanza 10 °C. Cabe indicar que el inicio de este proceso va relacionado con el crecimiento y desarrollo de la planta, siendo característico en este tipo de ecosistemas la baja tasa de descomposición de la materia orgánica, resultando en un alto grado de almacenamiento de materia orgánica y energía (Hunt *et al.* 2020; Ledo *et al.* 2020). La temperatura promedio reportada de 10.64 °C para la época de lluvias a 30 cm de

profundidad estarían facilitando una asociación simbiótica exitosa *Rhizobium* Leguminosa; temperaturas más bajas como 8 °C reducen en un 25 por ciento el desarrollo nodular y la fijación de nitrógeno en comparación con 15 y 22 °C (Fernández *et al.* 2002). Estudios en *Trifolium subterraneo*, reportan que temperaturas bajas (11 a 19 °C) reducen el proceso de infección de las raíces y a 7 °C se paraliza el proceso (Tang 1986; Paredes 2013; Hunt *et al.* 2020). Así mismo, los valores de temperatura del suelo encontrados en la época seca a 15 y 30 cm de profundidad, 6.65 y 6.36 °C están por debajo de los valores mínimos requeridos para el inicio del proceso de mineralización de la materia orgánica y es posible que el proceso simbiótico *Rhizobium* - Leguminosa se inhiba o reduzca seriamente, trayendo como consecuencia que la actividad específica de los nódulos se vea afectada negativamente (Hunt *et al.* 2020; Ledo *et al.* 2020).

La humedad es un factor que actúa sobre la población microbiana del suelo, en consecuencia, sobre el proceso de descomposición de la materia orgánica; altos contenidos de humedad afectan el proceso de respiración de los microorganismos y de las raíces, debido a que el aire (O₂ y CO₂) es desplazado por el agua, interfiriendo con el rol que desempeña el oxígeno en la generación de energía (ATP) para el crecimiento y desarrollo de las raíces y de la microbiota del suelo. Los valores de humedad registrados durante la estación lluviosa en el presente experimento estuvieron dentro del rango de 60 a 70 por ciento, considerado adecuado para la actividad de los microorganismos descomponedores, por lo que la acción del fósforo y del nitrógeno no habría estado limitada en el suelo. En contraste, durante la época seca el mínimo y máximo contenido volumétrico de agua en el suelo a 12 cm de profundidad fue de 48.5 y 61.1 por ciento respectivamente, mientras que a 20 cm de profundidad fue de 45.2 y 60.8 por ciento, estos valores están por debajo de los niveles óptimos (Fernández *et al.* 2002).

Bajos niveles de humedad afectan negativamente la fijación biológica de nitrógeno, disminuyendo la respiración y la actividad específica de los nódulos, así como también la actividad de la nitrogenasa, la glutamina sintetasa y el glutamato deshidrogenasa (Paredes 2013; Tang 1986; Patiño *et al.* 2018). Niveles bajos de humedad en la época seca tienen influencia significativa sobre la fauna edáfica. Patiño *et al.* (2018) observaron durante la estación húmeda más organismos, sobre discos de hojas colocados en bolsas de descomposición, que durante la estación seca, encontrando que, entre el 25 y 45 por ciento de los discos de hojas fueron consumidos al terminar el periodo de lluvias, mientras que en 5 meses de estación seca solamente el 2 al 6 por ciento de los tejidos de hojas

desaparecieron, lo que sugiere que en la estación húmeda la velocidad de descomposición de la materia orgánica es mayor y en consecuencia la disponibilidad de nutrientes.

El tipo de suelo influye en el balance hídrico (contenido de agua y aire) (Tang *et al.* 2018; Huamán *et al.* 2021). El suelo del presente estudio tiene, en los primeros 15 cm de profundidad, un suelo tipo franco arenoso, el cual se caracteriza por tener un adecuado balance hídrico, mientras que, entre los 15 y 30 cm de profundidad, tiene un suelo franco arcilloso, el cual se caracteriza por no tener un buen balance hídrico, falta de drenaje, acumulación de materia orgánica, baja tasa de meteorización de la materia orgánica y acumulación de energía. Por lo que posiblemente con altos contenidos volumétricos de agua se vea afectado el proceso de respiración de las raíces, como también la simbiosis *Rhizobium* - lemuninosa.

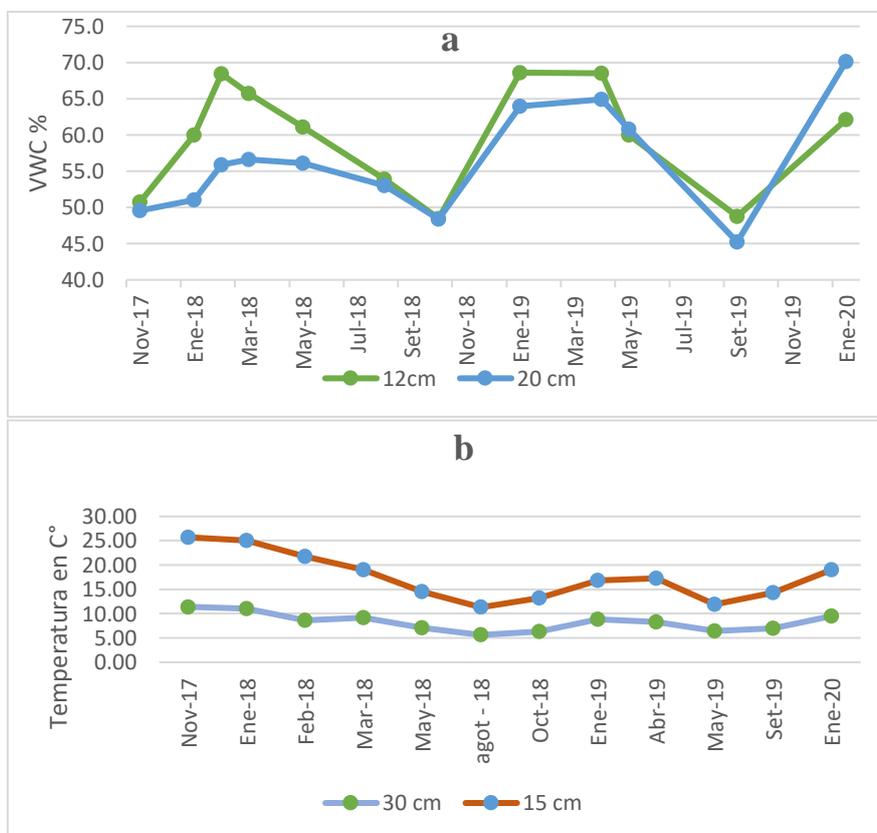


Figura 6. Variaciones en la humedad (a) y temperatura b) del suelo a dos profundidades.

4.1.2 Respuesta a la fertilización fosforada.

La adición de elementos minerales en cantidades apropiadas contribuye a un buen establecimiento y desarrollo de las plantas. El trébol blanco respondió de forma positiva a la mayor disponibilidad de fósforo en el suelo, elemento que se encontraba en niveles considerados bajos (12.8 ppm) en el área de investigación.

a. Emergencia y sobrevivencia de plántulas de trébol blanco.

Los valores promedios del porcentaje de emergencia a los 46 días después de la siembra evidenciaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 5), los tratamientos que recibieron 30 y 15 gramos de roca fosfatada mostraron mejor desempeño 91.54 y 91.44 por ciento, respectivamente, mientras que aquel que no recibió fósforo tiene 89.36 por ciento de emergencia.

Tabla 5. Efecto de la dosis de fósforo sobre porcentaje de emergencia y sobrevivencia del trébol blanco.

Niveles de roca fosfatada (gramos /hoyo)	Emergencia (%)	Sobrevivencia (%)
0	89.36 ^b	77.5 ^b
15	91.44 ^a	85.54 ^a
30	91.54 ^a	86.02 ^a

(a,b): Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

Los valores promedios del porcentaje de sobrevivencia a los 93 días después de la siembra mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 5), estos también mostraron respuesta positiva a la incorporación de roca fosfatada, superando el 85 por ciento de sobrevivencia. Mientras que aquel que no recibió fósforo tiene 77.5 por ciento de sobrevivencia.

Los valores hallados de porcentaje de emergencia muestran el efecto favorable a la adición de fósforo, es probable que esta reacción positiva sea el resultado de una mayor disponibilidad de este elemento en la solución suelo, lo que puede haber tenido un impacto positivo en varios procesos fisiológicos como la absorción de nutrientes y agua por las raíces de las plántulas. Resultados similares fueron reportados por Boschi *et al.* (2016) en estudios realizados en el campo experimental del Instituto Nacional de Semillas en Barros Blancos, Uruguay, en el que muestran valores del comportamiento germinativo para trébol blanco, 93.6 por ciento, trébol rojo 92.1 por ciento y para alfalfa de 91.9 por ciento. Respuestas favorables en el comportamiento germinativo, también fueron reportados por Vallejos *et al.* (2021) en estudios ejecutados en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca, Perú, en tres pisos altitudinales, valores de comportamiento germinativo observados en *Trifolium repens*, variedad Huía, Legacy, Ladino y Weka correspondieron a 81, 89, 58 y 70 por ciento respectivamente, mientras que para el *Trifolium pratense*, variedad Tuscan, Americano y Relish valores de 98, 68 y 90 por ciento respectivamente.

La sobrevivencia del trébol también fue favorecida con la fertilización, los valores hallados del porcentaje de sobrevivencia en el presente estudio son ligeramente mayores a lo mostrado por Boschi *et al.* (2016) con valores de sobrevivencia acumulada a los 104 días de la siembra para trébol blanco 63 por ciento, trébol rojo 63 por ciento, Lotus carniculatus 56 por ciento y para alfalfa 69 por ciento. Los valores de sobrevivencia más altos observados estarían revelando que el trébol es una especie que se adapta rápidamente a las condiciones del lugar de estudio.

b. Rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción aérea del trébol blanco.

Los valores promedio de materia seca (kg ha^{-1}) de la porción aérea del trébol blanco al final de dos años de evaluación evidenciaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 6), los tratamientos que recibieron 15 y 30 gramos de roca fosfatada mostraron mejor desempeño con 382.13 y 286.18 kg ha^{-1} de materia seca respectivamente. Mientras que los tratamientos que no se les adicionó roca fosfatada evidenciaron menores contenidos de materia seca 113.05 kg ha^{-1} .

Tabla 6. Efecto de la dosis de fósforo sobre el rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción aérea del trébol blanco.

Niveles de Roca Fosfatada (gramos /hoyo)	Materia seca (kg/ha)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)
0	113.05 ^b	3.84 ^a	0.26 ^b
15	382.13 ^a	3.88 ^a	0.29 ^{ab}
30	286.18 ^a	3.92 ^a	0.32 ^a

(a,b): Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$)

Los valores promedio del porcentaje de nitrógeno no mostraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) (Figura 6). Por otra parte, los valores promedio del porcentaje de fósforo evidenciaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), los tratamientos que recibieron 15 y 30 gramos de roca fosfatada mostraron mayor contenido de P, 0.29 y 0.32 por ciento respectivamente.

Los valores hallados de materia seca son bajos a comparación a estudios realizados por Chapman *et al.* (2017) estudios realizados en la estación de investigación Ballantrae Hill Country, en la parte baja de la Isla Norte de Nueva Zelanda, los investigadores reportaron valores de kg de MS ha⁻¹ año⁻¹ para la variedad de trébol blanco Huía de 231, 1 274, 1 193 y 1 180 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, estos valores corresponden al tratamiento control (cero de P) y tres diferentes niveles de fósforo respectivamente. Así mismo Vallejos *et al.* (2021) en estudios efectuados en la Provincia de Santa Cruz, Cajamarca, Perú, en tres pisos altitudinales, reportan valores promedio, para el piso altitudinal I (2 300–2 800 m.s.n.m) de 12 340.6 de kg MS ha⁻¹ año⁻¹, piso altitudinal II (2 801–3 300 m.s.n.m) de 7808.4 de kg MS ha⁻¹ año⁻¹ y piso altitudinal III (3 301 – 3 800 m.s.n.m) de 3923.4 de kg MS ha⁻¹ año⁻¹, al mismo tiempo reportan contenidos de materia seca en *Trifolium repens*, variedad Huia, Legacy, Ladino y Weka de 7 043.6, 6 593.6, 7 322.9 y 6 366.8 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente, mientras que para el *Trifolium pratense*, variedad Tuscan, Americano y Relish valores de 11 235.7, 8 986.1 y 8 620.1 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente.

Los valores de nitrógeno y proteína hallados en el presente estudio están dentro de los valores reportados por estudios realizados en Perú por Vallejos *et al.* (2021) quienes reportan valores promedio de proteína en cuatro variedades de *Trifolium repens*: Huia, Weka, Legacy y Ladino con 23.77, 23.56, 23.33 y 23.06 por ciento de proteína, adicionalmente reportan valores de proteína de *Trifolium pratense* de tres variedades: Tuscan, Americano y Relish con 21.79, 21.59 y 19.75 por ciento de proteína. Así mismo, Crespo (1975) en la estación de Mejora de Plantas de Elvas en Portugal, evaluó la influencia de los fertilizantes nitrogenados y de las leguminosas sobre la producción de materia seca y proteína bruta de pastos en regadío bajo condiciones mediterráneas, reportan valores de proteína bruta para trébol blanco de 20.6, 20.9, 21.4 y 21.4 por ciento, para los tratamientos de fertilización de nitrógeno de 0, 160, 320, 640 (kg ha⁻¹). Así mismo, Gylfadóttir *et al.* (2007) en un experimento realizado en la estación experimental Korpa en Islandia en el verano de 2003, evaluaron la inclusión del trébol blanco adaptado en pastizales del norte de Europa: transferencia y deposición de nitrógeno, reportando valores de nitrógeno en hojas y estolones de 4.9 y 2.1 por ciento respectivamente, en valores de proteína bruta (nitrógeno x 6.25 - factor de conversión) sería 30 y 13.25 por ciento de proteína en hojas y estolones respectivamente.

En este estudio, al igual que en los estudios de Lima (2016); Del Pino *et al.* (2016); Chapman *et al.* (2017) los porcentajes de fósforo de la parte aérea del trébol blanco (Tabla 6), son mayores en los tratamientos con fertilización fosfatada, en comparación de aquellos que no recibieron fósforo. La fertilización con fósforo habría mejorado la disponibilidad de este elemento en el suelo, ya que el suelo del área de estudio tiene un pH ligeramente ácido de 5.16 a 15 cm y 5.25 a 30 cm de profundidad respectivamente. El pH del suelo interviene en la forma de presentación del elemento, como lo reporta Rajan *et al.* (1991), al someter la roca fosfórica de Bayóvar – Perú a compuestos ácidos como el citrato de amonio neutro, ácido cítrico al 2 por ciento y ácido fórmico al 2 por ciento, encontrando valores de 2.3, 6.6 y 9.8 (P soluble, por ciento de la roca) lo que había estimulado una rápida incorporación de este elemento, en el metabolismo de nutrientes, transporte y almacenamiento de energía (ATP). Las parcelas que no recibieron fósforo habrían absorbido menores cantidades de este elemento por lo que el establecimiento habría sido menor (Boschetti *et al.* 2004; Oliveira 2012).

c. Rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción radicular del trébol blanco.

Los valores promedios de materia seca (kg ha^{-1}) de la parte radicular del trébol blanco al final de dos años de evaluación evidenciaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 7), los tratamientos que recibieron 15 y 30 gramos de roca fosfatada mostraron mejor desempeño con 298.52 y 214.98 kg ha^{-1} de materia seca respectivamente. Mientras que los tratamientos que no se les adicionó roca fosfatada mostraron menores contenidos de materia seca 109.61 kg ha^{-1} .

Tabla 7. Efecto de la dosis de fósforo sobre el rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción radicular del trébol blanco.

Niveles de Roca Fosfatada (gramos /hoyo)	Materia seca (kg/ha)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)
0	109.61 ^b	2.70 ^a	0.19 ^b
15	298.52 ^a	2.61 ^a	0.22 ^{ab}
30	214.98 ^a	2.55 ^a	0.27 ^a

(a,b): Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$)

Los valores promedios del porcentaje de nitrógeno no evidencian diferencias significativas ($P \geq 0.05$) (Tabla 7), mientras que los valores promedio del porcentaje de fósforo evidenciaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 7), los tratamientos que recibieron 15 y 30 gramos de roca fosfatada mostraron mayor contenido de P 0.22 y 0.27 por ciento, en comparación con el control (0.19 por ciento).

Lima (2016) realizó un estudio a 4 200 m.s.n.m en la Región Pasco, reportando valores de nitrógeno en suelos de 0.63 por ciento, sin fertilización fosforada y de 0.67 por ciento con fertilización fosforada (80 kg. ha^{-1} de diamónico). En este experimento, al igual que en los estudios de Chapman *et al.* (2017); Del Pino *et al.* (2016) & Lima (2016), los porcentajes de fósforo son mayores en los tratamientos con fertilización fosforada, en comparación de aquellos que no recibieron fósforo, sugiriendo que la fertilización con fósforo habría mejorado la disponibilidad de este elemento en el suelo.

d. Cobertura vegetal del trébol blanco y pradera nativa.

Los valores promedios de cobertura vegetal relativa de trébol blanco, al final de dos años de evaluación, mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 8). Los tratamientos que recibieron roca fosfatada alcanzaron mayor cobertura; con las dosis de 15 y 30 gramos de roca fosfatada se tuvieron 23.82 y 14.18 por ciento de cobertura vegetal de trébol blanco, respectivamente, sin perjuicio significativo de la vegetación nativa, de 76.18 y 85.82 por ciento de cobertura, respectivamente (Tabla 8). Los porcentajes más bajos de cobertura observados con la aplicación de 30 gramos de roca fosfatada sugieren que esta cantidad habría sobrepasado los máximos niveles requeridos por el trébol (Moir *et al.*, 2016).

Tabla 8. Efecto de la dosis de fósforo sobre la cobertura vegetal de trébol blanco y pradera nativa (*Festuca dolichophylla*).

Niveles de Roca Fosfatada (gramos /hoyo)	Cobertura Vegetal Trébol (%)	Cobertura Pradera Natural (%)
0	4.22 ^c	95.78 ^a
15	23.82 ^a	76.18 ^c
30	14.18 ^b	85.82 ^b

(a,b): Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$)

En relación con los valores hallados de cobertura vegetal relativa, son mayores a lo reportado por Lima *et al.* (2020) quienes, en un estudio realizado a 4 200 m.s.n.m en la Región Pasco, Perú, reportan valores de expansión foliar de 54.30 cm² (1.75 por ciento de cobertura vegetal) sin fertilización fosforada y de 99.00 cm² (3.19 por ciento de cobertura vegetal), con fertilización fosfatada (80 kg·ha⁻¹ de fosfato diamónico). Estas coberturas más elevadas del trébol podrían haber sido influenciadas por las características fisicoquímicas del suelo del área de estudio ya que, los niveles de humedad y temperatura del suelo están dentro de los rangos óptimos. Arias (1991); Hunt *et al.* (2020); Ledo *et al.*

(2020) indican que podría haber favorecido el crecimiento y desarrollo del trébol blanco, así como el establecimiento óptimo de la simbiosis *Rhizobium* – Lemuninosa, la fertilización con fósforo habría mejorado la disponibilidad de este elemento en el suelo, ya que el área de estudio tiene un pH ligeramente ácido de 5.16 a 15 cm y 5.25 a 30 cm de profundidad respectivamente, el pH interviene en la forma de presentación del elemento, como lo reportan Rajan *et al.* (1991), lo que habría estimulado una rápida incorporación de este elemento en el metabolismo de nutrientes, transporte y almacenamiento de energía (ATP). Las parcelas que no recibieron fósforo habrían absorbido menores cantidades de este elemento por lo que la sobrevivencia habría sido menor (Boschetti *et al.* 2004; Oliveira 2012).

4.1.3 Respuesta a la densidad de siembra.

La densidad de siembra, un factor importante en la instalación de especies exóticas de alta productividad debe garantizar el número mínimo de plantas establecidas capaces de competir exitosamente por nutrientes en el suelo y alcanzar altos rendimientos.

a. Emergencia y sobrevivencia de plántulas de trébol blanco.

La densidad de siembra mostró efectos significativos en el porcentaje de emergencia, observándose los valores más altos en la densidad de siembra de 40 semillas por golpe, esta densidad alcanzo el mejor promedio (91.97 por ciento) de emergencia evaluada a los 46 días de la siembra (Tabla 9).

Tabla 9. Efecto de la densidad de siembra sobre porcentaje de emergencia, sobrevivencia.

Densidad (semillas/hoyo)	Emergencia (%)	Sobrevivencia (%)
20	89.58 ^b	80.89 ^b
40	91.97 ^a	85.15 ^a

(a,b):Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$)

Los porcentajes de sobrevivencia a los 93 días después de la siembra mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), la densidad de 40 semillas por golpe mostró mejor desempeño con un 85.15 por ciento de sobrevivencia. Los resultados en porcentaje de emergencia y sobrevivencia sugieren que la densidad de 40 semillas por golpe garantizaría la cantidad mínima de plántulas, lo que incrementa la probabilidad de éxito en la producción de biomasa forrajera.

b. Rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción aérea del trébol blanco.

La densidad de siembra no mostró efectos significativos ($P \geq 0.05$), en los valores promedios de materia seca (kg ha^{-1}) de la parte aérea del trébol blanco al final de dos años de evaluación (Tabla 10), las densidades de siembra de 20 y 40 semillas por hoyo mostraron similar desempeño con 285.10 y 235.81 kg ha^{-1} de materia seca respectivamente.

Tabla 10. Efecto de la densidad de siembra sobre rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de porción aérea del trébol blanco.

Densidad (semillas/hoyo)	Materia seca (kg/ha)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)
20	285.10 ^a	3.90 ^a	0.28 ^a
40	235.81 ^a	3.87 ^a	0.30 ^a

(a,b): Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$)

Los valores promedios del porcentaje de nitrógeno y fósforo no evidenciaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) (Tabla 10). La ausencia de efecto de la densidad de siembra sobre la materia seca del trébol blanco sugiere la probable influencia de otros factores como la disponibilidad de P, temperatura y humedad del suelo, la fijación de nitrógeno y su disponibilidad para la síntesis de proteína, entre otros, podrían haber estimulado el comportamiento del trébol y que las densidades de siembra hayan influenciado solamente al porcentaje de emergencia y sobrevivencia (Enguita 1985; Enguita & Salaverri 1985; Cucho 2003).

c. Rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción radicular del trébol blanco.

La densidad de siembra no mostró efectos significativos ($P \geq 0.05$) (Tabla 11), en los valores promedios de materia seca (kg ha^{-1}) de la porción radicular del trébol blanco al final de más de dos años de evaluación, las densidades de siembra de 20 y 40 semillas por hoyo mostraron similar con 209.98 y 205.42 kg ha^{-1} de materia seca respectivamente.

Tabla 11. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de materia seca, nitrógeno y fósforo de la porción radicular del trébol blanco.

Densidad (semillas/hoyo)	Materia seca (kg/ha)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)
20	209.98 ^a	2.58 ^a	0.21 ^a
40	205.42 ^a	2.65 ^a	0.24 ^a

(a,b): Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$)

Los valores promedios del porcentaje de nitrógeno y fósforo no evidencian diferencias significativas ($P \geq 0.05$) (Tabla 11). Un buen establecimiento requiere de un número mínimo de plantas que hagan posible una tasa de crecimiento adecuada del cultivo y lograr buenos rendimientos forrajeros y en el caso de leguminosas garantizar un adecuado aporte de N al suelo; las densidades de siembra en leguminosas van desde los 2 a 24 kg ha^{-1} , teniendo en consideración algunos factores como latencia, forma de siembra si va como monocultivo o mixto (Zarza *et al.* 2013). En experimentos realizados en Sudamérica en implantación de mezclas perennes de larga duración, en las cuales incluyen al trébol blanco en combinación con gramíneas (*Dactylis glomerata*, *Festuca Arundinacea*, entre otras), las densidades de siembra van de 0.5 a 3 kg ha^{-1} , se reporta mayor número de plantas en densidades más altas, así mismo hay un incremento del número de plantas con el tiempo en todas las densidades debido al tipo de crecimiento rastrero del trébol blanco (Zarza *et al.* 2013). En el presente estudio se utilizaron densidades de siembra a razón de 20 y 40 semillas por golpe (hoyos), lo que aproximadamente representa 0.564 kg ha^{-1} y 1.13 kg ha^{-1} para los tratamientos, ambas

densidades con un distanciamiento entre golpes de 0.5 m respectivamente, estas densidades son similares a las utilizadas por Lima *et al.* (2020) quienes realizaron estudios en la Región Pasco, reportando valores de cobertura vegetal, nitrógeno en el suelo entre otras variables respuesta.

d. Cobertura vegetal de trébol blanco y pradera nativa.

El porcentaje de cobertura vegetal relativa de trébol blanco al final de más de dos años de evaluación reveló que, la densidad de siembra no influyó en la respuesta de la cobertura del trébol ($P \geq 0.05$) (Tabla 12), ambas densidades de siembra no superaron el 30 por ciento de cobertura vegetal.

Tabla 12. Efecto de la densidad de siembra sobre cobertura del trébol y cobertura de la pradera natural.

Densidad (semillas/hoyo)	Cobertura Vegetal Trébol (%)	Cobertura Pradera Natural (%)
20	16.05 ^a	83.95 ^a
40	12.10 ^a	87.90 ^a

(a,b): Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$)

La cobertura vegetal de especies nativas se redujo a un 83.95 por ciento cuando la densidad de siembra fue 20 semillas, lo que sugiere que, en condiciones de clausura de praderas y ausencia de pastoreo, las gramíneas se encuentran en proporción adecuada con el trébol blanco (70 – 30) cumpliendo el rol de mejorar el contenido de proteína en la dieta animal y a su vez suministrar cantidades significativas de nitrógeno al suelo fijado en sus nódulos radiculares, ya que se trata de las leguminosas de mayor capacidad de fijación simbiótica de este elemento (Bonnet *et al.*, 2011; Argote *et al.*, 2013). Estaría por investigar cómo interactúan el fósforo y la densidad de siembra en condiciones de pastoreo y determinar el rol de la intensidad de corte y el nitrógeno en el crecimiento y desarrollo del trébol blanco en ecosistemas naturales.

4.1.4 Interacción fertilización fosforada, época y año de evaluación.

Los patrones de respuesta al abonamiento fosforado de la cobertura del trébol blanco variaron conforme la época y los años de evaluación (Figura 7), la proporción de trébol incrementó con los años. Máximas coberturas fueron alcanzadas en la época lluviosa. Los máximos niveles de respuesta al fósforo se obtuvieron con dosis intermedias, pero la magnitud de la respuesta vario dependiendo de la época. La cobertura de trébol fue en aumento conforme el periodo de evaluación iba en aumento. Al final del segundo año la proporción de leguminosa se incrementó, llegando a 42.82 por ciento superando el porcentaje recomendado (30 por ciento), este resultado evidencia que el crecimiento del trébol blanco es dinámico y acorde a ciertos factores ambientales y otros como el estatus nutricional e hídrico del suelo (Jaurena *et al.* 2016).

El crecimiento y desarrollo del trébol blanco responden en gran medida a los patrones de humedad y temperatura, estos factores influyen significativamente en la simbiosis *Rhizobium* - leguminosa y en la descomposición de la materia orgánica (García *et al.* 2017; Ruiz *et al.* 2018). En el presente estudio, los valores de temperatura del suelo encontrados en la época de lluvias a 15 y 30 cm de profundidad están dentro de los valores mínimos (14 y 11 °C), que garantizan el inicio del proceso de mineralización de la materia, que ocurre usualmente cuando la temperatura alcanza 10 °C. y los valores de humedad registrados durante la estación lluviosa en el presente experimento estuvieron dentro del rango de 60 a 70 por ciento, considerado adecuado para la actividad de los microorganismos descomponedores (Tang 1986; Paredes 2013; Vallejos *et al.* 2021). Estos factores en conjunción con la fijación de nitrógeno atmosférico, en sinergia con otros factores como el pH del suelo ligeramente ácido (pH 5.16), que hace reaccionar la roca fosfatada liberando P, lo que contribuye al crecimiento radicular e incrementó del área de exploración y absorción de nutrientes y agua del trébol blanco, podrían haber contribuido a los altos porcentajes de cobertura vegetal alcanzados por el trébol blanco (Rajan *et al.* 1991; Lima *et al.* 2020).

La aplicación de esta tecnología podría resultar en un incremento de la proteína en la dieta de los animales y fijación de cantidades significativas de nitrógeno al suelo, sin embargo, desde una perspectiva ecológica habría que prestar atención la variación en el tiempo del porcentaje de trébol blanco en la pradera natural mediante el manejo de la dosis de siembra, distanciamiento y abonamiento para evitar que la leguminosa exótica supere el

porcentaje recomendado (30 por ciento) y así evitar el perjuicio de la vegetación nativa por los riesgos que la aplicación de esta tecnología representa para el ecosistema en términos de pérdida de la biodiversidad, estabilidad e integridad (Cucho 2003; Argote *et al.* 2013). Flores & Salaverri (1985) y Oliva *et al.* (2018) manifiestan que se debe examinar el rol del pastoreo prescrito en el control del balance gramínea – leguminosa que la literatura ha establecido referencialmente como 70-30 a fin de evitar impactos negativos en la salud animal y del ecosistema.

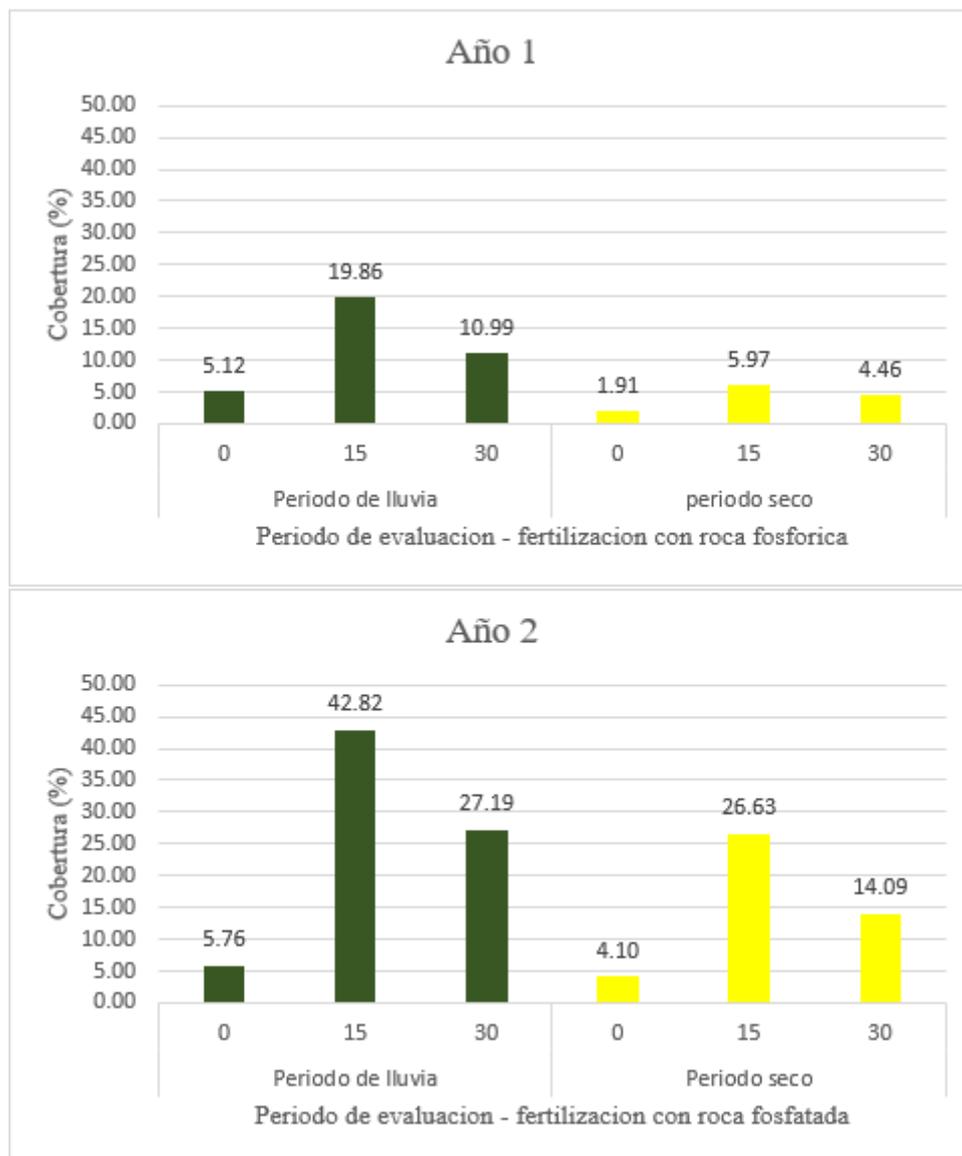


Figura 7. Cobertura vegetal de trébol blanco en respuesta a la dosis de abonamiento fosforado durante la época lluviosa y seca correspondiente al año 1 y año 2 de monitoreo.

4.1.5 Proteína de la *Festuca dolichophylla*.

Los valores promedios de proteína no muestran diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos. La Figura 8, muestra la respuesta del contenido de proteína de *Festuca Dolichiphylla* evaluado al final de los dos años de monitoreo, corroborando gráficamente que no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

Los valores de proteína hallados están dentro del rango reportado por Lima (2016) quien realizó estudios en la Región Pasco, reportando valores de proteína en tallo de 5.9 y 6.6 por ciento de la MS, para tratamientos de 0 y 80 kg. ha⁻¹ de fosfato diamonico. Así mismo, Chapman *et al.* (2017) mencionan que la mayor disponibilidad de N en el suelo resultante de un mayor crecimiento del trébol y una mayor fijación de N, estimuló el crecimiento de especies de hierba más productivas como el raigrás perenne en comparación con las hierbas poco tolerantes a la fertilidad como el Browntop (*Agrostis capillaris*). Del mismo modo, Rodríguez *et al.* (1982) mencionados por Quispe (2016), reportan valores de contenido proteico en porcentaje para *Festuca dolichophylla* en estados fenológicos: elongación, espigado, floración y semilleo de 20.1, 14, 10.2, 4.9 por ciento de proteína respectivamente, así mismo también menciona a San Martín (1987) quien reporta, valores de proteína que van de 9 a 11.7 por ciento. Cabe resaltar que los valores de contenido de proteína de *Festuca dolichophylla* incrementan en periodos de lluvia y se reducen drásticamente en periodos de seca.

La fijación simbiótica de N₂ por parte de las leguminosas es utilizada ampliamente para mejorar el suministro de N de los sistemas (Høgh-Jensen & Schjoerring 1998; Pirhofer-Walzl *et al.* 2012). Además de satisfacer sus propias necesidades de N, las leguminosas pueden facilitar la adquisición de N de las especies vegetales vecinas. Pero hay que tener en cuenta que la transferencia de N bajo el suelo es un proceso dinámico bidireccional. Esto puede ocurrir en parte porque las plantas pierden diferentes compuestos de N de los tejidos vegetales por encima y por debajo del suelo, por ejemplo, mediante la exudación de las raíces, la muerte de las raíces y la lixiviación de las hojas, el N derivado de las plantas bajo el suelo puede ser retomado por la planta que la perdió o reubicado en las plantas vecinas a través de diferentes vías. El N puede ser reubicado de planta a planta directamente por los contactos entre las raíces o los hongos micorrizicos arbusculares que a menudo conectan las raíces de diferentes especies de plantas (García & Gallardo 2017). La tasa de crecimiento relativo de las raíces, la biomasa de las raíces, la densidad de las

raíces finas y la superficie total de las raíces juegan un papel importante en la competencia por los recursos bajo el suelo, esto indica que *Festuca dolichophylla* tuvo que competir por el N derivado de las leguminosas por debajo del suelo con las plantas vecinas.

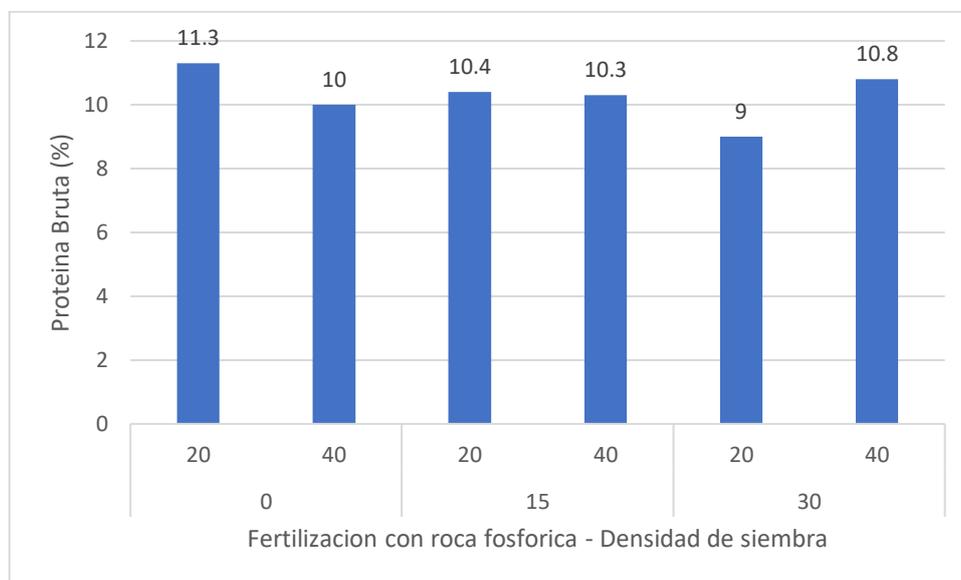


Figura 8. Contenido de proteína cruda promedio al final de los dos años de monitoreo de *Festuca dolichophylla* en respuesta a la dosis de abonamiento.

4.2 EXPERIMENTO 2: RENDIMIENTO FORRAJERO Y SIMILARIDAD DE LA DIETA POR OVINOS PASTOREANDO EN LA ASOCIACIÓN TRÉBOL BLANCO - PRADERA NATIVA.

La ciencia de los pastizales ha enfatizado dos estrategias para compensar la deficiencia de nitrógeno y fósforo en el suelo: La fertilidad mineral y la fijación de nitrógeno a través de la introducción de leguminosas mejoradas.

4.2.1 Rendimiento de materia seca y contenido de proteína.

Los valores promedios de rendimiento de materia seca evidenciaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 13), el tratamiento constituido por pradera natural más trébol blanco (40 semillas por golpe) y fertilización fosfatada (40 gramos por hoyo) mostró mejor rendimiento con 3 207.77 kg Ms ha⁻¹, mientras que el tratamiento, pradera natural más trébol blanco alcanzo 2 762.78 kg MS ha⁻¹. El tratamiento solo pradera natural oferta 2 626.98 kg MS ha⁻¹.

Los valores promedios de proteína cruda evidenciaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 13), el tratamiento que contiene pradera natural más trébol blanco (40 semillas por golpe) y fertilización fosfatada (40 gramos por hoyo) tiene mayor porcentaje de proteína con 17.5, mientras que el tratamiento que contiene pradera natural más trébol blanco tiene 17.2 por ciento y el tratamiento solo pradera natural con 10.0 por ciento.

Tabla 13. Rendimiento de materia seca y contenido de proteína cruda.

Tratamiento	Pradera Natural	Pradera Natural + Trébol	Pradera Natural + Trébol + P
Rendimiento (kg MS/ha)	2 626.80 ^c	2 762.78 ^b	3 207.77 ^a
Proteína Cruda (por ciento)	10.0 ^b	17.2 ^a	17.5 ^a

(a,b): Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$)

La aplicación de fósforo (roca fosfatada) tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento y desarrollo del trébol blanco, la expansión foliar trajo como consecuencia el incremento del rendimiento de materia seca y del porcentaje de proteína, resultados similares fueron reportados por Del Pino *et al.* (2016) y Lima *et al.* (2020).

El incremento del porcentaje de proteína cruda en la dieta de 10 a 17 por ciento, con la introducción de trébol blanco y fertilización con roca fosfatada, juega un rol importante en el reto de innovar el sistema tradicional y lograr cubrir las necesidades nutritivas de los ovinos que constituyen los valores suficientes para poder cubrir la manutención, producción óptima y prevención de los síntomas de deficiencia como lo menciona Sauvant (2019). En general, los requerimientos nutricionales dependen del tamaño del animal, de la edad, el estado fisiológico, el nivel de producción y las condiciones climáticas. La proteína, cuya importancia nutricional como componente principal del organismo y, considerando que el animal es de 60 a 70 por ciento proteínas (en base seca), es esencial, se le suministre la proteína a través del alimento y por toda la vida. El animal no sintetiza la proteína a partir de materiales simples como lo hace la planta, por lo que depende para su vida de la proteína presente en la dieta. De esta manera, el incremento de la proteína en la dieta nos ayude probablemente a mejorar los índices productivos y reproductivos dentro de la producción animal.

4.2.2 Similaridad de la composición dieta de ovejas con la composición de la pastura.

El estudio de la similaridad mediante el método de Czekanowski mostró una alta selectividad expresada en el cálculo de la similaridad (Tabla 14), ya que en el caso de grupo funcional se obtuvo similaridad mayores a 95 por ciento, los resultados también se repiten en el análisis de estado fenológico de la planta con índices de similaridad mayor a 90 por ciento y en la variable respuesta de selectividad de la parte de la planta se tiene valores mayores al 88 por ciento, lo cual también demuestra la similitud de los resultados obtenidos con los métodos de campo corte vs. simulación a mano.

Tabla 14. Similaridad de la composición de la dieta de ovejas con la composición de la pastura.

Tratamientos	Parte de la Planta (%)	Estado Fenológico de la Planta (%)	Grupo Funcional (%)
Pradera Natural	88.00	92.75	97.75
Pradera Natural + Trébol	88.25	93.25	97.25
Pradera Natural + Trébol + P	98.34	90.50	95.00

El estudio de la similaridad para el tratamiento 1 (pradera natural), mediante el método de Czekanowski se encontró una alta selectividad, ya que en el caso de grupo funcional se obtuvo una similaridad alta 97.75 por ciento, para estado fenológico de la planta con 92.75 por ciento y para parte de la planta se obtuvo 88 por ciento de similaridad. Para el tratamiento 2 (pradera natural más trébol blanco), se encontró una alta selectividad, en el caso de grupo funcional se obtuvo una similaridad alta 97.25 por ciento, para estado fenológico de la planta con 93.25 por ciento y para parte de la planta se obtuvo 88.25 por ciento de similaridad y el tratamiento 3 (pradera natural más trébol blanco y roca fosfatada), se encontró una alta selectividad, en el caso de grupo funcional se obtuvo una similaridad alta 95 por ciento, para estado fenológico de la planta con 90.50 por ciento y para parte de la planta se obtuvo 98.34 por ciento de similaridad.

Los índices de similaridad reportados en el presente estudio son ligeramente más altos que los reportados por San Martín (1987) al estudiar los índices de similaridad de la dieta de alpaca y ovino, tanto en época seca y lluviosa, en praderas dominadas por *Festuca dolicophylla*, son altos con valores de 83 y 61 por ciento. Así mismo, en pradera cultivada el índice de similaridad fue alto (76 y 74 por ciento) en la estación seca y lluviosa respectivamente. Estos indicadores altamente variables de similitud de especies en pastizales nativos se deben a la capacidad de la alpaca para alterar las preferencias de especies de plantas en función de la disponibilidad de pastizales. También está el hecho de que la alpaca y la oveja eligen su especie de acuerdo con sus gustos, incluso cuando no están fácilmente disponibles. Los altos índices de selectividad muestran que el trébol

blanco es consumido por los ovinos, lo cual podría contribuir a cubrir gran parte de los requerimientos nutricionales de esta especie ovino, como por ejemplo se requiere de 134 a 176 gramos de proteína por día en borregas en el último tercio de gestación como lo menciona Martins *et al.* (2021).

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados y las condiciones del área de estudio, se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

Experimento 1

- La aplicación de fósforo incrementó los porcentajes de emergencia, sobrevivencia, contenido de materia seca de la parte aérea como radicular y cobertura del trébol. Valores máximos para estas variables se obtuvieron al aplicarse 15 gramos de roca fosfatada por hoyo, equivalente a 742.5 kg/ha, sugiriendo que esta sería la dosis recomendable.
- La densidad de siembra con la que se obtuvieron los mejores resultados en términos de las variables de contenido de materia seca de la parte aérea como radicular y porcentaje cobertura del trébol en la pradera nativa fue de 20 semillas por hoyo, equivalente a 0.564 kg/ha, sugiriendo que esta sería la densidad de siembra recomendable.
- La densidad de siembra de trébol blanco y la aplicación de roca fosfatada, no incrementó el porcentaje de proteína cruda de la especie clave dominante (*Festuca dolichophylla*).
- Los patrones de cobertura de trébol blanco variaron con la época, con mayores proporciones en la época lluviosa que en la época seca observándose un incremento de la presencia del trébol con los años la cual no excedió en promedio la relación gramínea leguminosa recomendable.

Experimento 2

- La introducción de trébol blanco (40 semillas/hoyo) y fertilización fosfatada de (30 gramos por hoyo), mejoró el rendimiento de materia seca y el porcentaje de proteína, lo que podría contribuir a cubrir los requerimientos de manutención, producción óptima y prevención de los síntomas de deficiencias nutricionales de la especie ovino.
- La composición de la dieta de los ovinos en términos de trébol y pasto natural guardó estrecha relación con la composición botánica de la pastura, revelando que los animales consumieron cantidades significativas de trébol blanco cuando este incrementó.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto de la aplicación de azufre y micronutrientes como el boro y molibdeno en la respuesta del trébol en la dosis óptima encontrada en el presente experimento con y sin la presencia de pastoreo.
- Probar el uso de roca fosfatada en suelos con pH de mayor acidez y su efecto en el éxito al establecimiento y la persistencia de trébol blanco a lo largo del tiempo en praderas nativas.
- Estudiar la dinámica poblacional de trébol a lo largo de diferentes épocas del año en un horizonte de largo plazo.
- Ahondar en estudios a cerca del valor nutritivo de la dieta y la performance animal en respuesta al consumo de praderas naturales en asociación con de trébol blanco.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegría V, F. 2013. Inventario y uso sostenible de pastizales en la zona colindante a los depósitos de relavera de Ocroyoc - comunidad San Antonio de Rancas - Pasco. 161.
- Argote G., Aguirre L. & Flores E. 2013. Frecuencia de *Trifolium amabile kunth* (Fabaceae) en dos sitios del altiplano de Puno, Perú. *Ecología Aplicada*. 12(1–2). 83–89. <https://doi.org/10.21704/rea.v12i1-2.441>
- Arguello H. 1991. La descomposición de la materia orgánica y su relación con algunos factores climáticos y microclimáticos. *Agronomía Colombiana*. 8(2). 384–388. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/viewFile/21129/22095>.
- Austin, D. D., Urness, P. J., & Fierro, L. C. 1983. Spring Livestock Grazing Affects Crested Wheatgrass Regrowth and Winter Use by Mule Deer. *Journal of Range Management*, 36(5). 589. <https://doi.org/10.2307/3898347>
- Bengtsson J., Bullock J.M., Egoh B., Everson C., Everson T., O'Connor T., O'Farrell P.J., Smith H.G. & Lindborg R. 2019. Grasslands — more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere*. 10(2). e02582. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2582>.
- Bianco, L., & Cenzano, A. M. 2018. Leguminosas nativas: estrategias adaptativas y capacidad para la fijación biológica de nitrógeno. *Implicancia ecológica*. Idesia (Arica), ahead, 0–0. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292018005002601>
- Bonnet O., Hagenah N., Hebbelmann L., Meuret M., Shrader A.M. 2011. Is hand plucking an accurate method of estimating bite mass and instantaneous intake of grazing herbivores? *Rangeland Ecology & Management*. 64(4). 366–374.

- Boschetti N.G., Quintero C.E. & Befani M.R. 2004. Dinámica de las fracciones de fósforo en el suelo en una pastura fertilizada. *Revista Científica Agropecuaria*. 8(1). 65–71. http://ns1.fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%208/rca_8_1_pdf/65_71.pdf.
- Breymeyer, AI y Van Dyne, editores de GM, 1980: *Grasslands, system analysis and man*. Cambridge: Prensa de la Universidad de Cambridge. xxiv + 950 págs. £ 65,00. *Progreso en Geografía Física: Tierra y Medio Ambiente*. 5 (1). 143–145. <https://doi.org/10.1177/030913338100500112>
- Boschi F., Latorre P., Saldanha S., Machado J., Bentancur O. & Moure S. 2016. Importancia de las semillas duras en leguminosas forrajeras producidas en Uruguay. *Agrociencia Uruguay*. 20(2). 43-50. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482016000200007&lng=es&tlng=es.
- Cebra, C., Anderson, DE, Tibary, A., Van Saun, RJ y Johnson, LW 2014. Cuidado de llamas y alpacas: medicina, cirugía, reproducción, nutrición y salud del rebaño. Elsevier Ciencias de la Salud.
- Chapman, D. F., Mackay, A. D., Devantier, B. P., Costall, D. A., & Budding, P. J. 2017. The relative strengths of phosphate fertiliser application and white clover cultivar introduction for hill pasture improvement. 18. 15–18.
- Crespo, D. 1975. Influencia de los fertilizantes nitrogenados y de las leguminosas sobre la producción de materia seca y proteína bruta de pastos en regadío bajo condiciones mediterráneas. *Pastos*. 5(1). 111–117.
- Cucho H.C. 2003. Ecología del trébol blanco (*Trifolium repens*) en la zona de transición al Parque Nacional Huascarán. (No. F40 C8-T). Tesis para optar el grado de *Magister Scientiae* en producción animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- Del Pino A., Rodríguez T. & Andi6n J. 2016. Production improvement through phosphorus fertilization and legume introduction in grazed native pastures of Uruguay. *The Journal of Agricultural Science*. 154(2). 347–358. <https://doi.org/10.1017/S002185961500101X>

- Delgado, M., Eldridge, D. J., Ochoa, V., Gozalo, B., Singh, B. K., & Maestre, F. T. 2017. Soil microbial communities drive the resistance of ecosystem multifunctionality to global change in drylands across the globe. *Ecology Letters*. 20(10). 1295–1305. <https://doi.org/10.1111/ele.12826>
- Devi, A. S. 2021. Influence of trees and associated variables on soil organic carbon: a review. *Journal of Ecology and Environment*. 45(1). <https://doi.org/10.1186/s41610-021-00180-3>
- Enguita, I. D., & Salaverri, T. 1985. La asociación festuca alta - Trébol blanco en la cuenca media del Ebro. I. -Incidencia de la dosis de siembra y de las aportaciones nitrogenadas sobre la proporción del trébol blanco. 15. 105–113. <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1027/1046>
- Fernández-Pascual M., de María N. & de Felipe M.R. 2002. Fijación biológica del nitrógeno: factores limitantes. *Ciencia y Medio Ambiente - Segundas Jornadas Científicas Sobre Medio Ambiente Del CCMA-CSIC*. 195–202. <http://hdl.handle.net/10261/128283>.
- Flores E. 1993. Naturaleza y uso de los pastos naturales. Manual de Producción de Alpacas y Tecnología de sus Productos. Publicación Conjunta Entre La Universidad Nacional Agraria, Proyecto de Transferencia y Tecnología (TTA) y La Agencia Para El Desarrollo Internacional de Los Estados Unidos de Norteamérica.
- Flores, E. 1993. Naturaleza y usos de los pastos Naturales; manual de Producción de Alpacas y Tecnología de sus Productos TTA (pp. 23–37).
- Flores E. 2016. Cambio Climático: Pastizales altoandinos y seguridad alimentaria. *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*. 1(1). 73–80. <https://doi.org/10.36580/rgem.i1.73-80>.
- Galán de Mera, A., Cáceres, C., & Gonzáles, A. 2003. La vegetación de la alta montaña andina del sur del Perú (pp. 121–147). *Acta Botánica*. Malacitana.
- García F., J., Zanoniani, R., Cadenazzi, M., & Boggiano, P. 2017. Incidencia de variables biológicas y edáficas en el establecimiento de mezclas forrajeras. *Agro Sur*. 45(1). 3–10. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n1-02>

- García V, L., & Gallardo, A. 2017. El ciclo global del nitrógeno. Una visión para el ecólogo terrestre. *Ecosistemas*. 26(1). 4–6. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-1.02>
- Genaro H., Ñ., Otto Z., M., Gustavo G., R., & Carlos V.z, P. 2016. Efecto de Tres Sistemas de Alimentación sobre el Comportamiento Productivo y Perfil de Ácidos Grasos de Carcasa de Cuyes (*Cavia porcellus*). 27(3). 486–494.
- González A.P.R., Dumalasová V., Rosenthal J., Skuhrovec J. & Latzel V. 2017. The role of transgenerational effects in adaptation of clonal offspring of white clover (*Trifolium repens*) to drought and herbivory. *Evolutionary Ecology*. 31(3). 345–361. <https://doi.org/10.1007/s10682-016-9844-5>.
- González, S. B., Mainar, F. V., Amelia, M., Arrojo, G., García, C. G., De, B., Delgado, R., Soldado, A., & Martínez, A. 2016. Alternativas forrajeras sostenibles como cultivo invernal en zonas templadas. 45(2). 23–32.
- Gutiérrez-Arenas A.F., Hernández-Garay A., Vaquera-Huerta H., Zaragoza-Ramírez J.L., Luna-Guerrero M.J., Reyes-Castro S. & Gutiérrez-Arenas D.A. 2018. Análisis de crecimiento estacional de trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Agro Productividad*. 11(5). 62–68. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/374/262>.
- Gylfadóttir, T., Helgadóttir, Á., & Høgh-Jensen, H. 2007. Consequences of including adapted white clover in northern European grassland: Transfer and deposition of nitrogen. *Plant and Soil*. 297(1–2). 93–104. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9323-4>
- Høgh-Jensen, H., & Schjoerring, J. K. 1998. Biological nitrogen fixation in grass-clover leys and its transfer to subsequent crops. *Mixed Farming Systems in Europe*, 185. https://www.researchgate.net/profile/Egbert_Lantinga/publication/40158813_Mixed_farming_systems_in_Europe_workshop_proceedings_Dronten_The_Netherlands_25-28_May_1998/links/55dc960508ae9d659494f71c.pdf#page=191

- Huamán C., M. L., Espinoza M., F., Barrial L, A. I., & Ponce A., Y. 2021. Influence of altitude and soil characteristics on organic carbon storage capacity of high Andean natural pastures. *Scientia Agropecuaria*. 12(1). 83–90. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.010>
- Hunt, J. R., Celestina, C., & Kirkegaard, J. A. 2020. The realities of climate change, conservation agriculture and soil carbon sequestration. *Global Change Biology*. 26(6). 3188–3189. <https://doi.org/10.1111/gcb.15082>
- Jaurena M., Lezama F., Salvo L., Cardozo G., Ayala W., Terra J. & Nabinger C. 2016. The dilemma of improving native grasslands by overseeding legumes: Production intensification or diversity conservation. *Rangeland Ecology and Management*. 69(1). 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2015.10.006>.
- Jaurixje, M., Torres, D., Mendoza, B., Henríquez, M., & Contreras, J. 2013. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quibor, Estado Lara. *Biaogro*. 25(1). 47–56.
- Kuehl, R. 2001. Diseño de experimentos: principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. 2 nd (Ed.). International Thomson. México. 1-66 pp
- Launchbaugh, K. L., Provenza, F. D., & Burritt, E. A. 1993. How Herbivores Track Variable. *Chemical Ecology*. 19(6). 1047–1056.
- Ledo A., Smith P., Zerihun A., Whitaker J., Vicente-Vicente J.L., Qin Z., McNamara N.P., Zinn Y.L., Llorente M., Liebig M., Kuhnert M., Dondini M., Don A., Diaz-Pines E., Datta A., Bakka H., Aguilera E. & Hillier J. 2020. Changes in soil organic carbon under perennial crops. *Global Change Biology*. 26(7). 4158–4168. <https://doi.org/10.1111/gcb.15120>.
- Lima M., N. 2016. 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* en producción animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

- Lima N., Aguirre L. & Flores E. 2020. Estrategias para mejorar los pastizales altoandinos: el rol del trébol y la fertilización con fósforo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 31(2). e17840. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17840>
- López, F. O. 2004. Impacto del estrés hídrico en plantas de trébol blanco (*Trifolium repens L.*). *INIA Serie de Actividades de difusión*.
- Mamani, G., García, A., & Durand, F. 2013. Manejo y utilización de praderas naturales en la zona altoandina. Ministerio de Agricultura y Riego. 101. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/755>
- Mantilla P., A. J., Cardona, G. I., Peña V., C. P., Murcia, U., Rodríguez, M., & Zambrano, M. M. 2009. Distribución de bacterias potencialmente fijadoras de nitrógeno y su relación con parámetros fisicoquímicos en suelos con tres coberturas vegetales en el sur de la Amazonia colombiana. *Revista de Biología Tropical*. <https://doi.org/10.15517/rbt.v57i4.5436>
- Martins, A. A., Härter, C. J., Batista, N. V., Carvalho, G., Bernardes, G. M. C., Macari, S., Kozloski, G. V., & Pires, C. C. 2021. Protein requirements for maintenance and growth of Corriedale lambs. *Livestock Science*, 244 (January). <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104395>
- MINAM. 2015. Guía de inventario de la flora y vegetación. Ministerio del Ambiente. Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12082/07_guia-a-de-flora-y-vegetacion.pdf?v=1530548605
- MINAM. 2019. Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú - Memoria Descriptiva. Ministerio del Ambiente. Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>.
- Moir J., Jordan P., Moot D. & Lucas D. 2016. Phosphorus response and optimum pH ranges of twelve pasture legumes grown in an acid upland New Zealand soil under glasshouse conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 16(2). 438–460. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162016005000038>.

- Oliva, M., Valqui, L., Meléndez, J., Milla, M., Leiva, S., Collazos, R., & Maicelo, J. 2018. Influence of arboreal native species on silvopastoral systems on the yield and nutritional value of *Lolium multiflorum* and *Trifolium repens*. *Scientia Agropecuaria*. 9(4). 579–583. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.14>
- Oliveira L.B.D. 2012. Dinâmica do fósforo em ecossistema de pastagem natural submetido à aplicação de fontes de fosfato. Dissertação de Mestrado como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa María (Brasil). <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/5543>
- Padilla, FM, Mommer, L., de Caluwe, H., Smit-Tiekstra, AE, Visser, EJ y de Kroon, H. 2019. Los efectos de las precipitaciones extremas son independientes de la riqueza de especies de plantas en una comunidad de pastizal experimental. *Ecología*. 191 (1). 177-190.
- Patiño, D. T., Sánchez, P. C., & Rojas, G. M. 2018. Umbrales en la respuesta de humedad del suelo a condiciones meteorológicas en una ladera Altoandina. *Maskana*. 9(2). 53-65.
- Paredes, M. C. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/393/1/doc.pdf>
- Pirhofer-Walzl, K., Rasmussen, J., Høgh-Jensen, H., Eriksen, J., Søgaard, K., & Rasmussen, J. 2012. Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant and Soil*. 350(1–2). 71–84. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0882-z>
- Quispe E., C. E. 2016. Efecto del pre-pastoreo con vacunos sobre las dietas de alpacas y ovinos en pastizales naturales. Tesis para optar el grado de *Magister Scientiae* en producción animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- Rajan S.S., Fox R.L., Saunders W.M. & Upsdell M. 1991. Influence of pH, time and rate of application on phosphate rock dissolution and availability to pastures. *Fertilizer Research*. 28. 85–93. <https://doi.org/10.1007/BF01048859>.

- Robbins, C. T., Mole, S., Hagerman, A. E., & Hanley, T. A. 1987. Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in dry matter digestion. *Ecology*. 68(6). 1606–1615. <https://doi.org/10.2307/1939852>
- Roberts, R., Jackson, R. W., Mauchline, T. H., Hirsch, P. R., Shaw, L. J., Döring, T. F., & Jones, H. E. 2017. Are there sufficient Ensifer and Rhizobium species diversity in UK farmland soils to support red clover (*Trifolium pratense*), white clover (*T. repens*), lucerne (*Medicago sativa*) and black medic (*M. lupulina*)? *Applied Soil Ecology*. 120(August). 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.030>
- Ruiz S., M., Muñoz H., Y., Guzmán, D., Velázquez R, R., Díaz L, G., Martinez, A., & Almeida, F. 2018. Efecto del calibre semilla (masa) en la germinación del sorgo. *Cultivos Tropicales*. 39(4). 51–59.
- Saint Pierre, C., Busso, C. A., Montenegro, O. A., Rodriguez, G. D., Giorgetti, H. D., Montani, T., & Bravo, O. A. 2004. Direct assessment of competitive ability and defoliation tolerance in perennial grasses. *Canadian Journal of Plant Science*. 84(1).195–204. <https://doi.org/10.4141/P02-151>
- San Martin, F., Bryant, T., T, A., & T., H. 1987. Comparación de la selectividad y nutrición entre camélidos sudamericanos y ovinos. II. consumo y calidad nutritiva de las dietas de llama, alpaca y ovino.
- SAS. 2013. Base SAS 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/procstat/66703/PDF/default/procstat.pdf>.
- Sauvant, D. 2019. Modeling efficiency and robustness in ruminants: The nutritional point of view. *Animal Frontiers*. 9(2). 60–67. <https://doi.org/10.1093/af/vfz012>
- SENAMHI. 2020. Precipitación total anual, según departamento, 2015 a 2020. SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). Perú.

- Shang, ZH, Cao, JJ, Degen, AA, Zhang, DW y Long, RJ 2019. Un estudio de cuatro años en un área de tierra desértica sobre el efecto de la tierra cultivada de regadío y la tierra de cultivo abandonada en las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo. *Catena*. 175. 1-8.
- Skerman, V. B. D., McGowan, V., & Sneath, P. H. A. 1980. Approved lists of bacterial names. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 30(1). 225–420. <https://doi.org/10.1099/00207713-30-1-225>
- Souza, M. de S., Jardim, A. M. da R. F., Araújo Júnior, G. do N., Silva, J. R. I., Leite, M.L. de M. V., Teixeira, V. I., & Silva, T. G. F. da. 2018. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. *Pubvet*. 12(5). 1–9. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n5a91.1-9>
- Tang M. 1986. Factores que afectan la simbiosis leguminosa-rhizobium. *Pastos y Forrajes*. 9(3). 193-209. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1489>
- Tang, Z., Sun, G., Zhang, N., He, J., & Wu, N. 2018. Impacts of land-use and climate change on ecosystem service in Eastern Tibetan Plateau, China. *Sustainability (Switzerland)*. 10(2). 10–12. <https://doi.org/10.3390/su10020467>
- Trillo F., Núñez J., Aguirre L., Barrantes C. & Flores E. 2020. Comparación de indicadores autoecológicos en dinámica de crecimiento de *Festuca dolichophylla* (Presl, 1830) y *Festuca humilior* (Nees & Meyen, 1841). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 31(3). e18743. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/18743>.
- Valencia, E., Gross, N., Quero, J. L., Carmona, C. P., Ochoa, V., Gozalo, B., Delgado-Baquerizo, M., Dumack, K., Hamonts, K., Singh, B. K., Bonkowski, M., & Maestre, F. T. 2018. Cascading effects from plants to soil microorganisms explain how plant species richness and simulated climate change affect soil multifunctionality. In *Global Change Biology* (Vol. 24, Issue 12). <https://doi.org/10.1111/gcb.14440>

- Vallejos F., L., Alvarez G., W., Paredes A., M., Odriozola, S. S., Guillén S., R., Pinares P., C., Bustíos V., J., & Tiellacuri, R. G. 2021. Comportamiento productivo y valor nutricional de siete genotipos de trébol en tres pisos altitudinales de la sierra norte del Perú Productive performance and nutritional value of seven clover genotypes in three. 32(1). 1–12.
- Vaquera H., H. 2018. Análisis de crecimiento estacional de trébol blanco (*Trifolium repens L.*). Agro productividad. 11(5). 62-68.
- Wilcox B. 1984. The Puna - high elevation grassland of the Andes. Rangelands. 6(3). 99–101. <http://hdl.handle.net/10150/638504>.
- Wilson, J. R., & Minson, D. J. 1980. Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. In Tropical Grasslands (Vol. 14, Issue 3, pp. 253–259).
- Xi, D., Bai, R., Zhang, L., & Fanga, Y. 2016. Contribution of anammox to nitrogen removal in two temperate forest soils. Applied and Environmental Microbiology. 82(15). 4602–4612. <https://doi.org/10.1128/AEM.00888-16>
- Yaranga, R. 2019. Ecosistemas de pastizal altoandino (Centro de Investigación en Alta Montaña (CIAM) UNCP (ed.)). ISBN: 9786124769740.
- Yaranga, R., Custodio, M., & Orellana, E. 2019. Composition and floral diversity in Andean grasslands natural post-haverst restoration with *Lepidium meyenii* Walpers. Revista Ambiente e Agua. 14(5). 1–13. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2351>
- Yoon, S., Cruz-García, C., Sanford, R., Ritalahti, K. M., & Löffler, F. E. 2015. Denitrification versus respiratory ammonification: Environmental controls of two competing dissimilatory NO₃-/NO₂-reduction pathways in *Shewanella loihica* strain PV-4. ISME Journal. 9(5). 1093–1104. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.201>

- Zarria M. & Flores E. 2015. Inventario y estrategias de mejora de los pastizales de los sistemas de producción de alpacas en la sierra central. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2080>.
- Zarza R., Calistro E. & Martinez E. 2013. Importancia de la implantación en las pasturas perennes. Reunión Técnica: El Éxito Productivo de Una Pastura Con Leguminosas Perennes Comienza En Su Implantación. La Estanzuela, Colonia, Uruguay. Serie Técnica Actividades de Difusión 711. INIA. 1–9. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6728/1/ad-711.p.1-9-ZARZA.pdf>.
- Zhou, Q., Daryanto, S., Xin, Z., Liu, Z., Liu, M., Cui, X., & Wang, L. 2017. Soil phosphorus budget in global grasslands and implications for management. *Journal of Arid Environments*. 144. 224–235. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.04.008>

VIII. ANEXOS

Anexo 1

Análisis de materia seca de la porción aérea del trébol blanco

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
1	1	0	20	14.14	3.76
2	1	0	20	20.40	4.52
3	1	0	20	12.12	3.48
4	4	0	40	14.75	3.84
5	4	0	40	6.67	2.58
6	4	0	40	10.91	3.30
7	2	15	20	149.08	12.21
8	2	15	20	83.63	9.14
9	2	15	20	137.16	11.71
10	5	15	40	176.55	13.29
11	5	15	40	189.88	13.78
12	5	15	40	66.66	8.16
13	3	30	20	119.38	10.93
14	3	30	20	75.95	8.72
15	3	30	20	81.81	9.05
16	6	30	40	86.46	9.30
17	6	30	40	253.31	15.92
18	6	30	40	114.54	10.70
19	1	0	20	106.05	10.30
20	1	0	20	177.16	13.31
21	1	0	20	137.97	11.75
22	4	0	40	43.23	6.57
23	4	0	40	31.31	5.60
24	4	0	40	93.73	9.68
25	2	15	20	429.06	20.71
26	2	15	20	494.91	22.25
27	2	15	20	383.81	19.59
28	5	15	40	464.61	21.55

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
29	5	15	40	347.45	18.64
30	5	15	40	410.27	20.26
31	3	30	20	390.68	19.77
32	3	30	20	209.28	14.47
33	3	30	20	204.63	14.30
34	6	30	40	151.30	12.30
35	6	30	40	228.27	15.11
36	6	30	40	228.06	15.10
37	1	0	20	107.06	10.35
38	1	0	20	150.70	12.28
39	1	0	20	116.15	10.78
40	4	0	40	56.56	7.52
41	4	0	40	31.51	5.61
42	4	0	40	81.81	9.05
43	2	15	20	386.84	19.67
44	2	15	20	463.40	21.53
45	2	15	20	343.21	18.53
46	5	15	40	379.77	19.49
47	5	15	40	325.23	18.03
48	5	15	40	525.62	22.93
49	3	30	20	485.01	22.02
50	3	30	20	391.89	19.80
51	3	30	20	184.23	13.57
52	6	30	40	143.42	11.98
53	6	30	40	189.48	13.77
54	6	30	40	213.72	14.62
55	1	0	20	121.20	11.01
56	1	0	20	418.15	20.45
57	1	0	20	163.62	12.79
58	4	0	40	377.75	19.44

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
59	4	0	40	199.98	14.14
60	4	0	40	220.19	14.84
61	2	15	20	529.25	23.01
62	2	15	20	820.14	28.64
63	2	15	20	603.99	24.58
64	5	15	40	365.63	19.12
65	5	15	40	535.31	23.14
66	5	15	40	559.55	23.65
67	3	30	20	983.76	31.37
68	3	30	20	436.33	20.89
69	3	30	20	331.29	18.20
70	6	30	40	353.51	18.80
71	6	30	40	331.29	18.20
72	6	30	40	680.76	26.09

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Semilla	2	20 40
Fósforo	3	0 15 30

Número de observaciones leídas 72

Número de observaciones usadas 72

Variable dependiente: Valor1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	1169.621283	233.924257	8.50	<.0001
Error	66	1815.788467	27.511946		
Total corregido	71	2985.409750			

R-cuadrado **Coef Var** **Raíz MSE** **Valor1 Media**

0.391779 35.44242 5.245183 14.79917

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	1125.809908	562.904954	20.46	<.0001
Semilla	1	39.516050	39.516050	1.44	0.2350
Semilla*Fósforo	2	4.295325	2.147663	0.08	0.9250

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	1125.809908	562.904954	20.46	<.0001
Semilla	1	39.516050	39.516050	1.44	0.2350
Semilla*Fósforo	2	4.295325	2.147663	0.08	0.9250

Prueba del rango múltiple de Duncan para Valor1

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

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	66
Error de cuadrado medio	27.51195
Número de medias	2 3
Rango crítico	3.023 3.180

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan Agrupamiento	Media	N	Fósforo
A	18.900	24	15
A			
A	16.041	24	30
B	9.456	24	0

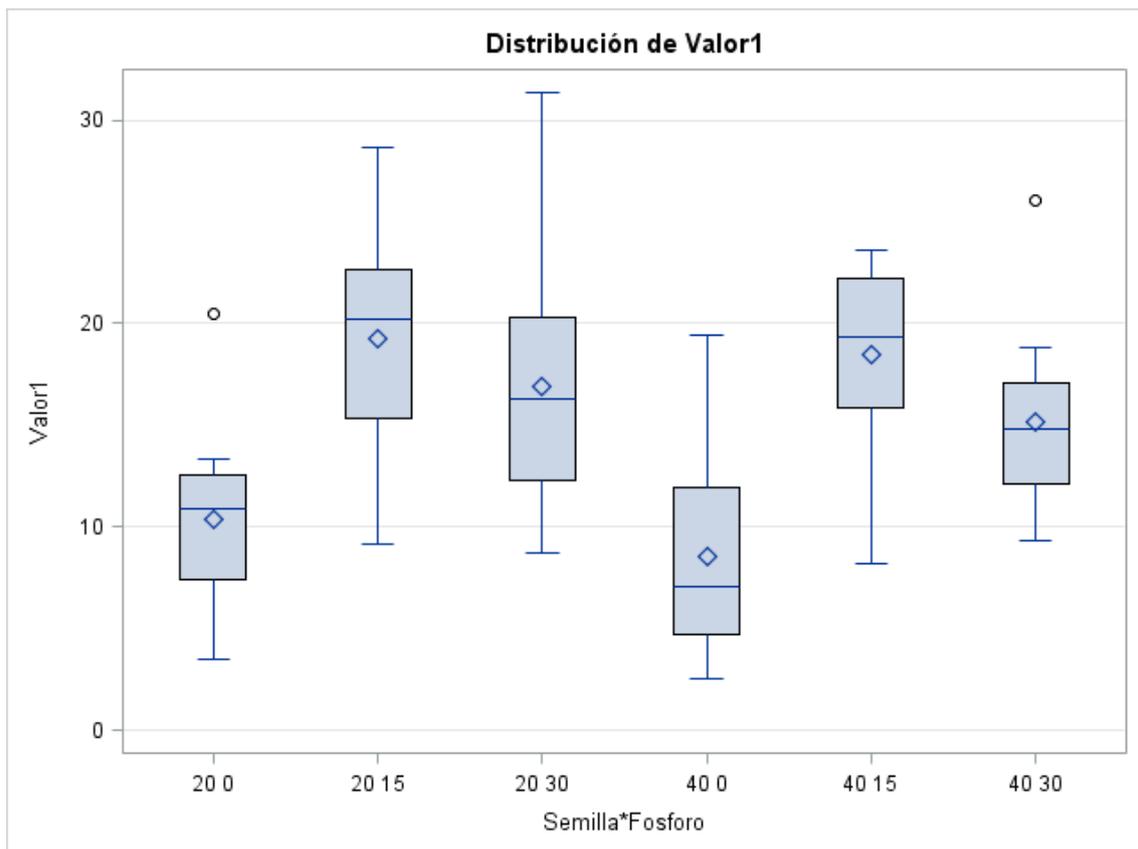
Prueba del rango múltiple de Duncan para Valor1

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

Alpha 0.05
Grados de error de libertad 66
Error de cuadrado medio 27.51195
Número de medias 2
Rango crítico 2.468

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan Agrupamiento	Media	N	Semilla
A	15.540	36	20
A			
A	14.058	36	40



Nivel de Semilla	Nivel de Fósforo	N	Valor1 Media	Dev std
20	0	12	10.3983333	4.74455637
20	15	12	19.2975000	5.69255674
20	30	12	16.9241667	6.45103862
40	0	12	8.5141667	5.21039775
40	15	12	18.5033333	4.65168656
40	30	12	15.1575000	4.44447180

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	10.3983333
20	15	19.2975000
20	30	16.9241667
40	0	8.5141667
40	15	18.5033333
40	30	15.1575000

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Semilla para Valor1

Semilla	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
20	2	509.657517	254.828758	9.26	0.0003
40	2	620.447717	310.223858	11.28	<.0001

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	10.3983333
20	15	19.2975000
20	30	16.9241667
40	0	8.5141667
40	15	18.5033333
40	30	15.1575000

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Fósforo para Valor1

Fósforo	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
0	1	21.300504	21.300504	0.77	0.3821
15	1	3.784204	3.784204	0.14	0.7119
30	1	18.726667	18.726667	0.68	0.4123

Anexo 2

Análisis de nitrógeno de la porción aérea del trébol blanco

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
1	1	0	20	4.20	0.67
2	1	0	20	4.26	0.68
3	1	0	20	3.95	0.65
4	4	0	40	4.34	0.68
5	4	0	40	4.42	0.69
6	4	0	40	3.86	0.64
7	2	15	20	3.78	0.63
8	2	15	20	4.98	0.74
9	2	15	20	3.64	0.62
10	5	15	40	3.64	0.62
11	5	15	40	4.03	0.66
12	5	15	40	3.78	0.63
13	3	30	20	3.61	0.61
14	3	30	20	4.12	0.66
15	3	30	20	3.75	0.63
16	6	30	40	3.92	0.65
17	6	30	40	4.20	0.67
18	6	30	40	4.51	0.70
19	1	0	20	3.19	0.57
20	1	0	20	3.11	0.56
21	1	0	20	3.98	0.65
22	4	0	40	3.70	0.62
23	4	0	40	4.00	0.65
24	4	0	40	3.16	0.56
25	2	15	20	4.00	0.65
26	2	15	20	4.00	0.65
27	2	15	20	3.16	0.56
28	5	15	40	4.00	0.65

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
29	5	15	40	4.20	0.67
30	5	15	40	3.56	0.61
31	3	30	20	4.00	0.65
32	3	30	20	4.20	0.67
33	3	30	20	3.56	0.61
34	6	30	40	3.70	0.62
35	6	30	40	2.66	0.50
36	6	30	40	2.53	0.48
37	1	0	20	3.67	0.62
38	1	0	20	3.64	0.62
39	1	0	20	3.92	0.65
40	4	0	40	4.51	0.70
41	4	0	40	4.14	0.67
42	4	0	40	3.47	0.60
43	2	15	20	3.53	0.61
44	2	15	20	3.58	0.61
45	2	15	20	3.95	0.65
46	5	15	40	3.44	0.60
47	5	15	40	4.09	0.66
48	5	15	40	3.70	0.62
49	3	30	20	4.20	0.67
50	3	30	20	3.98	0.65
51	3	30	20	4.48	0.70
52	6	30	40	4.65	0.71
53	6	30	40	3.92	0.65
54	6	30	40	4.00	0.65
55	1	0	20	4.14	0.67
56	1	0	20	4.09	0.66
57	1	0	20	3.39	0.59
58	4	0	40	3.67	0.62

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
59	4	0	40	3.44	0.60
60	4	0	40	3.95	0.65
61	2	15	20	4.28	0.68
62	2	15	20	4.40	0.69
63	2	15	20	3.44	0.60
64	5	15	40	4.56	0.70
65	5	15	40	4.06	0.66
66	5	15	40	3.36	0.59
67	3	30	20	3.81	0.63
68	3	30	20	4.34	0.68
69	3	30	20	3.92	0.65
70	6	30	40	4.65	0.71
71	6	30	40	3.44	0.60
72	6	30	40	3.92	0.65

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Semilla	2	20 40
Fósforo	3	0 15 30

Número de observaciones leídas 72

Número de observaciones usadas 72

Variable dependiente: Valor1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	0.00274028	0.00054806	0.25	0.9370
Error	66	0.14312500	0.00216856		
Total corregido	71	0.14586528			

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Valor1 Media

0.018786 7.284124 0.046568 0.639306

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	0.00036944	0.00018472	0.09	0.9184
Semilla	1	0.00031250	0.00031250	0.14	0.7055
Semilla*Fósforo	2	0.00205833	0.00102917	0.47	0.6242

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	0.00036944	0.00018472	0.09	0.9184
Semilla	1	0.00031250	0.00031250	0.14	0.7055
Semilla*Fósforo	2	0.00205833	0.00102917	0.47	0.6242

Prueba del rango múltiple de Duncan para Valor1

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

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	66
Error de cuadrado medio	0.002169
Número de medias	2 3
Rango crítico	.02684 .02824

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan Agrupamiento	Media	N	Fósforo
A	0.64167	24	30
A			
A	0.64000	24	15
A			
A	0.63625	24	0

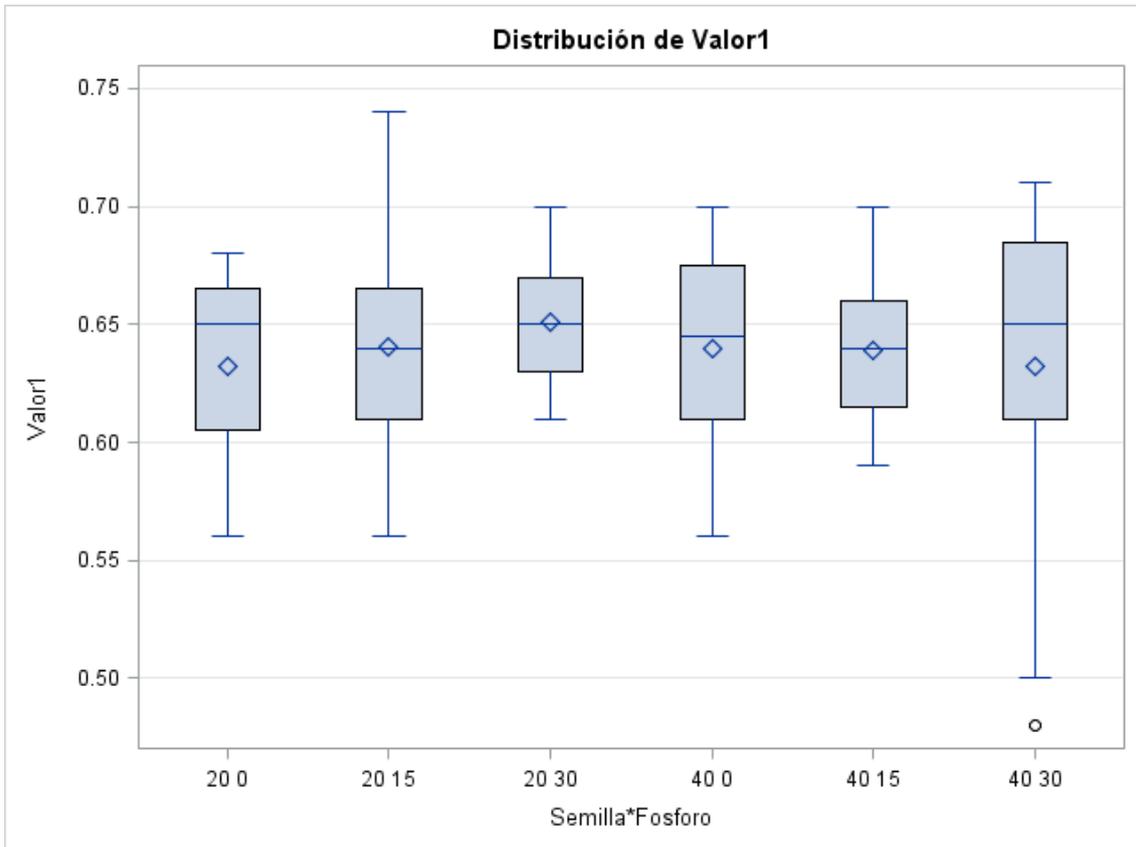
Prueba del rango múltiple de Duncan para Valor1

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

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	66
Error de cuadrado medio	0.002169
Número de medias	2
Rango crítico	.02191

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan Agrupamiento	Media	N	Semilla
A	0.64139	36	20
A			
A	0.63722	36	40



Nivel de Semilla	Nivel de Fósforo	N	Valor1 Media	Dev std
20	0	12	0.63250000	0.04048007
20	15	12	0.64083333	0.04737823
20	30	12	0.65083333	0.02745520
40	0	12	0.64000000	0.04177864
40	15	12	0.63916667	0.03260182
40	30	12	0.63250000	0.07460502

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	0.63250000
20	15	0.64083333
20	30	0.65083333
40	0	0.64000000
40	15	0.63916667
40	30	0.63250000

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Semilla para Valor1

Semilla	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
20	2	0.002022	0.001011	0.47	0.6294
40	2	0.000406	0.000203	0.09	0.9109

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	0.63250000
20	15	0.64083333
20	30	0.65083333
40	0	0.64000000
40	15	0.63916667
40	30	0.63250000

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Fósforo para Valor1

Fósforo	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
0	1	0.000337	0.000337	0.16	0.6945
15	1	0.000016667	0.000016667	0.01	0.9304
30	1	0.002017	0.002017	0.93	0.3384

Anexo 3

Análisis de fósforo de la porción aérea del trébol blanco

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
1	1	0	20	0.21	-0.15
2	1	0	20	0.25	-0.12
3	1	0	20	0.20	-0.15
4	4	0	40	0.25	-0.12
5	4	0	40	0.27	-0.11
6	4	0	40	0.20	-0.15
7	2	15	20	0.34	-0.08
8	2	15	20	0.40	-0.05
9	2	15	20	0.41	-0.04
10	5	15	40	0.36	-0.07
11	5	15	40	0.41	-0.04
12	5	15	40	0.41	-0.04
13	3	30	20	0.38	-0.06
14	3	30	20	0.37	-0.06
15	3	30	20	0.41	-0.04
16	6	30	40	0.41	-0.04
17	6	30	40	0.40	-0.05
18	6	30	40	0.40	-0.05
19	1	0	20	0.30	-0.10
20	1	0	20	0.20	-0.15
21	1	0	20	0.39	-0.05
22	4	0	40	0.34	-0.08
23	4	0	40	0.20	-0.15
24	4	0	40	0.17	-0.17
25	2	15	20	0.21	-0.15
26	2	15	20	0.20	-0.15
27	2	15	20	0.17	-0.17
28	5	15	40	0.22	-0.14

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
29	5	15	40	0.34	-0.08
30	5	15	40	0.28	-0.11
31	3	30	20	0.22	-0.14
32	3	30	20	0.34	-0.08
33	3	30	20	0.28	-0.11
34	6	30	40	0.34	-0.08
35	6	30	40	0.29	-0.10
36	6	30	40	0.37	-0.06
37	1	0	20	0.26	-0.12
38	1	0	20	0.24	-0.13
39	1	0	20	0.26	-0.12
40	4	0	40	0.28	-0.11
41	4	0	40	0.27	-0.11
42	4	0	40	0.27	-0.11
43	2	15	20	0.23	-0.14
44	2	15	20	0.27	-0.11
45	2	15	20	0.26	-0.12
46	5	15	40	0.27	-0.11
47	5	15	40	0.27	-0.11
48	5	15	40	0.24	-0.13
49	3	30	20	0.31	-0.09
50	3	30	20	0.27	-0.11
51	3	30	20	0.28	-0.11
52	6	30	40	0.40	-0.05
53	6	30	40	0.34	-0.08
54	6	30	40	0.33	-0.08
55	1	0	20	0.29	-0.10
56	1	0	20	0.28	-0.11
57	1	0	20	0.34	-0.08
58	4	0	40	0.33	-0.08

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
59	4	0	40	0.10	-0.22
60	4	0	40	0.26	-0.12
61	2	15	20	0.32	-0.09
62	2	15	20	0.31	-0.09
63	2	15	20	0.32	-0.09
64	5	15	40	0.38	-0.06
65	5	15	40	0.20	-0.15
66	5	15	40	0.22	-0.14
67	3	30	20	0.23	-0.14
68	3	30	20	0.19	-0.16
69	3	30	20	0.15	-0.19
70	6	30	40	0.39	-0.05
71	6	30	40	0.34	-0.08
72	6	30	40	0.28	-0.11

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Semilla	2	20 40
Fósforo	3	0 15 30

Número de observaciones leídas 72

Número de observaciones usadas 72

Variable dependiente: Valor1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	0.02325694	0.00465139	3.42	0.0082
Error	66	0.08967500	0.00135871		
Total corregido	71	0.11293194			

R-cuadrado 0.205938 **Coef Var** -35.43353 **Raíz MSE** 0.036861 **Valor1 Media** -0.104028

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	0.01308611	0.00654306	4.82	0.0112
Semilla	1	0.00233472	0.00233472	1.72	0.1945
Semilla*Fósforo	2	0.00783611	0.00391806	2.88	0.0630

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	0.01308611	0.00654306	4.82	0.0112
Semilla	1	0.00233472	0.00233472	1.72	0.1945
Semilla*Fósforo	2	0.00783611	0.00391806	2.88	0.0630

Prueba del rango múltiple de Duncan para Valor1

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

Alpha 0.05
Grados de error de libertad 66
Error de cuadrado medio 0.001359
Número de medias 2 3
Rango crítico .02124 .02235

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan	Agrupamiento	Media	N	Fósforo
	A	-0.08833	24	30
	A			
B	A	-0.10250	24	15
B				
B		-0.12125	24	0

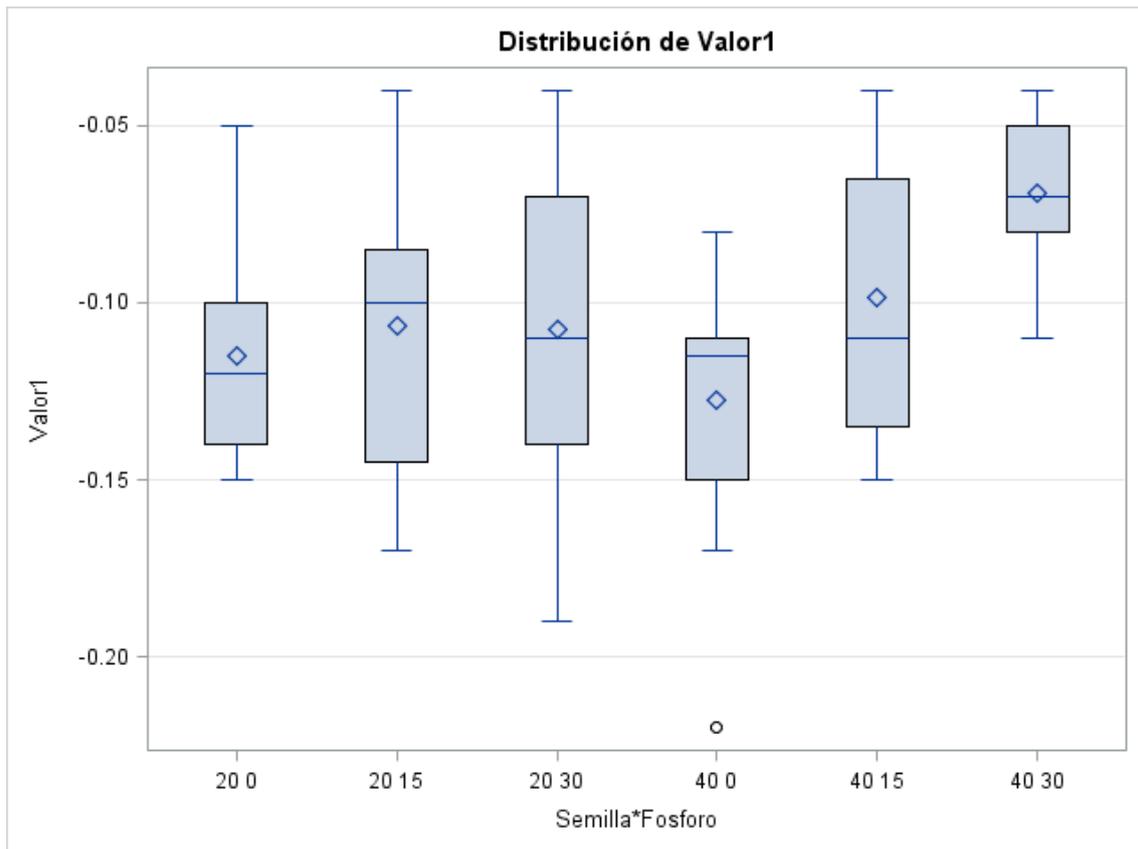
Prueba del rango múltiple de Duncan para Valor1

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

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	66
Error de cuadrado medio	0.001359
Número de medias	2
Rango crítico	.01735

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan	Agrupamiento	Media	N	Semilla
A		-0.098333	36	40
A				
A		-0.109722	36	20



Nivel de Semilla	Nivel de Fósforo	N	Valor1 Media	Dev std
20	0	12	-0.11500000	0.03000000
20	15	12	-0.10666667	0.04075053
20	30	12	-0.10750000	0.04454314
40	0	12	-0.12750000	0.03957157
40	15	12	-0.09833333	0.03927371
40	30	12	-0.06916667	0.02234373

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	-0.11500000
20	15	-0.10666667
20	30	-0.10750000
40	0	-0.12750000
40	15	-0.09833333
40	30	-0.06916667

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Semilla para Valor1

Semilla	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
20	2	0.000506	0.000253	0.19	0.8307
40	2	0.020417	0.010208	7.51	0.0011

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	-0.11500000
20	15	-0.10666667
20	30	-0.10750000
40	0	-0.12750000
40	15	-0.09833333
40	30	-0.06916667

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Fósforo para Valor1

Fósforo	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
0	1	0.000937	0.000937	0.69	0.4092
15	1	0.000417	0.000417	0.31	0.5816
30	1	0.008817	0.008817	6.49	0.0132

Anexo 4

Análisis de materia seca de la porción radicular del trébol blanco

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
1	1	0	20	12.32	1.11
2	1	0	20	12.73	1.12
3	1	0	20	12.73	1.12
4	4	0	40	9.38	0.99
5	4	0	40	15.22	1.20
6	4	0	40	11.01	1.06
7	2	15	20	33.53	1.53
8	2	15	20	32.72	1.52
9	2	15	20	50.30	1.71
10	5	15	40	90.70	1.96
11	5	15	40	40.60	1.61
12	5	15	40	35.15	1.55
13	3	30	20	31.31	1.50
14	3	30	20	34.14	1.54
15	3	30	20	54.14	1.74
16	6	30	40	18.99	1.29
17	6	30	40	64.84	1.82
18	6	30	40	28.28	1.46
19	1	0	20	64.64	1.81
20	1	0	20	79.59	1.90
21	1	0	20	78.18	1.90
22	4	0	40	29.29	1.47
23	4	0	40	16.97	1.24
24	4	0	40	88.28	1.95
25	2	15	20	224.43	2.35
26	2	15	20	240.39	2.38
27	2	15	20	219.78	2.34
28	5	15	40	346.44	2.54

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
29	5	15	40	153.52	2.19
30	5	15	40	268.67	2.43
31	3	30	20	189.88	2.28
32	3	30	20	112.52	2.05
33	3	30	20	189.48	2.28
34	6	30	40	87.87	1.95
35	6	30	40	151.30	2.18
36	6	30	40	168.67	2.23
37	1	0	20	66.66	1.83
38	1	0	20	90.90	1.96
39	1	0	20	72.52	1.86
40	4	0	40	29.29	1.47
41	4	0	40	19.80	1.31
42	4	0	40	111.10	2.05
43	2	15	20	210.89	2.33
44	2	15	20	226.25	2.36
45	2	15	20	205.64	2.31
46	5	15	40	363.61	2.56
47	5	15	40	135.34	2.13
48	5	15	40	323.21	2.51
49	3	30	20	221.20	2.35
50	3	30	20	189.88	2.28
51	3	30	20	176.75	2.25
52	6	30	40	84.84	1.93
53	6	30	40	139.59	2.15
54	6	30	40	157.56	2.20
55	1	0	20	238.37	2.38
56	1	0	20	323.21	2.51
57	1	0	20	236.35	2.37
58	4	0	40	351.49	2.55

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
59	4	0	40	351.49	2.55
60	4	0	40	309.07	2.49
61	2	15	20	723.18	2.86
62	2	15	20	810.04	2.91
63	2	15	20	561.57	2.75
64	5	15	40	254.53	2.41
65	5	15	40	698.94	2.84
66	5	15	40	915.08	2.96
67	3	30	20	806.00	2.91
68	3	30	20	313.11	2.50
69	3	30	20	414.11	2.62
70	6	30	40	272.71	2.44
71	6	30	40	317.15	2.50
72	6	30	40	935.28	2.97

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Semilla	2	20 40
Fósforo	3	0 15 30

Número de observaciones leídas 72

Número de observaciones usadas 72

Variable dependiente: Valor1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	3.81412778	0.76282556	3.29	0.0103
Error	66	15.30166667	0.23184343		
Total corregido	71	19.11579444			

R-cuadrado 0.199528 **Coef Var** 23.32039 **Raíz MSE** 0.481501 **Valor1 Media** 2.064722

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	3.65247778	1.82623889	7.88	0.0009
Semilla	1	0.07867222	0.07867222	0.34	0.5622
Semilla*Fósforo	2	0.08297778	0.04148889	0.18	0.8366

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	3.65247778	1.82623889	7.88	0.0009
Semilla	1	0.07867222	0.07867222	0.34	0.5622
Semilla*Fósforo	2	0.08297778	0.04148889	0.18	0.8366

Prueba del rango múltiple de Duncan para Valor1

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

Alpha 0.05
Grados de error de libertad 66
Error de cuadrado medio 0.231843
Número de medias 2 3
Rango crítico .2775 .2920

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan Agrupamiento	Media	N	Fósforo
A	2.2933	24	15
A			
A	2.1425	24	30
B	1.7583	24	0

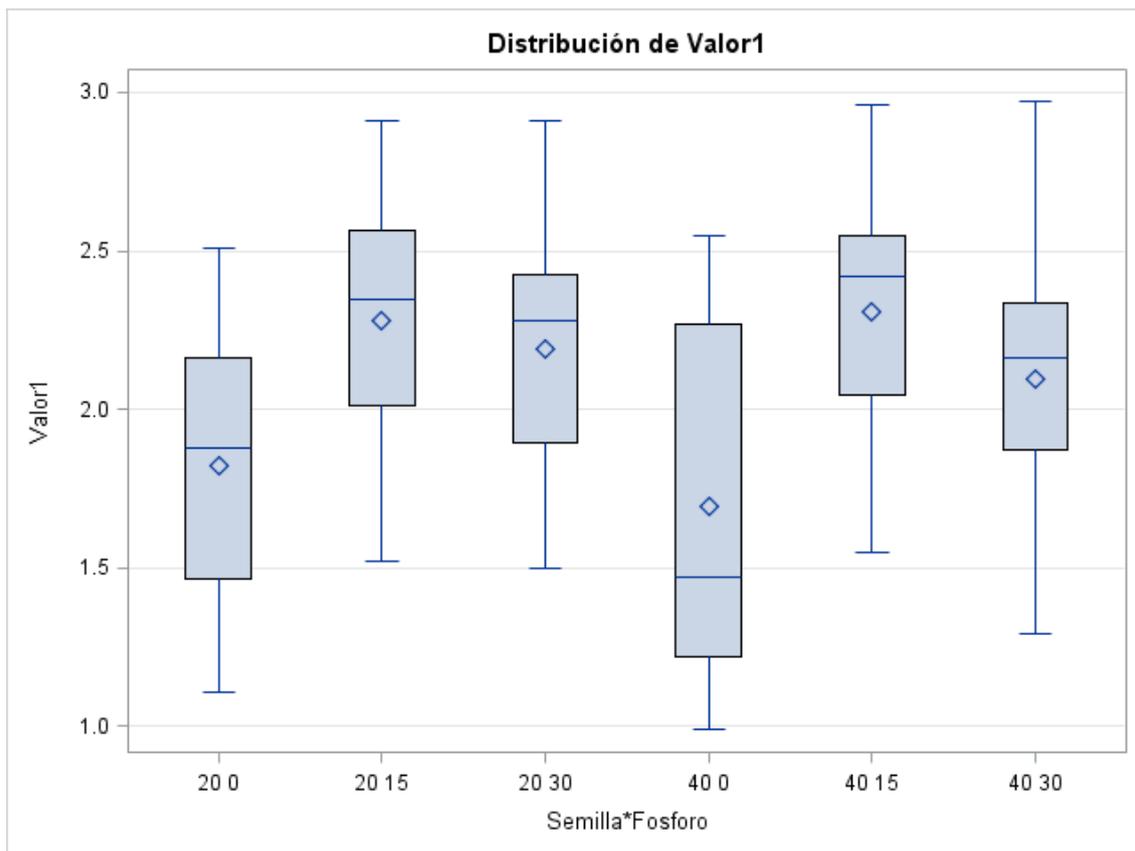
Prueba del rango múltiple de Duncan para Valor1

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

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	66
Error de cuadrado medio	0.231843
Número de medias	2
Rango crítico	.2266

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan Agrupamiento	Media	N	Semilla
A	2.0978	36	20
A			
A	2.0317	36	40



Nivel de Semilla	Nivel de Fósforo	N	Valor1 Media	Dev std
20	0	12	1.82250000	0.48714614
20	15	12	2.27916667	0.47169825
20	30	12	2.19166667	0.42357426
40	0	12	1.69416667	0.59443569
40	15	12	2.30750000	0.43900973
40	30	12	2.09333333	0.45359841

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	1.82250000
20	15	2.27916667
20	30	2.19166667
40	0	1.69416667
40	15	2.30750000
40	30	2.09333333

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Semilla para Valor1

Semilla	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
20	2	1.409939	0.704969	3.04	0.0545
40	2	2.325517	1.162758	5.02	0.0094

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	1.82250000
20	15	2.27916667
20	30	2.19166667
40	0	1.69416667
40	15	2.30750000
40	30	2.09333333

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Fósforo para Valor1

Fósforo	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
0	1	0.098817	0.098817	0.43	0.5161
15	1	0.004817	0.004817	0.02	0.8858
30	1	0.058017	0.058017	0.25	0.6186

Anexo 5

Análisis de nitrógeno de la porción radicular del trébol blanco

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
1	1	0	20	3.00	0.54
2	1	0	20	3.02	0.55
3	1	0	20	2.41	0.46
4	4	0	40	3.53	0.61
5	4	0	40	3.02	0.55
6	4	0	40	2.97	0.54
7	2	15	20	3.28	0.58
8	2	15	20	2.30	0.45
9	2	15	20	2.44	0.47
10	5	15	40	2.35	0.45
11	5	15	40	3.19	0.57
12	5	15	40	3.16	0.56
13	3	30	20	2.72	0.51
14	3	30	20	2.74	0.51
15	3	30	20	2.80	0.52
16	6	30	40	3.00	0.54
17	6	30	40	2.60	0.49
18	6	30	40	3.00	0.54
19	1	0	20	2.32	0.45
20	1	0	20	2.30	0.45
21	1	0	20	2.32	0.45
22	4	0	40	2.27	0.44
23	4	0	40	2.72	0.51
24	4	0	40	2.38	0.46
25	2	15	20	2.49	0.48
26	2	15	20	2.72	0.51
27	2	15	20	2.38	0.46

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
28	5	15	40	2.41	0.46
29	5	15	40	2.86	0.53
30	5	15	40	2.38	0.46
31	3	30	20	2.41	0.46
32	3	30	20	2.86	0.53
33	3	30	20	2.38	0.46
34	6	30	40	2.27	0.44
35	6	30	40	2.04	0.40
36	6	30	40	2.58	0.49
37	1	0	20	1.54	0.31
38	1	0	20	2.27	0.44
39	1	0	20	2.04	0.40
40	4	0	40	2.10	0.41
41	4	0	40	2.38	0.46
42	4	0	40	1.96	0.39
43	2	15	20	2.13	0.42
44	2	15	20	2.38	0.46
45	2	15	20	2.41	0.46
46	5	15	40	2.30	0.45
47	5	15	40	2.52	0.48
48	5	15	40	2.52	0.48
49	3	30	20	1.99	0.40
50	3	30	20	2.44	0.47
51	3	30	20	2.41	0.46
52	6	30	40	2.35	0.45
53	6	30	40	2.41	0.46
54	6	30	40	2.66	0.50
55	1	0	20	3.78	0.63
56	1	0	20	3.64	0.62
57	1	0	20	3.56	0.61

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
58	4	0	40	2.69	0.50
59	4	0	40	3.08	0.55
60	4	0	40	3.42	0.59
61	2	15	20	3.30	0.58
62	2	15	20	2.72	0.51
63	2	15	20	1.90	0.38
64	5	15	40	2.69	0.50
65	5	15	40	2.38	0.46
66	5	15	40	3.39	0.59
67	3	30	20	2.27	0.44
68	3	30	20	2.69	0.50
69	3	30	20	2.58	0.49
70	6	30	40	3.16	0.56
71	6	30	40	2.32	0.45
72	6	30	40	2.44	0.47

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Semilla	2	20 40
Fósforo	3	0 15 30

Número de observaciones leídas 72

Número de observaciones usadas 72

Variable dependiente: Valor1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	0.00570694	0.00114139	0.28	0.9203
Error	66	0.26532500	0.00402008		
Total corregido	71	0.27103194			

R-cuadrado 0.021056 **Coef Var** 12.96533 **Raíz MSE** 0.063404 **Valor1 Media** 0.489028

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	0.00301944	0.00150972	0.38	0.6884
Semilla	1	0.00190139	0.00190139	0.47	0.4940
Semilla*Fósforo	2	0.00078611	0.00039306	0.10	0.9070

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	0.00301944	0.00150972	0.38	0.6884
Semilla	1	0.00190139	0.00190139	0.47	0.4940
Semilla*Fósforo	2	0.00078611	0.00039306	0.10	0.9070

Prueba del rango múltiple de Duncan para Valor1

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

Alpha 0.05
Grados de error de libertad 66
Error de cuadrado medio 0.00402
Número de medias 2 3
Rango crítico .03654 .03845

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan Agrupamiento	Media	N	Fósforo
A	0.49667	24	0
A			
A	0.48958	24	15
A			
A	0.48083	24	30

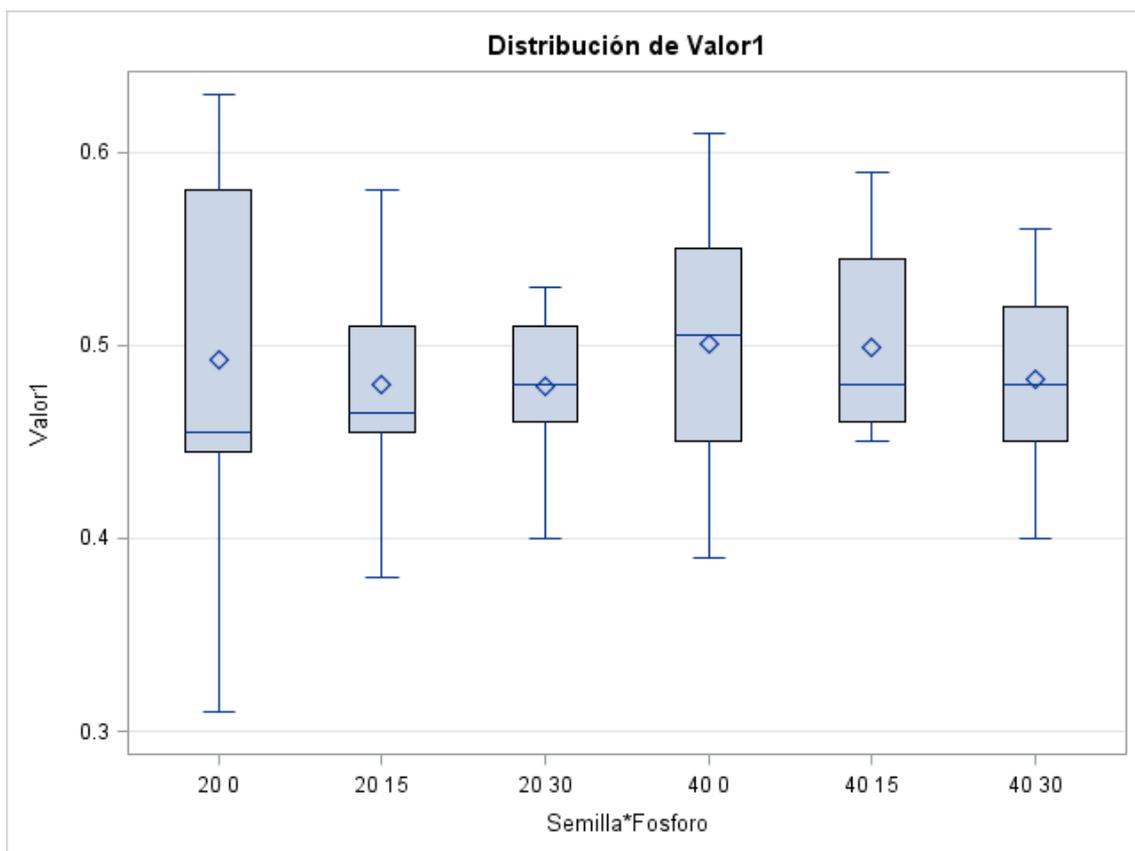
Prueba del rango múltiple de Duncan para Valor1

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

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	66
Error de cuadrado medio	0.00402
Número de medias	2
Rango crítico	.02984

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan Agrupamiento	Media	N	Semilla
A	0.49417	36	40
A			
A	0.48389	36	20



Nivel de Semilla	Nivel de Fósforo	N	Valor1 Media	Dev std
20	0	12	0.49250000	0.09799119
20	15	12	0.48000000	0.05846522
20	30	12	0.47916667	0.03776924
40	0	12	0.50083333	0.06999459
40	15	12	0.49916667	0.05053502
40	30	12	0.48250000	0.04712170

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	0.49250000
20	15	0.48000000
20	30	0.47916667
40	0	0.50083333
40	15	0.49916667
40	30	0.48250000

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Semilla para Valor1

Semilla	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
20	2	0.001339	0.000669	0.17	0.8470
40	2	0.002467	0.001233	0.31	0.7368

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	0.49250000
20	15	0.48000000
20	30	0.47916667
40	0	0.50083333
40	15	0.49916667
40	30	0.48250000

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Fósforo para Valor1

Fósforo	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
0	1	0.000417	0.000417	0.10	0.7485
15	1	0.002204	0.002204	0.55	0.4616
30	1	0.000066667	0.000066667	0.02	0.8979

Anexo 6

Análisis de fósforo de la porción radicular del trébol blanco

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
1	1	0	20	0.18	-0.17
2	1	0	20	0.23	-0.14
3	1	0	20	0.25	-0.12
4	4	0	40	0.24	-0.13
5	4	0	40	0.25	-0.12
6	4	0	40	0.19	-0.16
7	2	15	20	0.38	-0.06
8	2	15	20	0.42	-0.04
9	2	15	20	0.42	-0.04
10	5	15	40	0.42	-0.04
11	5	15	40	0.42	-0.04
12	5	15	40	0.42	-0.04
13	3	30	20	0.42	-0.04
14	3	30	20	0.42	-0.04
15	3	30	20	0.42	-0.04
16	6	30	40	0.42	-0.04
17	6	30	40	0.42	-0.04
18	6	30	40	0.42	-0.04
19	1	0	20	0.30	-0.10
20	1	0	20	0.31	-0.09
21	1	0	20	0.30	-0.10
22	4	0	40	0.34	-0.08
23	4	0	40	0.12	-0.21
24	4	0	40	0.10	-0.22
25	2	15	20	0.15	-0.19
26	2	15	20	0.12	-0.21
27	2	15	20	0.10	-0.22
28	5	15	40	0.19	-0.16

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
29	5	15	40	0.21	-0.15
30	5	15	40	0.20	-0.15
31	3	30	20	0.19	-0.16
32	3	30	20	0.21	-0.15
33	3	30	20	0.20	-0.15
34	6	30	40	0.34	-0.08
35	6	30	40	0.32	-0.09
36	6	30	40	0.37	-0.06
37	1	0	20	0.14	-0.19
38	1	0	20	0.13	-0.20
39	1	0	20	0.15	-0.19
40	4	0	40	0.12	-0.21
41	4	0	40	0.18	-0.17
42	4	0	40	0.09	-0.23
43	2	15	20	0.13	-0.20
44	2	15	20	0.24	-0.13
45	2	15	20	0.16	-0.18
46	5	15	40	0.18	-0.17
47	5	15	40	0.16	-0.18
48	5	15	40	0.12	-0.21
49	3	30	20	0.39	-0.05
50	3	30	20	0.17	-0.17
51	3	30	20	0.18	-0.17
52	6	30	40	0.30	-0.10
53	6	30	40	0.22	-0.14
54	6	30	40	0.18	-0.17
55	1	0	20	0.13	-0.20
56	1	0	20	0.22	-0.14
57	1	0	20	0.07	-0.24
58	4	0	40	0.24	-0.13

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
59	4	0	40	0.06	-0.25
60	4	0	40	0.23	-0.14
61	2	15	20	0.06	-0.25
62	2	15	20	0.01	-0.29
63	2	15	20	0.06	-0.25
64	5	15	40	0.27	-0.11
65	5	15	40	0.09	-0.23
66	5	15	40	0.28	-0.11
67	3	30	20	0.16	-0.18
68	3	30	20	0.16	-0.18
69	3	30	20	0.10	-0.22
70	6	30	40	0.33	-0.08
71	6	30	40	0.15	-0.19
72	6	30	40	0.07	-0.24

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Semilla	2	20 40
Fósforo	3	0 15 30

Número de observaciones leídas 72

Número de observaciones usadas 72

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan	Agrupamiento	Media	N	Fósforo
	A	-0.11750	24	30
	A			
B	A	-0.15208	24	15
	B			
B		-0.16375	24	0

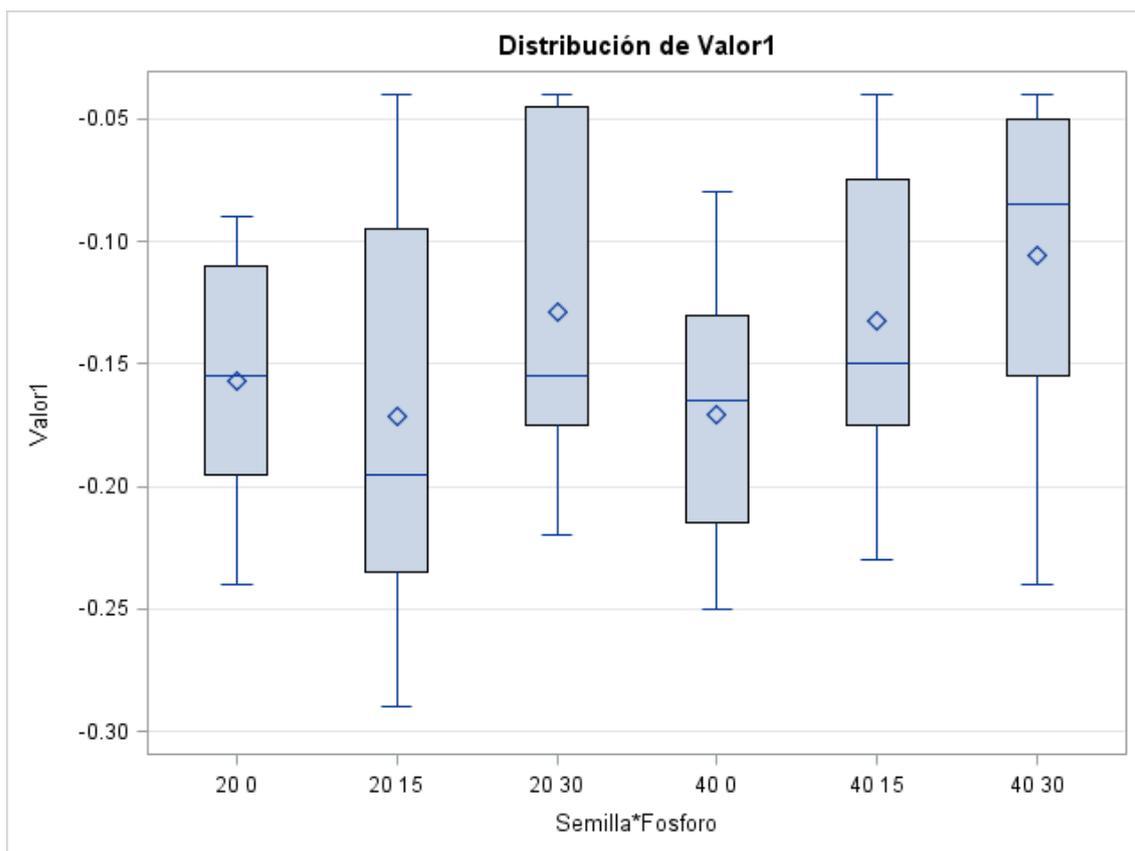
Prueba del rango múltiple de Duncan para Valor1

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

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	66
Error de cuadrado medio	0.004235
Número de medias	2
Rango crítico	.03063

**Medias con la misma letra
no son significativamente
diferentes.**

Duncan	Agrupamiento	Media	N	Semilla
	A	-0.13639	36	40
	A			
	A	-0.15250	36	20



Nivel de Semilla	Nivel de Fósforo	N	Valor1 Media	Dev std
20	0	12	-0.15666667	0.04849242
20	15	12	-0.17166667	0.08536907
20	30	12	-0.12916667	0.06653206
40	0	12	-0.17083333	0.05264950
40	15	12	-0.13250000	0.06552238
40	30	12	-0.10583333	0.06542981

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	-0.15666667
20	15	-0.17166667
20	30	-0.12916667
40	0	-0.17083333
40	15	-0.13250000
40	30	-0.10583333

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Semilla para Valor1

Semilla	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
20	2	0.011150	0.005575	1.32	0.2751
40	2	0.025622	0.012811	3.02	0.0553

Medias de mínimos cuadrados

Semilla	Fósforo	Valor1 LSMEAN
20	0	-0.15666667
20	15	-0.17166667
20	30	-0.12916667
40	0	-0.17083333
40	15	-0.13250000
40	30	-0.10583333

Medias de mínimos cuadrados

Semilla*Fósforo Efecto dividido por Fósforo para Valor1

Fósforo	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
0	1	0.001204	0.001204	0.28	0.5957
15	1	0.009204	0.009204	2.17	0.1452
30	1	0.003267	0.003267	0.77	0.3830

Anexo 7

Análisis cobertura vegetal del trébol blanco

Obs	Trat	Fosforo	Semilla	CV	CVP	CV1	CVP1
1	1	0	20	0.38	1.88	0.94	1.54
2	1	0	20	0.27	1.35	0.88	1.36
3	1	0	20	0.38	1.90	0.94	1.55
4	2	15	20	1.15	5.77	1.29	2.50
5	2	15	20	0.91	4.53	1.19	2.24
6	2	15	20	1.08	5.39	1.26	2.43
7	3	30	20	0.67	3.33	1.08	1.96
8	3	30	20	0.75	3.73	1.12	2.06
9	3	30	20	1.38	6.88	1.37	2.72
10	4	0	40	0.71	3.53	1.10	2.01
11	4	0	40	0.23	1.13	0.85	1.28
12	4	0	40	0.34	1.68	0.91	1.48
13	5	15	40	1.84	9.21	1.53	3.12
14	5	15	40	0.96	4.78	1.21	2.30
15	5	15	40	1.22	6.12	1.31	2.57
16	6	30	40	1.05	5.23	1.24	2.39
17	6	30	40	0.88	4.38	1.17	2.21
18	6	30	40	0.64	3.22	1.07	1.93
19	1	0	20	0.91	4.56	1.19	2.25
20	1	0	20	1.42	7.09	1.38	2.75
21	1	0	20	1.18	5.91	1.30	2.53
22	2	15	20	6.30	31.52	2.61	5.66
23	2	15	20	4.94	24.69	2.33	5.02
24	2	15	20	2.92	14.59	1.85	3.89
25	3	30	20	3.86	19.29	2.09	4.45
26	3	30	20	1.96	9.80	1.57	3.21
27	3	30	20	2.45	12.25	1.72	3.57
28	4	0	40	0.66	3.29	1.08	1.95

Obs	Trat	Fosforo	Semilla	CV	CVP	CV1	CVP1
29	4	0	40	0.75	3.75	1.12	2.06
30	4	0	40	1.22	6.12	1.31	2.57
31	5	15	40	3.40	16.98	1.97	4.18
32	5	15	40	2.09	10.46	1.61	3.31
33	5	15	40	4.19	20.93	2.16	4.63
34	6	30	40	1.70	8.52	1.48	3.00
35	6	30	40	1.57	7.84	1.44	2.89
36	6	30	40	1.65	8.23	1.46	2.95
37	1	0	20	0.92	4.62	1.19	2.26
38	1	0	20	0.89	4.43	1.18	2.22
39	1	0	20	1.15	5.74	1.28	2.50
40	2	15	20	6.13	30.64	2.57	5.58
41	2	15	20	6.71	33.55	2.69	5.83
42	2	15	20	6.42	32.08	2.63	5.71
43	3	30	20	5.81	29.03	2.51	5.43
44	3	30	20	2.62	13.09	1.77	3.69
45	3	30	20	2.81	14.07	1.82	3.82
46	4	0	40	0.52	2.58	1.01	1.76
47	4	0	40	0.66	3.29	1.08	1.95
48	4	0	40	0.79	3.93	1.13	2.10
49	5	15	40	3.75	18.73	2.06	4.39
50	5	15	40	1.74	8.72	1.50	3.04
51	5	15	40	7.21	36.05	2.78	6.05
52	6	30	40	1.93	9.67	1.56	3.19
53	6	30	40	1.52	7.62	1.42	2.85
54	6	30	40	2.21	11.04	1.65	3.40
55	1	0	20	1.43	7.14	1.39	2.76
56	1	0	20	1.65	8.26	1.47	2.96
57	1	0	20	1.19	5.95	1.30	2.54
58	2	15	20	9.44	47.22	3.15	6.91
59	2	15	20	8.09	40.43	2.93	6.40

Obs	Trat	Fosforo	Semilla	CV	CVP	CV1	CVPI
60	2	15	20	7.24	36.22	2.78	6.06
61	3	30	20	6.58	32.92	2.66	5.78
62	3	30	20	7.45	37.24	2.82	6.14
63	3	30	20	6.12	30.59	2.57	5.58
64	4	0	40	0.85	4.26	1.16	2.18
65	4	0	40	1.01	5.05	1.23	2.36
66	4	0	40	0.78	3.91	1.13	2.10
67	5	15	40	7.53	37.66	2.83	6.18
68	5	15	40	9.91	49.55	3.23	7.07
69	5	15	40	9.16	45.81	3.11	6.80
70	6	30	40	3.78	18.90	2.07	4.40
71	6	30	40	2.97	14.86	1.86	3.92
72	6	30	40	5.73	28.66	2.50	5.40

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Trat	6	1 2 3 4 5 6
Fosforo	3	0 15 30
Semilla	2	20 40

Número de observaciones leídas 72

Número de observaciones usadas 72

Variable dependiente: CVP1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	83.4112569	16.6822514	11.10	<.0001
Error	66	99.1652417	1.5025037		
Total corregido	71	182.5764986			

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE CVP1 Media
 0.456856 35.32610 1.225767 3.469861

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fosforo	2	77.97880278	38.98940139	25.95	<.0001
Semilla	1	4.44516806	4.44516806	2.96	0.0901
Fosforo*Semilla	2	0.98728611	0.49364306	0.33	0.7211

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fosforo	2	77.97880278	38.98940139	25.95	<.0001
Semilla	1	4.44516806	4.44516806	2.96	0.0901
Fosforo*Semilla	2	0.98728611	0.49364306	0.33	0.7211

Anexo 8

Análisis proteína de *Festuca dolichophylla*

Obs	Trat	Fósforo	Semilla	Valor	Valor1
1	1	0	20	10.13	1.03
2	1	0	20	10.13	1.03
3	1	0	20	13.63	1.15
4	4	0	40	12.06	1.10
5	4	0	40	8.25	0.94
6	4	0	40	9.63	1.01
7	2	15	20	9.81	1.01
8	2	15	20	8.75	0.97
9	2	15	20	12.75	1.12
10	5	15	40	10.88	1.06
11	5	15	40	10.31	1.03
12	5	15	40	9.81	1.01
13	3	30	20	10.31	1.03
14	3	30	20	7.19	0.89
15	3	30	20	9.44	1.00
16	6	30	40	11.75	1.09
17	6	30	40	10.50	1.04
18	6	30	40	10.13	1.03

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Semilla	2	20 40
Fósforo	3	0 15 30

Número de observaciones leídas 18

Número de observaciones usadas 18

Variable dependiente: Valor1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	0.01666667	0.00333333	0.82	0.5579
Error	12	0.04873333	0.00406111		
Total corregido	17	0.06540000			

R-cuadrado **Coef Var** **Raíz MSE** **Valor1 Media**
 0.254842 6.187073 0.063727 1.030000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	0.00280000	0.00140000	0.34	0.7152
Semilla	1	0.00035556	0.00035556	0.09	0.7724
Semilla*Fósforo	2	0.01351111	0.00675556	1.66	0.2303

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fósforo	2	0.00280000	0.00140000	0.34	0.7152
Semilla	1	0.00035556	0.00035556	0.09	0.7724
Semilla*Fósforo	2	0.01351111	0.00675556	1.66	0.2303

Anexo 9

Experimento 2 - Selectividad

