

## 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 altitudinal floors of the northern highlands of Peru

Luis Vallejos-Fernández<sup>1,4</sup>, Wuesley Alvarez-García<sup>1,2</sup>, Manuel Paredes-Arana<sup>1</sup>, Sylvia Saldanha Odriozola<sup>1</sup>, Ricardo Guillén-Sánchez<sup>1</sup>, César Pinares-Patiño<sup>3</sup>, Julio Bustíos-Valdivia<sup>3</sup>, Rubén García Tiellacuri<sup>3</sup>

#### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento productivo y el valor nutricional de siete genotipos de trébol en tres niveles de altitud (PA I: 2300-2800 msnm, PA II: 2801-3300 msnm y PA III: 3301-3800 msnm) de la sierra norte de Perú durante un año. Se instalaron cuatro genotipos de trébol blanco (*Trifolium repens*) y tres genotipos de trébol rojo (*Trifolium pratense*) en cada piso altitudinal (PA). Se evaluó el poder germinativo, peso y pureza de la semilla para asegurar la viabilidad del número de semillas sembradas. Se determinó el rendimiento (kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), tasa de crecimiento (kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), altura de la planta (cm) y valor nutricional para cada genotipo. Los rendimientos más altos y las mejores tasas de crecimiento ( $p < 0.01$ ) en los tres PA correspondieron a las tres variedades de *Trifolium pratense* (Tuscan, Americano y Relish). El PA I ( $p < 0.01$ ) obtuvo la mayor producción de materia seca (12 340.6 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), seguido del PA II (7808.4 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y PA III (3923.4 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), mostrando la misma tendencia para la tasa de crecimiento ( $p < 0.01$ ). Los niveles de proteína cruda variaron de 19.75 a 23.77% ( $p = 0.009$ ). Los resultados encontrados indican que todos los genotipos de *Trifolium pratense* y *Trifolium repens* deben considerarse como una buena alternativa para asociarse con pastos en las tierras altas del norte del Perú.

**Palabras clave:** *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, composición química, rendimiento productivo, tasa de crecimiento, piso altitudinal

<sup>1</sup> Unidad de Posgrado de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

<sup>2</sup> Dirección actual: Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Instituto Nacional de Innovación Agraria, Cajamarca, Perú

<sup>3</sup> Proyecto de Apoyo de Nueva Zelandia al Sector Lechero Peruano, Dirección General de Ganadería, Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), Lima, Perú

<sup>4</sup> E-mail: lvallejos3@yahoo.es

Recibido: 17 de abril de 2020

Aceptado para publicación: 29 de octubre de 2020

Publicado: 23 de febrero de 2021

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the productive performance and nutritional value of seven clover genotypes at three altitude levels (PA I: 2300-2800 m above sea level, PA II: 2801-3300 and PA III: 3301-3800) of the northern highlands of Peru during a year. Four genotypes of white clover (*Trifolium repens*) and three genotypes of red clover (*Trifolium pratense*) were installed in each altitudinal floor (PA). The germination power, weight and purity of the seeds were evaluated to ensure the viability of the number of seeds sown. The yield (kg DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>), growth rate (kg DM ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>), plant height (cm) and nutritional value for each genotype were determined. The highest yields and the best growth rates ( $p < 0.01$ ) in the three PAs corresponded to the three varieties of *Trifolium pratense* (Tuscan, Americano and Relish). PA I ( $p < 0.01$ ) obtained the highest dry matter production (12 340.6 kg DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>), followed by PA II (7808.4 kg DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) and PA III (3923.4 kg DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>), showing the same trend for the growth rate ( $p < 0.01$ ). Crude protein levels ranged from 19.75 to 23.77% ( $p = 0.009$ ). The results indicate that all genotypes of *Trifolium pratense* and *Trifolium repens* should be considered as a good alternative to associate with pastures in the highlands of northern Peru.

**Key words:** *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, chemical composition, productive performance, growth rate, altitudinal floor

## INTRODUCCIÓN

El trébol blanco (*Trifolium repens*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*) constituyen el complemento ideal de las gramíneas, base de la alimentación del ganado lechero al pastoreo en la sierra norte del Perú. No obstante, su presencia se ha visto reducida con el tiempo estando por debajo del 10% (Vallejos *et al.*, 2019). Esto demanda utilizarlos como indicadores para la selección de nuevo germoplasma, principalmente de trébol rojo, debido a su mejor rendimiento en materia seca (MS) y mayor proteína cruda (PC) (Marshall *et al.*, 2017).

Las diferentes altitudes sobre el nivel del mar que caracterizan a la zona influyen en las respuestas de adaptación de los cultivares; así, el rendimiento y valor nutricional del trébol es influenciado principalmente por la temperatura, humedad, características y fertilización del suelo (Elgersma y Søgaard, 2017; Pornaro *et al.*, 2018;

Poblete-Grant *et al.*, 2020; Silveira y Kohmann, 2020). El tiempo de adaptación de nuevos genotipos dependerá si la zona se encuentra por debajo o por encima de los 3000 msnm (Villalobos y Sánchez, 2010). De otra parte, el pH óptimo del suelo para el caso de leguminosas como el trébol debería estar entre 6.0 y 6.5 (Silveira y Kohmann, 2020), aunque puede tolerar acidez de 5.0-5.5 (McKenna *et al.*, 2018), mientras que suelos con pH menores a 5.0 impiden la nodulación y con pH 4.0 se limita el crecimiento (Frame y Newbould, 1986). Asimismo, la fertilización del suelo juega un rol trascendental en el rendimiento y valor nutricional de los forrajes (Silveira y Kohmann, 2020).

En pasturas renovadas se reportan valores promedio de 11 582 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en trébol rojo y 10 481 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en trébol blanco, teniendo una mayor altura el trébol blanco (26.8 cm) que el trébol rojo (23.3 cm) (Graves *et al.*, 2012). De otra parte, Zarza *et al.* (2018), evaluando la altura y el rendimiento del trébol rojo en la etapa de bo-

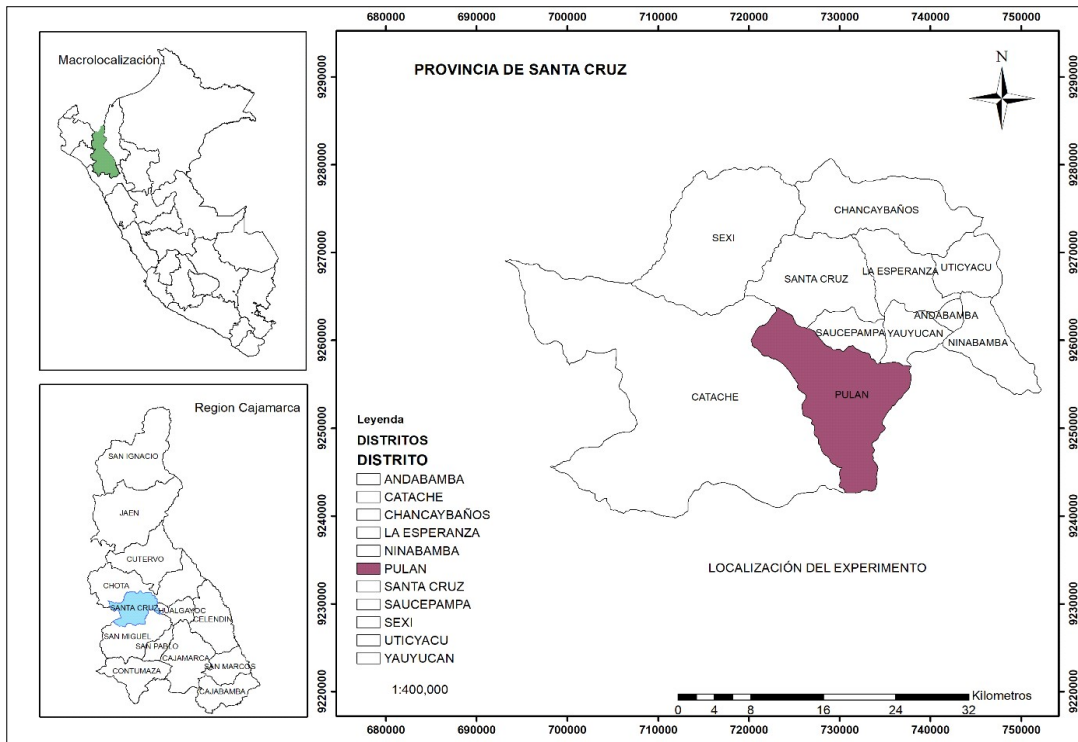


Figura 1. Ubicación geográfica del experimento

tón floral durante tres años con tres densidades de siembra y en tres zonas del Uruguay determinaron una altura promedio de 31.5 cm y un rendimiento de 2059 hasta 18 224 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. En forma similar, Elgersma y Søgaard (2017) encontraron rendimientos desde 654 hasta 1150 kg MS ha<sup>-1</sup> por corte para trébol blanco y 1690 a 3134 kg MS ha<sup>-1</sup> por corte en trébol rojo, dependiendo de la estación climática, y Kizeková *et al.* (2013) reportaron rendimientos de trébol rojo entre 3870 hasta 5130 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en lugares con temperatura ambiental media de 8.1°C y baja precipitación.

El trébol rojo y trébol blanco proporcionan un nivel muy importante de PC, que permite alcanzar mejores rendimientos productivos en el ganado lechero (McKenna *et al.*, 2018). Los valores de PC se encuentran en-

tre 17.4 y 24.8% (Dewhurst, 2013; Springer y Aiken, 2015; Marshall *et al.*, 2017; Dineen *et al.*, 2018; Westreicher-Kristen *et al.*, 2018). La fibra detergente neutro (FDN) se encuentra entre 39.0 y 41.1% y las cenizas entre 11.2 y 12.1% (McClearn *et al.*, 2019). La exposición de estas leguminosas al efecto de las variaciones climáticas de las estaciones del año puede causarles grandes variaciones en su valor nutricional (Pembleton *et al.*, 2016; Elgersma y Søgaard, 2017). Por lo tanto, teniendo en cuenta la necesidad de disponer de nuevas y mejores alternativas forrajeras para las condiciones ambientales y topográficas de la sierra, se desarrolló el presente estudio que tuvo como objetivo evaluar el rendimiento de materia seca, tasa de crecimiento, altura de planta y valor nutricional de siete genotipos de trébol en tres pisos altitudinales de la sierra norte del Perú.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del Estudio

El experimento se desarrolló en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca, Perú (Figura 1), en tres pisos altitudinales (PA): El PA I entre 2300 y 2800 msnm, PA II entre 2801 y 3300 msnm y PA III entre 3301 y 3800 msnm. La temperatura promedio en cada PA se muestra en la Figura 2 y la precipitación pluvial mensual en la Figura 3.

### Material Vegetal

Se instalaron siete genotipos de trébol, originarios de Nueva Zelanda, cuatro variedades correspondientes a *Trifolium repens* (TR): Weka, Ladino, Legacy y Huia, y tres variedades a *Trifolium pratense* (TP): Tuscan, Americano y Relish. Los genotipos fueron instalados en los tres pisos altitudinales. El pH de los suelos estuvo entre 4.38 y 4.86 (Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina). El experimento se desarrolló durante 12 meses a partir de marzo de 2018.

Se utilizó un diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones. Los siete genotipos de trébol fueron distribuidos al azar en 21 subparcelas de 3 x 2 m (6 m<sup>2</sup>) en cada piso altitudinal.

### Instalación de los Cultivares

Previo a la instalación de las parcelas experimentales se determinó el porcentaje de pureza, poder de germinación y peso de 1000 semillas, a fin de establecer la densidad de cada cultivar (Cuadro 1).

### Muestras

Se colectaron 21 muestras por cada piso altitudinal (tres por tratamiento). Se utilizaron cuadrantes de 30 x 30 cm (0.09 m<sup>2</sup>) ubicados de manera representativa dentro de cada subparcela, cortando el material vege-

tal con tijera a 5 cm del suelo. Las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas y los remanentes en cada subparcela fueron cortados a la misma altura. El momento de corte se realizaba cuando el trébol blanco alcanzaba la altura de 16 a 18 cm y el trébol rojo entre 20 a 25 cm (Tekeli y Ates, 2005). Las muestras de cada subparcela, en estado fresco, fueron pesadas en una balanza OHAUS (precisión 0.5 g) y transportadas en una caja refrigerante al Laboratorio de Servicio de Suelos, Aguas, Abonos y Pastos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Cajamarca. De cada una se extrajo una submuestra de 400 g que fue colocada en estufa de aire forzado (Equipo estufa, Memmert) a 65 °C durante 48 h. Luego fueron pesadas nuevamente para estimar el contenido de materia seca y para el análisis proximal de Weende.

Parte de las muestras fueron guardadas en bolsas de plástico nuevamente y al finalizar el año de evaluación se hizo una muestra compuesta de todos los cortes, por material, repetición y piso altitudinal. Estas muestras fueron molidas y llevadas al Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza para el análisis de fibra detergente neutra - FDN (equipo analizador de fibras, FIWE, VELP) y para la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) (equipo digestor, Daisy, ANKOM, USA).

### Parámetros Evaluados

- *Rendimiento de materia seca.* La colección de las muestras y el procedimiento en el laboratorio para la medición de la materia seca (MS) fue descrito en un párrafo anterior.
- *Tasa de crecimiento de forraje.* Las tasas de crecimiento de los siete genotipos de trébol se determinaron a partir de los datos de rendimiento de materia seca obtenidos y los días transcurridos entre cortes, en cada una de las repeticiones y expresados en kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

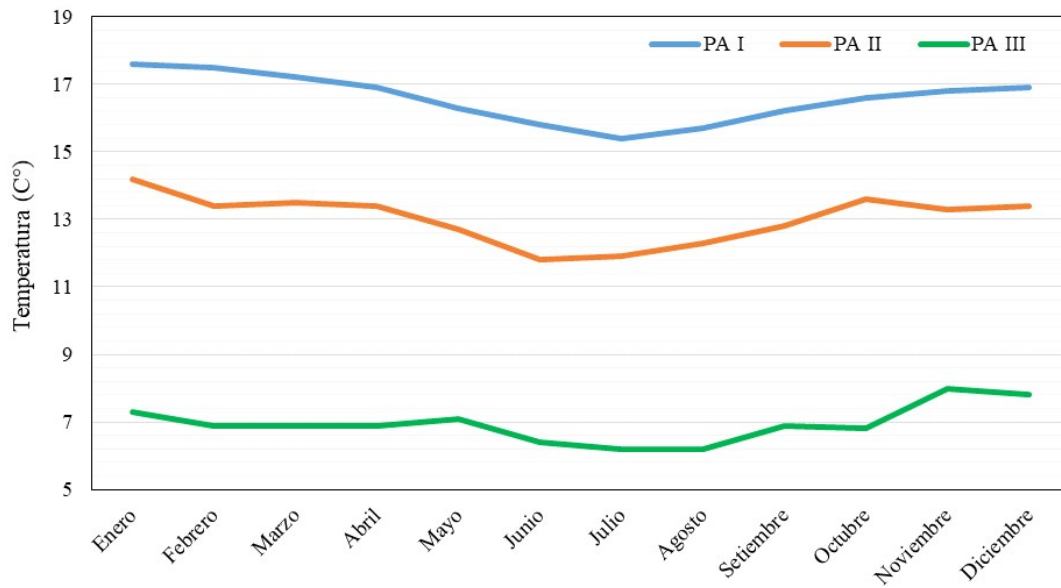


Figura 2. Temperatura ambiental promedio en los tres pisos altitudinales durante la fase experimental. Fuente: Estación Meteorológica Minera La Zanja, Cajamarca. PA I: 2300-2800 msnm; PA II: 2801-3300 msnm; PA III: 3301-3800 msnm

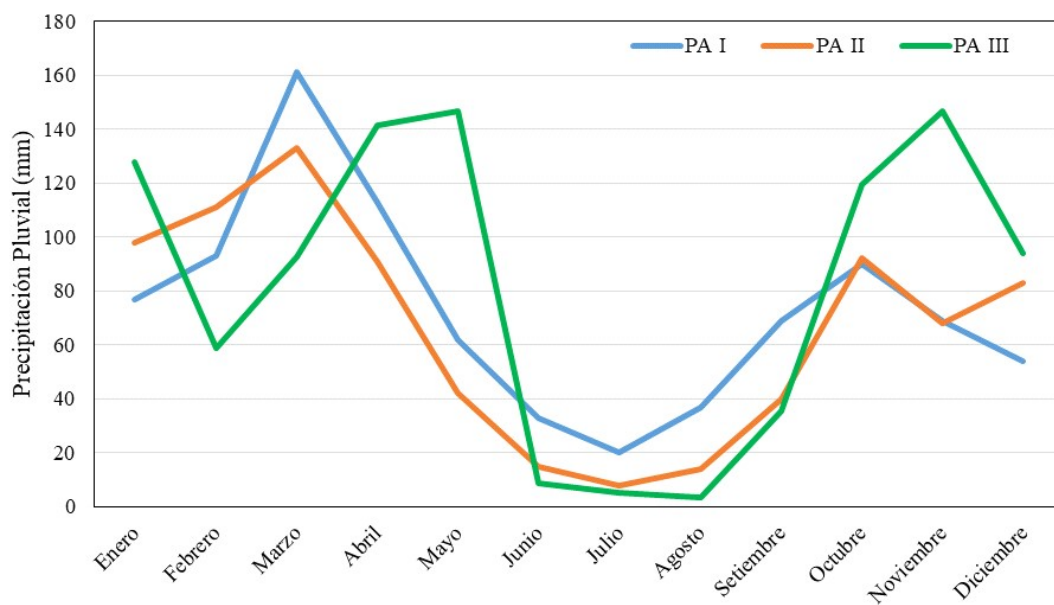


Figura 3. Precipitación pluvial mensual promedio en los tres pisos altitudinales durante la fase experimental. Fuente: Estación Meteorológica Minera La Zanja (Cajamarca, 2019). PA I: 2300-2800 msnm; PA II: 2801-3300 msnm; PA III: 3301-3800 msnm

Cuadro 1. Evaluación de la calidad de semillas de trébol blanco y trébol rojo

Genotipos	Pureza (%)	Germinación (%)	Peso de 1000 semillas (g)	Densidad de siembra (kg/ha)
<i>Trifolium repens</i>				
Weka	97.3	70.0	0.7	7.1
Ladino	98.0	58.0	1.2	14.5
Legacy	97.6	89.0	0.7	5.6
Huia	98.4	81.0	0.7	6.1
<i>Trifolium pratense</i>				
Tuscan	100.0	98.0	1.8	9.5
Americano	95.0	68.0	2.2	18.1
Relish	99.8	90.0	1.9	11.2

- *Altura de planta.* La altura promedio de las plantas se midió dentro de cada cuadrante, tomando como referencia el nivel del suelo hasta la altura máxima en que se concentraban la mayor cantidad de plantas. Se utilizó una regla de metal de 70 cm.
- *Valor nutricional.* La determinación de PC se hizo según AOAC 984.13 (AOAC, 2012), extracto etéreo según AOAC 920.39 (AOAC, 1990a), la fibra cruda según AOAC 962.09 (AOAC, 1990b), las cenizas según AOAC 942.05 (AOAC, 2000; Thiex *et al.*, 2012) y el extracto libre de nitrógeno según AOAC 923.03 (AOAC, 2006). Así mismo, se determinó la fibra detergente neutro (Van Soest *et al.*, 1991) y la digestibilidad *in vitro* de materia seca – DIVMS (Fahey y Weiss, 1994; Mabweesh *et al.*, 2000).

### Análisis Estadístico

Se efectuó un análisis exploratorio de los datos para determinar la normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilks ( $p < 0.05$ ) y Levene

( $p < 0.05$ ), respectivamente. Para determinar las diferencias en el rendimiento de materia seca (R-MS), la tasa de crecimiento (TdC), la altura de planta (AdP) y el valor nutricional de los siete genotipos de trébol en los tres pisos altitudinales se realizó un análisis de varianza usando el GNU de la plataforma RStudio de R Project (R Core Team, 2020). Para la comparación de medias se utilizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey ( $p < 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comportamiento Productivo

El mayor rendimiento anual ( $p < 0.01$ ) correspondió a la variedad Tuscan (trébol rojo) con 11 235.7 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Cuadro 2), superando en 39% a los cuatro cultivares de trébol blanco, confirmando que dicha variedad y especie (*Trifolium pratense*) se presenta como una importante opción para establecerla y seguir evaluándola como complemento de las gramíneas en los tres pisos altitudinales (2300-3800 msnm) de la sierra

Cuadro 2. Comportamiento productivo<sup>1</sup> de siete genotipos de trébol en tres pisos altitudinales de la sierra del norte del Perú

Genotipos	AdP* (cm)	R-MS** (kg MS ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	TdC# (kg MS ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )
<i>Trifolium pratense</i>			
Tuscan	21.7 <sup>a</sup>	11 235.7 <sup>a</sup>	31.93 <sup>a</sup>
Americano	21.3 <sup>ab</sup>	8 986.1 <sup>ab</sup>	25.38 <sup>ab</sup>
Relish	19.3 <sup>abc</sup>	8 620.1 <sup>ab</sup>	24.34 <sup>ab</sup>
<i>Trifolium repens</i>			
Ladino	18.1 <sup>abc</sup>	7 043.9 <sup>b</sup>	19.96 <sup>b</sup>
Legacy	17.3 <sup>bc</sup>	6 593.6 <sup>b</sup>	18.65 <sup>b</sup>
Weka	16.1 <sup>c</sup>	7 322.9 <sup>b</sup>	20.63 <sup>b</sup>
Huia	15.6 <sup>c</sup>	6 366.8 <sup>b</sup>	18.04 <sup>b</sup>
Piso Altitudinal <sup>2</sup>			
PA I	21.95 <sup>a</sup>	12 340.6 <sup>a</sup>	33.81 <sup>a</sup>
PA II	15.40 <sup>c</sup>	7 808.4 <sup>b</sup>	22.83 <sup>b</sup>
PA III	18.07 <sup>b</sup>	3 923.4 <sup>c</sup>	11.47 <sup>c</sup>

<sup>1</sup> AdP: altura de planta; R-MS: rendimiento de materia seca; TdC: tasa de crecimiento

<sup>2</sup> PA I: 2300-2800 msnm; PA II: 2801-3300 msnm; PA III: 3301-3800 msnm

Letras diferentes en columna dentro de cada grupo indican diferencia significativa (HSD Tukey;  $p < 0.01$ )

Cuadro 3. Valor nutricional<sup>1</sup> de siete genotipos de trébol en la sierra norte del Perú

Variedad	Proteína (%)	Grasa (%)	FC (%)	ELN (%)	Cenizas (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	MO (%)
<i>Trifolium repens</i>								
Huia	23.77 <sup>a</sup>	7.55 <sup>a</sup>	12.90 <sup>a</sup>	44.60 <sup>a</sup>	11.17 <sup>a</sup>	24.47 <sup>ab</sup>	76.25 <sup>a</sup>	91.03 <sup>a</sup>
Weka	23.56 <sup>a</sup>	6.05 <sup>a</sup>	12.84 <sup>a</sup>	46.32 <sup>a</sup>	11.23 <sup>a</sup>	23.40 <sup>b</sup>	75.67 <sup>a</sup>	90.66 <sup>a</sup>
Legacy	23.33 <sup>a</sup>	7.89 <sup>a</sup>	12.59 <sup>a</sup>	43.92 <sup>a</sup>	12.28 <sup>a</sup>	23.87 <sup>ab</sup>	76.59 <sup>a</sup>	90.45 <sup>a</sup>
Ladino	23.06 <sup>a</sup>	6.15 <sup>a</sup>	13.21 <sup>a</sup>	45.97 <sup>a</sup>	11.61 <sup>a</sup>	25.80 <sup>ab</sup>	75.04 <sup>a</sup>	90.44 <sup>a</sup>
<i>Trifolium pratense</i>								
Tuscan	21.79 <sup>ab</sup>	7.31 <sup>a</sup>	14.11 <sup>a</sup>	46.13 <sup>a</sup>	10.66 <sup>a</sup>	27.44 <sup>a</sup>	72.84 <sup>ab</sup>	91.39 <sup>a</sup>
Americano	21.59 <sup>ab</sup>	5.73 <sup>a</sup>	12.84 <sup>a</sup>	49.29 <sup>a</sup>	10.54 <sup>a</sup>	27.02 <sup>ab</sup>	72.74 <sup>ab</sup>	91.11 <sup>a</sup>
Relish	19.75 <sup>b</sup>	7.44 <sup>a</sup>	12.78 <sup>a</sup>	49.07 <sup>a</sup>	10.97 <sup>a</sup>	27.56 <sup>a</sup>	70.90 <sup>b</sup>	91.04 <sup>a</sup>
P-valor	0.009	0.704	0.893	0.089	0.234	0.010	0.002	0.815

<sup>1</sup> FC: fibra cruda; ELN: extracto libre de nitrógeno; FDN: fibra detergente neutro; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; MO: materia orgánica

norte peruana. Por otro lado, no se observaron vectores biológicos que perjudiquen el crecimiento en los cultivares.

El mayor rendimiento de las variedades de trébol rojo sobre el trébol blanco es igualmente manifestado por Marshall *et al.* (2017). Asimismo, el rendimiento del cultivar Tuscan fue similar a lo encontrado por Graves *et al.* (2012), quienes evaluaron pasturas renovadas durante las estaciones del año; sin embargo, el promedio de las variedades del trébol blanco del presente estudio (6832 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) fue inferior al observado por dichos autores (10 481 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), debido probablemente a la mayor sensibilidad del trébol blanco (rastrero) a la altitud, método de siembra, humedad y pH del suelo, que impide la nodulación y limita su crecimiento (Frame y Newbould, 1986).

La tasa de crecimiento de trébol blanco (Cuadro 2) varió entre 18.04 y 20.63 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, crecimiento menor al de las variedades de trébol rojo (24.34-31.93 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) ( $p < 0.05$ ), confirmando lo señalado por Marshall *et al.* (2017). No obstante, la tasa de crecimiento de trébol blanco en el presente estudio fue menor a la reportada por Springer y Aiken (2005) de 26.3 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, debido probablemente a las mejores condiciones de clima y altitud (150 msnm) en la que hicieron la evaluación.

La altura promedio alcanzada por el trébol rojo fue mayor ( $p < 0.01$ ) a la de trébol blanco. La altura del trébol blanco (15.5-18.1 cm) fue menor a la observada por Graves *et al.* (2012) de 26.8 cm, aunque las diferencias que obtuvieron a favor del trébol rojo fueron ligeras (19.3-21.7 cm vs. 23.3 cm). Zarza *et al.* (2018) también reportan alturas mayores (31.5 cm), posiblemente por el momento de corte y la mayor altitud en la que fueron sembradas las variedades del presente estudio. Se determinó una alta correlación ( $R = 0.89$ ) entre altura de planta (cm) vs. rendimiento (kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y tasa de crecimiento (kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).

Por piso altitudinal, el rendimiento promedio en los siete cultivares (Cuadro 2) fue mayor en PA I (12 340 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), seguido por el PA II y PA III ( $p < 0.01$ ). Esta diferencia se explica por el número de cortes obtenidos en cada piso altitudinal, siendo estos en número de seis cortes año<sup>-1</sup> en el PA I, cuatro cortes año<sup>-1</sup> en el PA II y solo dos cortes año<sup>-1</sup> en el PA III. En este sentido, la tasa de crecimiento sigue la misma tendencia que la de rendimiento; es decir es mayor en PA I (33.81 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), seguido del PA II y del y PA III ( $p < 0.01$ ), lo cual es un indicativo del efecto de la altitud y condiciones climáticas como temperatura, humedad (Figuras 2, 3) y características físicas y químicas del suelo (MacKenna *et al.*, 2018; Pornaro *et al.*, 2018; Poblete-Grant *et al.*, 2020; Silveira y Kohmann, 2020).

En relación a la altura de la planta, el PA I (21.95 cm) superó significativamente ( $p < 0.01$ ) al PA II y PA III, debido probablemente al mayor tiempo de adaptación que debe transcurrir cuando nuevos genotipos son sembrados sobre los 3000 msnm (Villalobos y Sánchez, 2010); es así que el más rápido crecimiento correspondió al PA I en el que se obtuvieron seis cortes año<sup>-1</sup>, comparado con el PA II y PA III de cuatro y dos cortes año<sup>-1</sup>, respectivamente.

Si bien, en el PA I no se observa interacción entre los cultivares de trébol rojo con el trébol blanco, los que más destacan en rendimiento son las variedades Tuscan, Americano y Relish (trébol rojo) y Weka (trébol blanco) (Figura 4). El efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de la interacción entre la altitud y los genotipos se observa en los PA II y PA III. En PA II, el cultivar Weka es afectado con mayor intensidad (menor rendimiento) dentro de las variedades de trébol blanco, al igual que con Relish entre las variedades de trébol rojo. En este piso altitudinal destacan por su mayor rendimiento las variedades Ladino (trébol blanco) y Tuscan (trébol rojo).



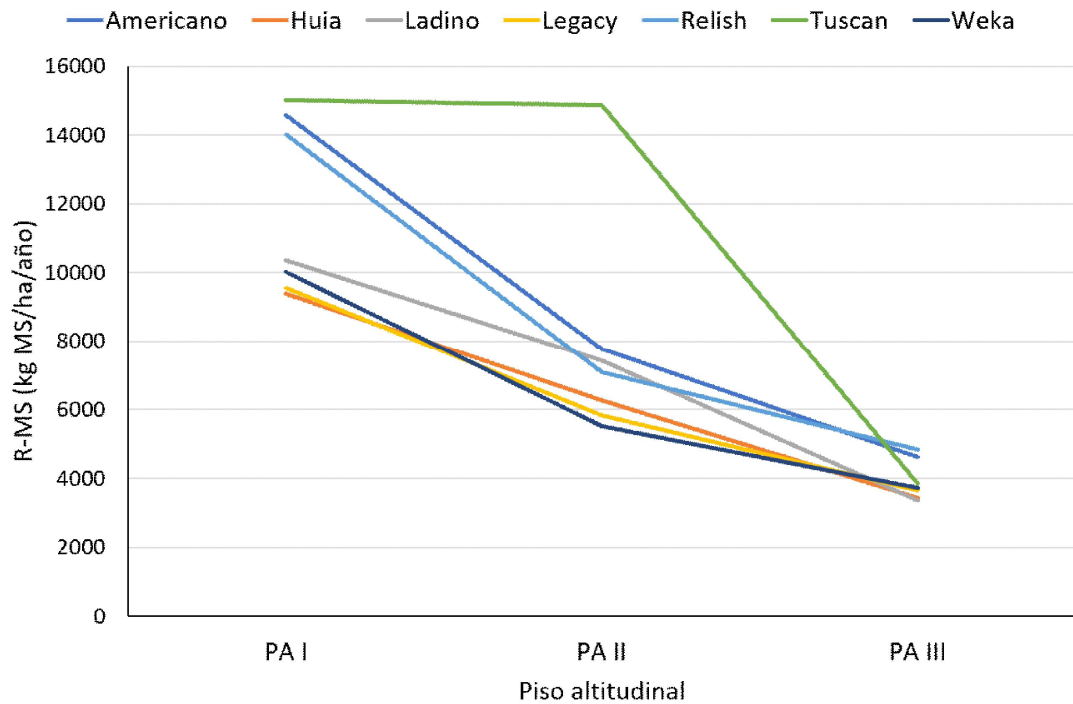


Figura 4. Interacción entre genotipos y pisos altitudinales ( $p < 0.05$ ) para el rendimiento de materia seca (R-MS). PA I: 2300-2800 msnm; PA II: 2801-3300 msnm; PA III: 3301-3800 msnm

En el PA III, el cultivar Tuscan fue el más sensible a la altitud, teniendo una mejor respuesta los cultivares Relish y Americano (trébol rojo), así como las cuatro variedades de trébol blanco.

### Valor Nutricional

Los valores varían entre 19.75 y 23.77% PC, lo cual es importante para tener en cuenta en la actividad lechera de la zona altoandina (Cuadro 3). De otra parte, los resultados de FDN indican una buena relación con la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

Los valores de PC fueron similares a los valores de 17.4-24.8% reportados en otros estudios (Pembleton *et al.*, 2016; Marshall *et al.*, 2017; Dineen *et al.*, 2018; Westreicher-Kristen *et al.*, 2018). Sin embargo, valores

extremos son reportados por Kizeková *et al.* (2013), Pembleton *et al.* (2016) y Elgersma y Søgaard (2017), lo cual demuestra el efecto que tienen las estaciones del año, así como la altitud, latitud, características físicas y químicas del suelo en que se desarrollaron estos estudios.

Los menores niveles de FDN, y que es favorable, lo presentaron las variedades de trébol blanco, relacionado probablemente al momento de corte (Tekeli y Ates, 2005). Los valores de FDN encontrados son menores a los hallados por McClearn *et al.* (2019) y por Pembleton *et al.* (2016), pero se encuentran dentro del rango obtenido por Elgersma y Søgaard (2017) de 22.8-32.5% y 18.9-36% de FDN para trébol rojo y trébol blanco, respectivamente, así como el valor de 24.2% de FDN reportado por Kizeková *et al.* (2013).

Los valores de ceniza fueron similares entre los genotipos de trébol rojo y trébol blanco, y similares a los encontrados por McClearn *et al.* (2019). Así mismo, la DIVMS encontrada en el presente estudio fue significativamente menor ( $p=0.002$ ) en la variedad Relish (70.9%); no obstante los valores de tanto las variedades de trébol blanco como las de trébol rojo se encuentran en el rango de 71.3% (secano) a 81.3% (riego) encontrado por Pembleton *et al.* (2016).

### CONCLUSIONES

- Los mejores valores de rendimiento de materia seca y de la tasa de crecimiento se obtuvieron con las tres variedades de trébol rojo (Tuscan, Americano y Relish).
- El piso altitudinal I (2300-2800 msnm) obtuvo mejores resultados en todos los parámetros evaluados.
- El número de cortes por año fueron de seis, cuatro y dos cortes para el piso altitudinal I, piso altitudinal II y piso altitudinal III, respectivamente.
- Los valores de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) obtenidos en los cultivares de trébol blanco y trébol rojo, deben ser considerados por los productores de la sierra norte del Perú, a fin de mantener constante la proporción adecuada de estas leguminosas en sus pasturas asociadas.

### Agradecimiento

Sincero agradecimiento al PNIA, a la Asociación de Productores Agropecuarios Pucará El Trébol de Santa Cruz, Cajamarca y al Proyecto de Apoyo de Nueva Zelanda al Sector Lechero Peruano, por el apoyo logístico en el desarrollo de esta investigación. Así mismo, nuestro agradecimiento a los estudiantes Percy Vargas-Díaz y Einer Benavides-Cieza de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca.

### LITERATURA CITADA

1. **[AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1990a.** Fat (crude) or ether extract in animal feed. AOAC Method 920.39. Official methods of analysis of AOAC International. 15<sup>th</sup> ed. Arunton, Virginia, USA. p 79.m
2. **[AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1990b.** Fiber (crude) in animal feed. AOCS-AOAC Method 962.09. Official methods of analysis of AOAC International. 15<sup>th</sup> ed. Arunton, Virginia, USA. p 80.
3. **[AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2000.** Ash of animal feed. AOAC Official Methods 942.05. JAOAC International 857: 1942.
4. **[AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2006.** Official methods of analysis available carbohydrates calculation: 100 percent minus percent (CP + ash + crude Fat + M + crude fiber) - item 86. Association of Analytical Communities. 17<sup>th</sup> ed. Gaithersburg, MD, USA.
5. **[AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2012.** Method 928.08 – «Kjeldahl method». Official methods of analysis of AOAC International. 19<sup>th</sup> ed. Arunton, Virginia, USA. p 5.
6. **Dewhurst RJ. 2013.** Milk production from silage: comparison of grass, legume and maize silages and their mixtures. *Agr Food Sci* 22: 57-69. doi: 10.23986/afsci.6673
7. **Dineen M, Delaby L, Gilliland T, McCarthy B. 2018.** Meta-analysis of the effect of white clover inclusion in perennial ryegrass swards on milk production. *J Dairy Sci* 101: 1804-1816. doi: 10.3168/jds.2017-12586
8. **Elgersma A, Soegaard K. 2017.-** Changes in nutritive value and herbage yield during extended growth intervals in grass-legume mixtures: effects of species, maturity at harvest, and relationships between productivity and

- components of feed quality. *Grass Forage Sci* 73: 78-93. doi: 10.1111/gfs.12287
9. **Fahey GC, Weiss WP. 1994.** Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. Ohio Agricultural Research and Development Center. The Ohio State Univ. p 644-681.
  10. **Frame J, Newbould P. 1986.** Agronomy of white clover. *Adv Agron* 40: 1-88. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60280-1
  11. **Graves ME, McLean N, Jones G, Martin RC. 2012.** Pasture and sheep performance response to sod-seeding red clover (*Trifolium pratense* L) or white clover (*Trifolium repens* L) into naturalized pastures in eastern Canada. *Anim Feed Sci Tech* 177: 7-14. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2012.06.006
  12. **Kizeková M, Tomaškin J, Èunderlík J, Janèová L', Martincová J. 2013.** The yield stability and quality of legumes during two consecutive, extremely dry years. *Agriculture* 59: 167-177. doi: 10.2478/agri-2013-0015
  13. **Mabjeesh SJ, Cohen M, Arieli A. 2000.** *In vitro* methods for measuring the dry matter digestibility of ruminant feedstuffs: comparison of methods and inoculum source. *J Dairy Sci* 83: 2289-2294. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75115-0
  14. **Marshall AH, Collins RP, Vale J, Lowe M. 2017.** Improved persistence of red clover (*Trifolium pratense* L) increases the protein supplied by red clover/grass swards grown over four harvest years. *Eur J Agron* 89: 38-45. doi: 10.1016/j.eja.2017.06.006
  15. **McClearn B, Gilliland TJ, Delaby L, Guy C, Dineen M, Coughlan F, McCarthy B. 2019.** Milk production per cow and per hectare of spring-calving dairy cows grazing swards differing in *Lolium perenne* L ploidy and *Trifolium repens* L composition. *J Dairy Sci* 102: 8571-8585. doi: 10.3168/jds.2018-16184
  16. **McKenna P, Cannon N, Conway J, Dooley J. 2018.** The use of red clover (*Trifolium pratense*) in soil fertility-building: a review. *Field Crop Res* 221: 38-49. doi: 10.1016/j.fcr.2018.02.006
  17. **Pembleton KG, Hills JL, Freeman MJ, McLaren DK, French M, Rawnsley RP. 2016.** More milk from forage: milk production, blood metabolites, and forage intake of dairy cows grazing pasture mixtures and spatially adjacent monocultures. *J Dairy Sci* 99: 3512-3528. doi: 10.3168/jds.2015-10542
  18. **Poblete-Grant P, Suazo-Hernández J, Condron L, Rumpel C, Demanet R, Malone SL, de La Luz Mora M. 2020.** Soil available P, soil organic carbon and aggregation as affected by long-term poultry manure application to andisols under pastures in Southern Chile. *Geoderma* 21: e00271. doi: 10.1016/j.geoder.2020.e00271
  19. **Pornaro C, Vincenzi V, Furin S, Fazzini M, Minarelli L, Macolino S. 2018.** Seasonal changes in dry matter yield from Karst pastures as influenced by morphoclimatic features. *Plos One* 13: e0204092. doi: 10.1371/journal.pone.0204092
  20. **R Core Team. 2020.** R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. [Internet]. Disponible en: <https://www.r-project.org/>
  21. **Silveira ML, Kohmann MM. 2020.** Maintaining soil fertility and health for sustainable pastures. In: *Management strategies for sustainable cattle production in southern pastures*. Elsevier. p 35-58.
  22. **Springer TL, Aiken GE. 2015.** Harvest frequency effects on white clover forage biomass, quality, and theoretical ethanol yield. *Biomass and Bioenergy* 78: 1-5. doi: 10.1016/j.biombioe.2015.04.003
  23. **Tekeli AS, Ates E. 2005.** Yield potential and mineral composition of white clover (*Trifolium repens* L)-tall fescue (*Festuca Arundinacea* Schreb.) mixtures. *J Central Eur Agric* 6: 27-34.
  24. **Thiex N, Novotny L, Crawford A. 2012.** Determination of ash in animal feed: AOAC Official Method 942.05 revisited. *J AOAC Int* 95: 1392-1397. doi: 10.5740/jaoacint.12-129

25. **Vallejos LA; Rojas IB, Perinango J, Alcántara J. 2019.** Vacas pastoreadas a estaca y su efecto sobre el consumo y condición de la pastura. UCV-Scientia 11(1). doi: 10.18050/ucv-scientia.-v11i1.2400
26. **Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991.** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci 74: 3583-3597. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
27. **Villalobos L, Sánchez JM. 2010.** Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. Agron Costarric 34: 43-52.
28. **Westreicher-Kristen E, Blank R, Metges CC, Susenbeth A. 2018.** Protein value of diets for dairy cows with different proportions of crude protein originating from red clover silage versus soybean meal. Anim Feed Sci Tech 245: 126-135. doi: 10.1016/j.anifeedsci.-2018.09.010
29. **Zarza R, Rebuffo M, La Manna A, Balzarini M. 2018.** Plant density in red clover (*Trifolium pratense* L) pastures as an early predictor of forage production. Eur J Agron 101: 193-199. doi: 10.1016/j.eja.2018.10.004