



Fertilización fosforada en el ciclo de vida, producción de forraje y semilla de trébol carretilla (*Medicago hispida* Gaertn) en Camacani Puno

Phosphorus fertilisation in the life cycle, forage and seed production of bur clover (*Medicago hispida* Gaertn) in Camacani Puno

Larico Vera, J.^a, Canaza-Cayo, A.W.^{*,a}, Beltrán Barriga, P.A.^a,
Terroba, N.^a, Supo-Halanoca, F.^a

^a Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad Nacional del Altiplano Código Postal 21001, Puno, Perú.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 22.09.2021

Accepted 18.07.2022

Keywords:

Bur clover

Green matter yield

Dry matter yield

Seed production

Original Article Research,
Pastures and Forage Crops

*Corresponding author:

Ali William Canaza-Cayo

E-mail address:

alicanaza@unap.edu.pe

ABSTRACT

The highland grasslands of Peru are the basis for livestock feeding. The bur clover (*Medicago hispida* Gaertn) is a naturalised legume that grows among agricultural crops, producing excellent forage and providing nitrogen; however, it is undervalued to the point of being uprooted because it is considered a weed. This study aimed to evaluate the influence of phosphorus fertilisation on the duration of the life cycle, forage yield, seed production and seed quality of bur clover and was carried out at 3842 m of elevation. Five experimental treatments (0, 40, 60, 80 and 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅) were established under a randomized complete block design. After emergence, clover plants reached fruit maturity in less time (164 days) with doses of 80 and 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The highest yields of green matter (7,116 and 6,351 kg ha⁻¹) and total dry matter (1,914 and 1,658 kg ha⁻¹) were also obtained with fertilisation of 80 and 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅. Phosphorus fertilisation did not influence plant height (p ≥ 0.05) while seed yield (120 kg ha⁻¹) and weight of 100 seeds (0.42 g) were influenced by 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅ treatment and the germinating power of the bur clover seeds. Seed production was affected by the natural fall of ripe fruits to the ground and the low germination of seeds due to their hardness.

RESUMEN

Las praderas del altiplano del Perú son base de la alimentación del ganado, el trébol carretilla es una leguminosa naturalizada, crece entre cultivos agrícolas, produce excelente forraje y aporta nitrógeno; sin embargo, no es valorada, más aún es arrancada por ser considerada una maleza. Se realizó un estudio a 3842 m s.n.m. para evaluar la influencia de la fertilización fosforada sobre la duración del ciclo de vida, rendimiento de forraje, producción de semilla y la calidad de las semillas de trébol carretilla. Se evaluaron cinco tratamientos experimentales (0, 40, 60, 80 y 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅), bajo un diseño estadístico bloque completo al azar. Las plantas de trébol luego de la emergencia alcanzaron la madurez de fruto en 164 días con las dosis de 80 y 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Con las fertilizaciones de 80 y 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ también se obtuvo los mayores rendimientos de materia verde (7.116 y 6.351 kg ha⁻¹) y materia seca total (1.914 y 1.658 kg ha⁻¹). La fertilización fosforada no influyó sobre la altura de planta (p ≥ 0,05); la dosis de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ influyó en el mayor rendimiento de semilla (120 kg ha⁻¹), en el peso de 100 semillas (0,42 g) y en el poder germinativo de las semillas de trébol carretilla.

Palabras clave: Trébol carretilla, rendimiento materia verde, rendimiento materia seca, producción semilla.

INTRODUCCIÓN

En la región andina del Perú como en el altiplano de Puno, la ganadería familiar extensiva, se sustenta en las praderas altoandinas y son la principal fuente de alimentación (Florez, 2005; Lima et al., 2020; Vallejos et al., 2021), una alternativa para la producción de forraje de fabáceas de buen valor forrajero la constituye el trébol carretilla (*Medicago hispida* Gaertn) que tiene como ventaja su auto resiembra. Esta especie es una fabácea anual naturalizada (Paredes et al., 2000) crece

dentro de los cultivos de cereales como cebada, avena y maíz; en los valles interandinos produce excelente forraje para el ganado y semillas enrollados en espiral, se adapta a las condiciones del sub tipo climático A y B del altiplano de Puno, su producción es estacional de verano, aporta nitrógeno al suelo y produce forraje verde con menores requerimientos de fertilización fosfatada (Del Pozo et al., 2001; Choque, 2005; McLaren et al., 2017).

La presencia de trébol carretilla asociado a la avena como cultivo de cobertura es una práctica ancestral

que se desea recuperar; algunos agricultores lo eliminan manualmente por considerarla una maleza, debido al desconocimiento de sus bondades de fijación de nitrógeno atmosférico (Ruiz y Tapia, 1987). Para fabáceas forrajeras anuales, la literatura recomienda dosis de 100, 80 y 60 kg ha⁻¹ P₂O₅ (Deguchi et al., 2017; Ovalle et al., 2001), en INIA Chile, reportan que el cultivar de Hualputra (*Medicago polymorpha* L.), es una fabácea forrajera anual, para zonas de secano, apropiada para sistemas agrícolas en rotación con cereales, de hábito de crecimiento semi-erecto, produce materia seca (6.570 y 6.350 kg MS ha⁻¹) y semillas (82 y 88 kg ha⁻¹).

Según Ovalle et al. (2001), el trébol carretilla (*Medicago polymorpha*) asegura su sobrevivencia presentando algunos mecanismos de escape como producir semillas de capas externas duras, relacionados con la capacidad de absorción de agua de la membrana exterior de la semilla. Las semillas inician su germinación sólo cuando las condiciones de temperatura y humedad les sean favorables, asegurando así su permanencia a lo largo de los años.

Ovalle et al. (2005), evaluaron el comportamiento productivo de fabáceas forrajeras anuales: *Trifolium vesiculosum* sobresalió por presentar una alta producción de fitomasa (sobre 4 ton MS ha⁻¹), *Ornithopus compressus* presentó buena adaptación y alto potencial de producción, los cultivares Ávila, Pitman y Madeira, de fenología tardía, presentaron altos rendimientos de fitomasa (aproximadamente 4 ton MS ha⁻¹ año⁻¹). Además, *Medicago hispida* asociada a las plantas de maíz como cultivo de cobertura, con guano de isla, produjo una producción de biomasa seca de 217,68 g m² (Poza, 2015).

En la región andina del Perú como el altiplano de Puno, son pocos los estudios realizados sobre la caracterización agronómica, fenología de la planta, producción de semilla, calidad de la semilla de trébol carretilla. Así mismo, existe escasa información técnica sobre el efecto de las dosis de fertilización fosforada sobre la producción de semilla de trébol carretilla.

Por todo lo indicado, los objetivos del presente estudio fueron: i) Evaluar la influencia de la aplicación de cinco dosis de fósforo sobre la duración del ciclo de vida de las plantas de trébol carretilla, ii) Determinar influencia de la aplicación de fósforo en diferentes dosis sobre el rendimiento de materia verde y materia seca de trébol carretilla, iii) Determinar el efecto de la aplicación de fósforo en diferentes dosis sobre el rendimiento de semilla de trébol carretilla, y iv) Conocer la calidad física y germinativa de las semillas de trébol carretilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del campo experimental

El experimento se localizó en el Centro Experimental de Camacani de la Facultad de Ciencias Agrarias de

la Universidad Nacional del Altiplano de Puno (coordenadas geográficas 15° 56' 34" Latitud Sur y 69° 51' 27.7" Longitud Oeste, altitud 3842 m s.n.m.). El suelo se clasifica según el orden como, Mollisol Ustoll Haplustoll, tierras aptas para cultivo en limpio de baja calidad agrológica (GORE-PUNO, 2014). El clima se caracteriza como B (o,i)C' lluvioso y frío, deficiente en humedad, según la clasificación de climas del Perú (Senamhi, 2020). El experimento se desarrolló durante la campaña agrícola 2017-2018.

Condiciones climatológicas de la campaña y edáficas

Las condiciones climáticas de la zona de estudio se presentan en dos estaciones marcadas, temporada de lluvia, donde la vegetación se ve favorecida y la temporada de sequía con la ocurrencia de heladas, la mayor precipitación ocurrió en los meses de enero con 187 mm, febrero con 124 mm y marzo con 118 mm, observándose precipitaciones menores a 90 mm en los meses de noviembre a diciembre, y muy baja precipitación en abril y mayo (Figura 1). En verano se registró temperatura máxima de 14,4 a 15 °C y temperaturas mínimas de 0,44 a 4,1 °C, presencia de heladas en los meses de abril y mayo (Estación meteorológica Camacani-Puno, Figura 2).

El análisis de caracterización de suelo al iniciar el estudio indicó: suelo de textura franco limoso, pH moderadamente ácido (5,5), nitrógeno total (0,65% método Kjendahl), nivel bajo de fósforo disponible (9 mg kg⁻¹ método Olsen), potasio disponible bajo (185 mg ha⁻¹ método acetato de amonio), materia orgánica (2,8%) (Bazán, 2017). El fertilizante utilizado fue Super fosfato triple de calcio de acción rápida cuya ley 46% de P₂O₅, las dosis aplicadas fueron: 0, 40, 60, 80 y 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹.

Conducción del experimento

Dentro del cultivo de avena variedad Tayko, con presencia dispersa en un 30% de plantas de trébol carretilla de auto resiembra emergidas, se delimitó un área total de 800 m² como campo experimental, luego se demarcó con cordel, cinta métrica y estacas los bloques y las parcelas experimentales de 10 m de largo por 5 m de ancho (50 m²).

Para realizar el análisis físico-químico, se tomó muestras de suelo dentro del campo experimental a una profundidad de 15 cm, de los cuales se obtuvo una muestra media de 1 kg de suelo, colocada en bolsa de polietileno rotulada, se llevó al laboratorio de Aguas y Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica (EPIA) para su análisis.

De acuerdo a las dosis de fertilización fosforada en estudio, la cantidad de superfosfato triple de calcio con 46% de P₂O₅ se aplicó al voleo en cada parcela experimental (8 de noviembre del 2017), inmediatamente después de las primeras precipitaciones de la campaña.

Evaluación y medición de variables

La duración del ciclo de vida de las plantas de trébol carretilla, se determinaron examinando en forma directa el estado fenológico de desarrollo de las plantas por parcela experimental. Fueron registrados los días transcurridos desde la emergencia a las fases fenológicas de crecimiento rápido, ramificación, floración plena, formación de fruto, y maduración del fruto. Posteriormente, se calculó el tiempo total de la duración del ciclo de vida de las plantas de trébol carretilla, sumando el número de días transcurridas desde la emergencia hasta la maduración de frutos.

La altura de crecimiento de las plantas de trébol carretilla, en la fase de formación de frutos, se midió

con una regla graduada desde el nivel del suelo hasta el ápice de la planta (4 plantas), estas fueron seleccionadas al azar en la parte interna de cada parcela experimental.

Para medir la producción de materia verde, se utilizó el método de “cosecha en parcela cuadrada de 1 m²”, se cortó con hoz todas las plantas en la fase de maduración del fruto dentro de cada parcela experimental, se tomó el peso del follaje verde, luego se separaron todos los frutos de cada muestra de forraje y se pesó. Inmediatamente después se tomó una muestra media de 150 gramos de materia verde, la cual se secó en una estufa a aire forzado a una temperatura de 60 °C durante 48 horas, con los datos porcentuales de peso seco se calculó el rendimiento de materia seca.

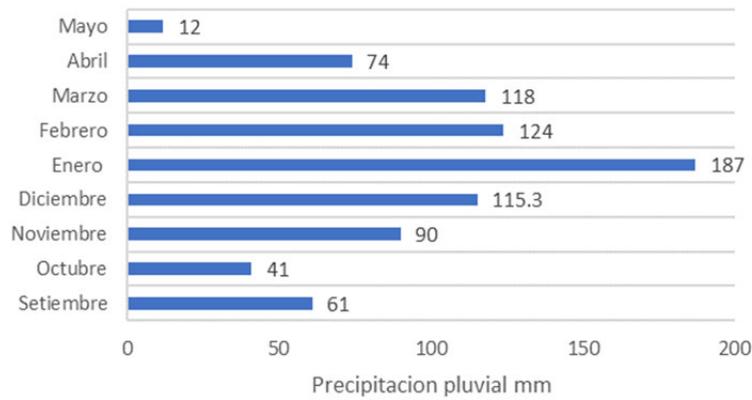


Figura 1. Precipitación pluvial durante la campaña agrícola 2017–2018 (Senamhi, 2020).

Figure 1. Pluvial precipitation during the agricultural campaign 2017–2018 (Senamhi, 2020).

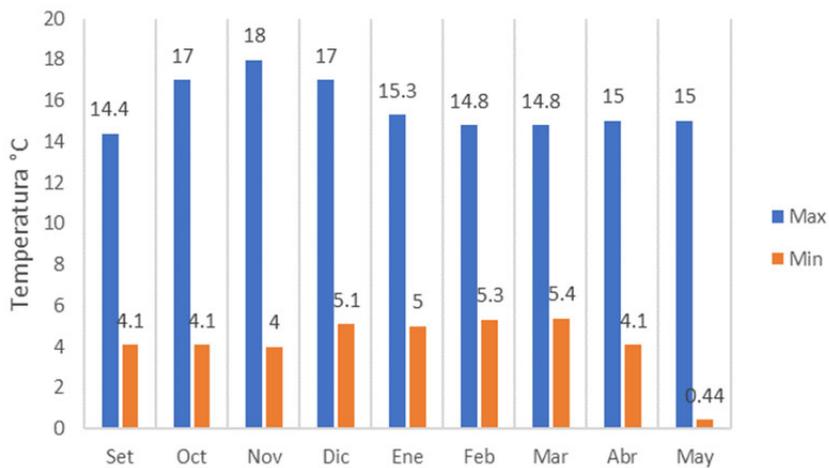


Figura 2. Temperatura registrada durante la campaña agrícola 2017–2018 (Senamhi, 2020).

Figure 2. Temperature during the agricultural campaign 2017–2018 (Senamhi, 2020).

Para la determinación del rendimiento de semilla botánica, previamente se desecaron los frutos cosechados, enroscados en espiral en estufa eléctrica, luego se realizó trilla manual de los frutos, después se efectuaron secado de las semillas hasta que tengan 10% a 12% de humedad y limpieza de las semillas mediante la acción del viento.

En el Laboratorio de Pastos y Forrajes de la EPIA, se hizo ensayo de germinación de 100 semillas de trébol carretilla con tres repeticiones, separado para cada dosis de fertilización fosforada en estudio. Se colocó 100 semillas en cada placa Petri debidamente preparado, luego se introdujo en la cámara del equipo Germinador Termostático ACHIVIA, programado a una temperatura de 20 °C.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada variable fueron analizados mediante medidas de dispersión. Así mismo las variables fueron sometidas a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk resultando datos normales ($p > 0,05$). Se aplicó el diseño bloque completo al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Con el siguiente modelo aditivo lineal.

$$y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = Variable de respuesta observada en el i -ésimo bloque, j -ésimo tratamiento

μ = Es la media general de la variable de respuesta

β_i = Efecto del i -ésimo bloque sobre la variable de respuesta

τ_j = Efecto del j -ésimo tratamiento (nivel de fertilización: 0, 40, 60, 80 y 100 kg de P_2O_5 ha⁻¹) sobre la variable de respuesta.

ϵ_{ij} = Es el error experimental observado en la ij -ésima unidad experimental.

Los análisis de varianza, se realizaron utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS, 2004) y prueba de comparación múltiple de Duncan ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ciclo de vida de las plantas de trébol carretilla

Durante el estudio, las plántulas de trébol carretilla, emergieron hasta mediados de noviembre, mostrando un crecimiento lento hasta fines de diciembre, y un crecimiento acelerado durante los meses de enero y febrero. La floración y producción de frutos fue observado a comienzos de marzo hasta fines de abril, mientras que la maduración de frutos fue desde finales de abril hasta mediados de mayo.

En la Tabla 1, se muestra el tiempo de duración de las cuatro fases fenológicas detectadas en trébol carretilla después de su emergencia en campo, donde, con la aplicación de 0 kg ha⁻¹ (testigo) y 40 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , el crecimiento inicial tuvo una duración de 41 días, seguido de un crecimiento acelerado con ramificación que tuvo una duración de 57 días, la floración y producción de los frutos tuvo una duración de 56 días, la maduración de los frutos enroscados en espiral tuvo una duración de 21 días. La suma de estos valores totalizó un tiempo de 175 días, siendo éste el de mayor duración del ciclo de vida de las plantas de trébol carretilla con respecto a las demás dosis de fertilización fosforada. El ciclo de vida con la dosis de 60 kg ha⁻¹ de P_2O_5 demoró 170 días, para las dosis de 80 y 100 kg ha⁻¹ de P_2O_5 disminuyó el tiempo a 164 días después de la emergencia en campo.

Altura de planta de trébol carretilla

Para altura de planta, no fueron encontradas diferencias entre niveles de aplicación de P_2O_5 en trébol carretilla (Tabla 2). La falta de diferencia en altura de

Tabla 1. Duración del ciclo de vida de las plantas de trébol carretilla (días) sin y con fertilización fosforada en Camacani Puno.

Table 1. Duration of the life cycle of bur clover plants (days) without and with phosphorus fertilisation in Camacani Puno.

Fases fenológicas	Duración	0 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	40 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	60 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	80 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	100 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅
Emergencia plántulas	20/11/17	0	0	0	0	0
Crecimiento lento	21/11/17 a 31/12/17	41	41	41	38	38
Crecimiento rápido y ramificación	1/1/18 a 28/2/18	57	57	56	53	53
Floración y formación frutos	1/3/18 a 25/4/18	56	56	53	53	53
Maduración frutos	26/4/18 a 15/5/18	21	21	20	20	20
Total ciclo (días)		175	175	170	164	164

planta, se puede atribuir a las condiciones adecuadas de disponibilidad de nutrientes en el suelo y factores ambientales en todos los tratamientos, ya que el hábito de crecimiento ascendente, semi-erecto o postrado con tallos ramificados de las plantas de trébol carretilla, fue el resultado de la altura de la planta (Enriquez-Hidalgo *et al.*, 2020)

Al inicio de la cosecha de plantas, en las parcelas fertilizadas con diferentes dosis de fósforo se encontraron en promedio 2 y 1 frutos m⁻² caídos al suelo en los tratamientos y en el testigo, respectivamente. Este comportamiento asegura auto resiembra y sobre vivencia de la fabácea anual (Ovalle *et al.*, 2005a).

Rendimiento de materia verde y materia seca

Para los rendimientos de materia verde y materia seca de trébol carretilla, hubo diferencias ($p < 0,05$) entre dosis de P₂O₅.

En la Tabla 3, se observa el rendimiento total de materia verde (MV) y materia seca (MS), según dosis de fertilización fosforada de trébol carretilla como cultivo

de cobertura de avena forrajera Tayko, donde se observa que con la aplicación de 80 y 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ se obtuvieron los mayores rendimientos de 7.116 y 6.351 kg ha⁻¹ de MV con 1.914 y 1.658 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente, siendo ambas dosis similares entre sí y superiores a los rendimientos obtenidos con las dosis de 60 y 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ de 6.035 y 5.726 kg ha⁻¹ de MV con rendimientos de 1.563 y 1.437 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente. Ovalle (2005b), en su estudio de producción de fitomasa de ocho leguminosas anuales, indica que *Trifolium subterraneum* y *Medicago polymorpha* resultaron como plantas más productivas 2.730 y 2.270 kg MS ha⁻¹ respectivamente.

Menor rendimiento fue observado en el tratamiento sin fertilización fosforada (testigo) de 4.613 kg ha⁻¹ de MV y 1.255 kg ha⁻¹ de MS. Se concluye, que la dosis de fertilización fosforada de 80 de P₂O₅ influyó positivamente, incrementando el rendimiento de MS (659 kg ha⁻¹) de trébol carretilla en una proporción del 34,5% en comparación al rendimiento del testigo. El menor rendimiento de materia verde y materia seca puede ser atribuible a la influencia del nivel de fertilización, a los

Tabla 2. Altura de planta de trébol carretilla, frutos que caen al suelo y estadio semilla a la cosecha, según dosis de fertilización fosforada.

Table 2. Plant height of bur-clover, fallen fruits on the ground and seed stage at harvest, according to phosphorus fertilisation dose.

Dosis de P ₂ O ₅	Altura de planta (cm)	Frutos/racimo N°	Frutos que caen al suelo/m ²	Estadio semilla
80 kg ha ⁻¹	46,0±10,7a	4	2	Pastoso
100 kg ha ⁻¹	41,5±11,1a	4	2	Pastoso
60 kg ha ⁻¹	40,4±13,1a	4	2	Pastoso
40 kg ha ⁻¹	40,0±8,3a	3	2	Pastoso
0 kg ha ⁻¹	39,6±8,9a	3	1	Leche

Tabla 3. Rendimiento total de materia verde (MV) y materia seca (MS) de trébol carretilla según dosis de fertilización fosforada. Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente.

Table 3. Total yield of green matter and dry matter of bur-clover according to phosphorus fertilisation dose. Different letters in the same column differ significantly.

Dosis de P ₂ O ₅	MV Follaje (kg ha ⁻¹)	MV Fruto (kg ha ⁻¹)	MV Total (kg ha ⁻¹)	% MS	MS (kg ha ⁻¹)
80 kg ha ⁻¹	6.976a	140	7.116a	26,9	1.914a
100 kg ha ⁻¹	6.210ab	141	6.351ab	26,1	1.658a
60 kg ha ⁻¹	5.904b	131	6.035b	25,9	1.563b
40 kg ha ⁻¹	5.594b	132	5.726b	25,1	1.437b
0 kg ha ⁻¹	4.484c	129	4.613c	27,2	1.255b

Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente.

factores climáticos de la campaña y también al 30% de densidad de plantas de trébol carretilla que se encontraron dentro de cada parcela experimental.

Estos resultados obtenidos en esta investigación, son menores a lo reportado por Pozo (2015), en Azángaro Huata Ayacucho para *Medicago hispida* asociada a las plantas de maíz como cultivo de cobertura, al aplicar guano de isla, alcanzó una producción de biomasa seca de 2.177 y 2.583 kg ha⁻¹, respectivamente.

Producción de semilla de trébol carretilla

Para la producción de semilla, hubo diferencia (p < 0,05). Como se aprecia en la Tabla 4 y Figura 3, con la dosis de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ se obtuvo el mayor rendimiento de semilla (120 kg ha⁻¹), con las dosis 100

y 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ se obtuvieron rendimientos similares de 108,6 y 103,7 kg ha⁻¹, siendo estos superiores a las de niveles de aplicación de 40 y 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, con menores rendimientos de semilla (88,5 y 79 kg ha⁻¹ respectivamente).

La producción de semilla obtenidos en el presente estudio, se asemejan a lo reportado por Ovalle (2001), quienes indican que trébol carretilla (*Medicago polymorpha* L.), en rotación con cereales hallaron producciones de semillas de 82 y 88 kg ha⁻¹.

En cuanto al peso de 100 semillas (Tabla 4), se observa que fertilizando con 80 kg ha⁻¹ de fósforo se registró mayor peso (0,42 g), siendo mayor a las obtenidas con los niveles de 100, 60 y 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ que dieron pesos de 0,29 g; 0,27g y 0,26 g, respectivamente y el tratamiento testigo sin fertilización fosforada con un peso

Tabla 4. Influencia de la dosis de fósforo en la producción de semilla de trébol carretilla y en el peso de 100 semillas en Camacani Puno. Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente.

Table 4. Influence of phosphorus dose on the production of bur-clover seed and weight 100 seeds in Camacani Puno. Different letters in the same column differ significantly.

Dosis de fósforo	Semilla (kg ha ⁻¹)	Nº de Semillas (1 g)	Peso de 100 semillas (g)
80 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	120, 0a	444	0,42a
100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	108,6b	438	0,29b
60 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	103,7b	474	0,27b
40 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	88,5c	378	0,26b
0 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	79,0c	448	0,25b

Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente.

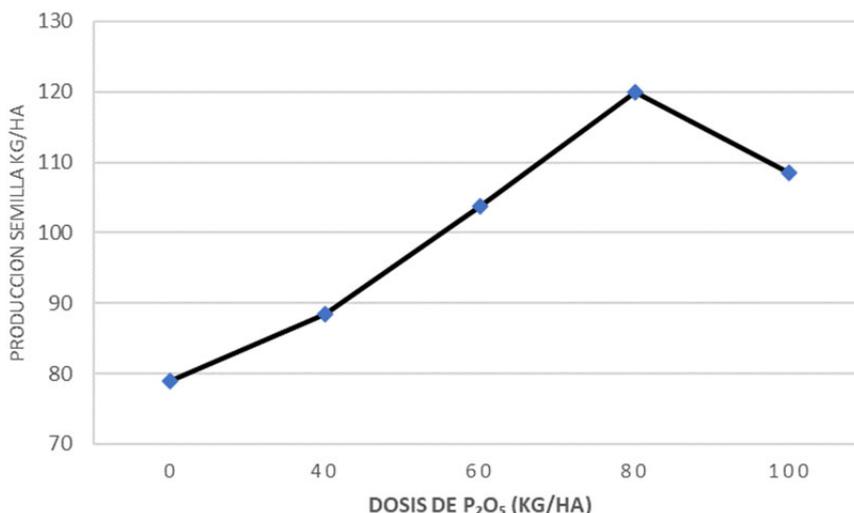


Figura 3. Respuesta de trébol carretilla en producción de semilla a diferentes dosis de fósforo.

Figure 3. Response of bur clover seed production under different phosphorus doses.

de 0,25 g. Al respecto, Gutiérrez y Agreda (2007), reportan para *Vicia villosa* un peso de cien semillas de 0,25 g.

Porcentaje de pureza, poder germinativo y valor cultural

Como se aprecia en la Tabla 5 no se encontró efecto de las dosis de fertilización fosforada en la calidad física y germinativa de las semillas de trébol carretilla, cuyos valores porcentuales fueron de 88% para pureza, 22% para el poder germinativo, con valores porcentuales de 19% para el valor cultural de las semillas de trébol carretilla y con ligeras variaciones entre las dosis de fertilización fosforada.

La aplicación de una alta dosis (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no tuvo influencia sobre la pureza, poder germinativo (25,3%) ni sobre el valor cultural (22,5%) de las semillas de trébol carretilla.

El bajo porcentaje de germinación de las semillas obtenidas en el presente estudio, posiblemente se debe a que el ensayo de germinación se realizó con semillas duras inmediatamente después de la cosecha y trilla. Al respecto Ovalle *et al.* (2005) y Yousfi *et al.* (2015), indican que las fabáceas anuales de auto resiembra producen semillas duras relacionadas a su capacidad de absorción de agua, por el cual la semilla en el suelo de una campaña a otro aumenta su germinación.

CONCLUSIONES

La importancia de proveer al suelo los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas se refleja en el rendimiento de forraje, el trébol carretilla respondió favorablemente a las dosis de 80 y 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ tanto en la emergencia y maduración del fruto, se lograron en menor tiempo (164 días). Las dosis de 60, 40 y 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respondieron en más tiempo (170 y 175 días, respectivamente).

El rendimiento de materia verde (7.116 y 6.351 kg ha⁻¹) y materia seca total (1.914 y 1.658 kg ha⁻¹) de tré-

bol carretilla se obtuvieron con las dosis de fertilización de 80 y 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, superando significativamente al rendimiento obtenido con las dosis de 60, 40 y 0 kg ha⁻¹ de fosforo.

Con una fertilización de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, se obtuvo el mayor rendimiento de semilla (120 kg ha⁻¹) y el mayor peso de 100 semillas (0,42 g) de trébol carretilla.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos el apoyo recibido del CEÛ amacani y del FEDU de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

REFERENCIAS

- Bazan, T.R., 2017. Manual de procedimiento de los analisis de suelo y agua con fines de riego. Instituto Nacional de innovación Agraria-INIA. Lima Peru.
- Choque, L.J., 2005. Produccion y manejo de especies forrajeras. Primera Editorial universitaria UNA Puno. <http://www.unap.edu.pe/investigacion>
- Deguchi, S., Uozumi, S., Touno, E., Uchino, H., Kaneko, M., Tawaraya, K., 2017. White clover living mulch reduces the need for phosphorus fertilizer application to corn. *European Journal of Agronomy* 86, 87–92. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.03.006>
- Del Pozo, A., Ovalle, C., Avendaño, J., Aravena, T., Díaz, M.E., 2001. Combarbala-INIA, un cultivar precoz de hualputra (*medicago polymorpha* L.) para areas de secano mediterraneo. *Agricultura Técnica* 61 (1), 93–96. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072001000100011>
- Enriquez-Hidalgo, D., Cruz, T., Teixeira, D.L., Steinfort, U., 2020. Phenological stages of Mediterranean forage legumes, based on the BBCH scale. *Annals of Applied Biology* 176 (3), 357–368. <https://doi.org/10.1111/aab.12578>
- Florez, A. 2005. Manual de manejo de pastos y forrajes altoandinos. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Lima Peru.
- GORE-PUNO., 2014. Gobierno regional de Puno. Estudio de suelos y capacidad de uso mayor. http://geoservidorpe.ru.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/puno/Memoria_Descriptiva_Suelos_CUM.pdf

Tabla 5. Porcentaje de pureza, poder germinativo y valor cultural de las semillas de trébol carretilla según dosis de fosforo.

Table 5. Purity percentage, germinating power and cultural value of bur clover seed according to phosphorus doses.

Dosis de fosforo	Pureza (%)	Poder germinativo (%)	Valor cultural
100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	88,9a	25,3a	22,50a
80 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	90,2a	22,2a	20,03a
60 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	88,7a	21,3a	18,89a
0 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	85,9a	19,6a	16,84a
40 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	85,5a	20,6a	17,60a
Promedio	88	22	19

- Gutierrez, F, Agreda, A., 2007. Poblaciones y cortes de tutor en la producción de semilla de *Vicia villosa* y *Vicia villosa* ssp. *Dasycarpa* en "La Violeta". Revista de forrajes y semillas forrajeras. Universidad San Simon Bolivia. Vol. 11, 41-44.
- Lima, M.N., Aguirre, T.L., Flores, M.E., 2020. Estrategias para mejorar los pastizales altoandinos. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú 31 (2), e17840. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17840>
- McLaren, T.I., McBeath, T.M., Simpson, R.J., Richardson, A.E., Stefanski, A., Guppy, C.N., Smernik, R.J., Rivers, C., Johnston, C., McLaughlin, M.J., 2017. Direct recovery of 33P-labelled fertiliser phosphorus in subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) pastures under field conditions - The role of agronomic management. Agriculture, Ecosystems and Environment 246, 144-156. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.029>
- Ovalle, C., del Pozo, A., Avendaño, J., Aravena, T., Díaz, E., 2001. Cauquenes-INIA, nuevo cultivar de hualputra chilena (*Medicago polymorpha*) para áreas de secano mediterráneo. Agricultura Técnica 61 (1), 89-92. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072001000100010>
- Ovalle, C., del Pozo, A., Arredondo, S., Chavarría, J., 2005a. Crecimiento y producción de nuevas leguminosas forrajeras anuales en la zona mediterránea de Chile: I. Comportamiento de las especies en la Cordillera Andina. Agricultura Técnica 65 (1), 35-47. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072005000100004>
- Ovalle, C., Del Pozo, A., Avendaño, J., Fernandez, F., Arredondo, S., 2005b. Adaptación, crecimiento y producción de nuevas leguminosas forrajeras anuales en la zona mediterránea de Chile. II. Comportamiento de las especies en suelos graníticos del secano interior subhúmedo. Agricultura Técnica 65 (3), 265-277. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072005000300004>
- Paredes, M., Becerra, V., Correa, P., Del Pozo, A., 2000. Diversidad isoenzimática en accesiones de *Medicago polymorpha* colectadas a lo largo del gradiente climático en Chile, y su relación con otras especies de *Medicago*. Revista Chilena de Historia Natural 73 (3), 479-488. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2000000300011>
- Pozo, H.M.R., 2015. Efecto del guano de isla y trebol (*Medicago hispida* G.) en el rendimiento del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en Huanta Ayacucho (Issue 25265). Universidad nacional de Huancavelica, Peru.
- Ruiz, C., Tapia, M., 1987. Producción y manejo de forrajes en los andes del Peru. Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga, Proyecto de investigaciones de Sistemas Agropecuarios andinos (PISA). Convenio INIPA-DIID-ACDI. Edición Ana Maria Fries, Lima.
- SAS, 2004. SAS/STAT 9.1 User Guide. In SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1699-0463.1961.tb00409.x>
- Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (Senamhi), 2020. Climas del Perú Mapa de Clasificación Climática Nacional. In Ministerio del Ambiente (Vol. 53, Issue 9). Lima, Peru.
- Vallejos, F.L.A., Alvarez-García, W.Y., Paredes Arana, M., Saldanha Odriozola, S., Guillén-Sánchez, R., Pinares Patiño, C., Bustíos Valdivia, J., García Ticllacuri, R., 2021. Comportamiento productivo y valor nutricional de siete genotipos de trébol en tres pisos altitudinales de la sierra norte del Perú. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú 32 (1), e17690. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i1.17690>
- Yousfi, N., Saïdi, I., Slama, I., Abdelly, C., 2015. Phenology, leaf gas exchange, growth and seed yield in *Medicago polymorpha* L. populations affected by water deficit and subsequent recovery. Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants 214, 50-60. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2015.05.007>