

Producción de biomasa y calidad nutricional en pastura consociada en la Sierra Central de Perú

Biomass production and nutritional quality in consociated pastures in the central highlands of Peru

Alberto Arias-Arredondo^{1,2*}, Melina Lopez R.², Cesar Pantoja A.²,
Juancarlos Cruz L.¹, Samuel Pizarro¹, Jose Contreras P.³

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar y obtener datos de la producción de forraje (t/ha) y de la calidad nutricional de especies de leguminosas, gramíneas y sus consociados en la sierra central del Perú. El estudio se desarrolló en el centro experimental de Casaracra de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, sierra central del Perú, a 3786 msnm. Se obtuvo los valores de producción de forraje en materia seca, materia verde y el porcentaje de materia seca, así como los valores de calidad nutricional: Proteína total (PT%), Grasa (G%), Fibra cruda (FC%), Ceniza (C%), Calcio (Ca%), Fósforo (P%), Extracto libre de nitrógeno (ELN%) y la Energía bruta (EB kcal/100 g). Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para biomasa forrajera y calidad nutricional. Se construyó un dendograma donde los tratamientos fueron agrupados en tres grupos por sus características similares y valores estadísticamente significativos; además, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para observar la rela-

¹ Dirección de Servicios Estratégicos Agrarios, Instituto Nacional de Innovación Agraria, Lima, Perú

² Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú

³ Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

* Autor para correspondencia: Alberto Arias-Arredondo; albertogilmer@gmail.com

Recibido: 20 de septiembre de 2024

Aceptado para publicación: 7 de junio de 2025

Publicado: 29 de agosto de 2025

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

ción de las características evaluadas con los tratamientos. Se concluye que en el suelo considerado moderadamente ácido los tratamientos mostraron un adecuado establecimiento y crecimiento, y que tratamiento conformado por *Lolium multiflorum* cv. Tama consociado con *Medicago sativa* cv. W440 es el más recomendable para sembrar en suelos altoandinos.

Palabras clave: leguminosas, gramíneas, pastos consociados, producción forrajera, calidad nutricional

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate and obtain data on forage production (t/ha) and the nutritional quality of legume species, grasses, and their associates in the central highlands of Peru. The study was carried out at the Casaracra experimental centre of the Daniel Alcides Carrión National University, in the central highlands of Peru, at 3786 meters above sea level. Forage production values were obtained in terms of dry matter, green matter, and percentage of dry matter, as well as nutritional quality values: Total protein (TP%), Fat (G%), Crude fibre (CF%), Ash (C%), Calcium (Ca%), Phosphorus (P%), Nitrogen-free extract (NFE%), and Gross energy (GE kcal/100 g). Significant differences were found between treatments for forage biomass and nutritional quality. A dendrogram was constructed where the treatments were grouped into three groups based on their similar characteristics and statistically significant values: In addition, a principal component analysis (PCA) was performed to observe the relationship between the evaluated characteristics and the treatments. It is concluded that in the moderately acidic soil, the treatments showed adequate establishment and growth, and that the treatment consisting of *Lolium multiflorum* cv. Tama in association with *Medicago sativa* cv. W440 is the most recommended for planting in high Andean soils.

Keywords: leguminous, grasses, associated pastures, fodder production, nutritional quality

INTRODUCCIÓN

La Puna central del Perú se encuentra ubicada entre los 3800 y 5200 msnm y se caracteriza por sus condiciones climáticas extremas (Brack Egg y Mendiola Vargas, 2004), lo que representa desafíos únicos para la producción ganadera. En el Perú, el área de pastos naturales representa aproximadamente 22 millones de hectáreas, dominados por un grupo de gramíneas, pseudogramíneas, hierbas y arbustos. Sin embargo, 60% de los pastizales se encuentran degradados (Tácula *et al.*, 2015), condición que se ha incrementado principalmente por el manejo deficiente

y sobre pastoreo de los ovinos, vacunos y camélidos, afectando la disponibilidad de oferta forrajera de los pastos naturales (Fang y Wu, 2022; Schroeder *et al.*, 2022). La crianza de ganado mixto se basa principalmente en el aprovechamiento de los pastos naturales, cuya disponibilidad varía de acuerdo con la época del año (Delgado *et al.*, 2019). Por otra parte, los diversos sistemas de pastoreo y su grado de uso afectan a la disponibilidad de forraje natural y la calidad nutricional, lo que ocasiona una disminución en la productividad animal (Herrero-Jáuregui y Oesterheld, 2018; Wróbel *et al.*, 2023).

La asociación de leguminosa y gramíneas en sus diversas formas de uso (corte y pastoreo) ofrecen una estrategia prometedora para mejorar la productividad y la sostenibilidad de la producción ganadera en la Puna (Flores Mariazza *et al.*, 2022). Los productores de ganado de la región central del Perú están modificando las estrategias de alimentación para evitar la disminución de la eficiencia productiva de sus animales, especialmente a través de la instalación de pastos cultivados permanentes y anuales, los cuales ofrecen mejores rendimientos y calidad forrajera y se adaptan a las condiciones ambientales de la Puna (Martha Jr *et al.*, 2004; Rojas Hernández *et al.*, 2005; Arias Arredondo *et al.*, 2021).

Para mejorar la productividad y la resiliencia de los sistemas de producción y pastoreo de animales, así como para promover la fertilidad del suelo a través de la fijación de nitrógeno, es necesario incorporar y/o establecer especies forrajeras como leguminosas y gramíneas permanentes como monocultivos o de manera asociada (Zaragoza Esparza *et al.*, 2009). Según Ruiz *et al.* (2006), el objetivo de asociar los pastos es proporcionar al ganado un alimento equilibrado entre proteínas y carbohidratos.

La combinación de varios tipos de pastos produce más forraje verde que los monocultivos (Duchini *et al.*, 2016). La asociación de leguminosas con gramíneas permite potenciar la producción y garantizar la sostenibilidad ecológica, económica y ambiental de la producción intensiva de los forrajes de corte y pastoreo (Martha Jr *et al.*, 2004). La siembra asociada de gramíneas (*Lolium multiflorum* y/o *Dactylis glomerata*) y leguminosas (*Medicago sativa* y/o *Trifolium repens*) producen una mejor oferta forrajera y calidad nutricional al ganado (Valverde-Balabarca, 2011), además de mejorar la fertilidad del suelo debido al aporte de nitrógeno atmosférico (Zaragoza Esparza *et al.*, 2009). En comparación, los monocultivos de Poaceae, ricos en carbohidratos y alta produc-

ción de biomasa a bajo costo (Eskandari *et al.*, 2009), presentan contenidos bajos de proteína (Villarreal *et al.*, 2006). Asimismo, las leguminosas son ricas en proteínas, vitaminas y minerales (Castro Bedriñana *et al.*, 2019), pero tienen un bajo rendimiento de materia seca (Eskandari *et al.*, 2009). Ante esto, el estudio tuvo como objetivo evaluar la producción forrajera y calidad nutricional de pasturas consociadas en suelos de la Sierra central del Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Ensayo

La investigación se desarrolló en el Centro Experimental de Casaraca (3786 msnm) de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, ubicado en el distrito de Paccha, provincia de Yauli, región Junín, Perú.

Características Edafoclimáticas

El sitio corresponde a la zona de vida de Bosque Húmedo Montano Tropical (INRENA, 1995) con una temperatura máxima de 16.1 °C (mínima de 1.5 °C) y una precipitación anual de 642.4 mm, según los datos de la estación meteorológica de la Oroya ubicada a 3842 msnm. Presenta una estación seca de mayo a septiembre (precipitación total de 116.3 mm) y una estación lluviosa de octubre a abril con una precipitación total de 434.8 mm (SENAMHI - Estaciones, 2025).

Los suelos se clasifican como regosol dístico - afloramiento lítico, típico de las montañas de la cadena occidental de los Andes (SIGMINAM, 2010). Se colectó una muestra de suelo (1 kg) utilizando una barreta a una profundidad de 20 cm. La muestra fue refrigerada y enviada al laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) para el análisis de fertilidad (Lwanga *et al.*, 2022).

Cuadro 1. Tratamientos del estudio: Monocultivos y consociados

Tratamiento	Descripción
T1	Monocultivo LM (<i>Lolium multiflorum</i> cv. Tama) ¹
T2	Asociación LM - MS (<i>Medicago sativa</i>) ² cv. Aragon
T3	Asociación LM - MS cv. Brown 6
T4	Asociación LM - MS cv. W440
T5	Asociación LM - MS cv. WL350
T6	Monocultivo MS cv. Aragon
T7	Asociación DG (<i>Dactylis glomerata</i>) ³ - MS cv. Brown 6
T8	Asociación DG - MS cv. W440
T9	Asociación DG - MS cv. WL350
T10	Asociación DG - TR (<i>Trifolium repens</i>) ⁴ cv. Huia

¹ Mismo cultivar para todos los tratamientos; ² Cultivar específico para cada tratamiento; ³ Mismo cultivar para todos los tratamientos; ⁴ Único cultivar

Densidades de siembra:

Monocultivo LM (35.0 kg ha⁻¹)

Monocultivo MS cv. Aragon (30.0 kg ha⁻¹)

Asociación LM - MS para todos los cultivares (LM 24.5 kg ha⁻¹, MS 10.5 kg ha⁻¹)

Asociación DG - MS para todos los cultivares (DG 24.5 kg ha⁻¹, MS 10.5 kg ha⁻¹)

Asociación DG - TR (DG 24.5 kg ha⁻¹, 3.0 kg ha⁻¹)

La flora del sitio de estudio, típica de la Puna, se adapta a las condiciones climáticas y se caracteriza por una cubierta principalmente solitaria de pastos copetudos y turberas mal drenadas, con plantas en forma de cojín (Postigo *et al.*, 2008), donde predomina el pajonal con la presencia dominante del *Festuca dolichophylla*, *Festuca inarticulata*, *Calamagrostis antoniana* y *Jarava ichu* (Arias Arredondo *et al.*, 2021).

Diseño Experimental

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) (Acuña Collazos *et al.*, 2012), con medidas repetitivas, 10 tratamientos y 3 repeticiones (Cuadro 1).

Manejo Agronómico

El área total del ensayo fue de 2000 m². Cada repetición con un área de 150 m². La labranza empezó con el uso del arado de discos a una profundidad de 30 cm para aflojar el suelo, seguido por la rastra cruzada a fin

de mullir los terrenos (Arias Arredondo *et al.*, 2021). El método de siembra que se utilizó fue el voleo, sin ninguna acción de corrección y/o fertilización en los tratamientos (Arias Arredondo *et al.*, 2021).

Se utilizaron semillas certificadas en todos los tratamientos (Cuadro 2). La densidad de siembra para las gramíneas en monocultivo fue de 35 kg/ha, en leguminosas como monocultivo de 30 kg/ha y en la asociación una dosis total de 35 kg/ha (leguminosa 30% y gramínea 70%). Las parcelas se instalaron en enero de 2017 y se evaluaron a la primera cosecha (después de 8 meses).

Producción de Biomasa

La producción de biomasa se midió utilizando un cuadrante guía de 1 m² lanzado al azar en el terreno a los 8 meses de la siembra. Las plantas dentro del cuadrante se cortaron a ras del suelo, se embolsaron y se etiquetaron. En el laboratorio, las muestras fueron pesadas para estimar el peso húmedo.

Las muestras fueron llevadas a estufa a 60 °C hasta obtener peso constante (48 horas) para obtener el peso de la materia seca (MS) y calcular la biomasa en kg MS/ha (Arias-Arredondo *et al.*, 2019), según la fórmula $\%MS = [(OPi + Pf)/Pi] * 100$, donde %MS = Porcentaje de materia seca, Pi = Peso inicial, Pf = Peso final.

Calidad Nutricional

Las muestras luego del secado en la estufa fueron pulverizadas en un molino Willey y tamizadas en malla de 1 mm. Las muestras se enviaron al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos – LENA, de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Se analizaron las siguientes variables: Proteína total (PT%), Grasa (G%), Fibra cruda (FC%) y Ceniza (C%) fueron determinados por los métodos AOAC 984.13, 2003.05, 962.09 y 942.05, respectivamente (AOAC, 2005), y en lo que respecta a los minerales Calcio (Ca%) y Fósforo (P%) los métodos AOAC utilizados fueron 927.02 y 965.17, respectivamente (AOAC, 2005).

El Extracto libre de nitrógeno (ELN%) se calculó por diferencia $[100 - (H + PT + G + FC + C)]$ y la Energía bruta (EB kcal/100g) se predijo mediante la ecuación $(EB = 5.62 * PT + 9.44 * G + 4.18 * (FC + ELN))$ (Moir *et al.*, 1980). La Fibra detergente neutra (FDN%) se calculó por el método N.º 6 Fibra Detergente Neutra en piensos, técnica de las bolsas filtrantes, en tanto que la Fibra detergente ácida (FDA%) por el método N.º 5 Detergente Ácido Fibra en pienso, técnica de las bolsas filtrantes (Adesogan, 2005).

Análisis Estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando R v. 3.8 (R Core Team, 2020). La biomasa verde y seca, el porcentaje de materia seca y la calidad del forraje (PT%, G%, FC%, C%, Ca%, P%, ELN%, EB kcal/100g, FDN% y FDA%) de las especies de pastos fueron testados mediante el análisis de varianza (ANOVA), seguido por la prueba

de Diferencia Límite (LSD) con un nivel de significancia de 0.05. Además, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para examinar la idoneidad de estos datos para el análisis factorial.

Se realizaron las pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y Bartlett. KMO es una medida de adecuación del muestreo que indica la proporción de varianza que es varianza común; es decir, que podría estar causada por factores subyacentes (Kaiser, 1974). Un valor alto (cercano a 1) suele indicar que el análisis factorial puede ser útil, y si el valor de la prueba es inferior a 0.05 el análisis factorial no será útil. La prueba de esfericidad de Bartlett indica si la matriz de correlaciones es una matriz de identidad, lo que indicaría variables no relacionadas. Este análisis se utiliza para identificar posibles asociaciones de las plantas con las variables evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Suelos

Los resultados del análisis de fertilidad del suelo se presentan en el Cuadro 2. El pH fue moderadamente ácido, la materia orgánica reportó valores muy altos, la disponibilidad de fósforo fue baja, el potasio presentó valores medios, Asimismo, clase textural mostró suelos franco limoso. En este sentido, Gurmessa (2021) menciona que una gran proporción de tierras agrícolas a nivel mundial se ve afectada por la acidez del suelo, lo que potencialmente limita la productividad agrícola y causa problemas ambientales.

El pH del suelo rara vez es uniforme con la profundidad. Así, la superficie del suelo (0-0.02 m) comúnmente exhibe un pH relativamente alto, y recubre una capa de suelo ácido de 0.05-0.15 m de profundidad, denominada capa subsuperficial ácida (Condon *et al.*, 2020). El crecimiento de las plantas a menudo ocurre bajo una variedad de condiciones estresantes, incluyendo la acidez y alcalinidad del suelo (Msimbira y Smith, 2020).

Cuadro 2. Características edáficas de la parcela de investigación ubicada en Casaracra (Yauli, Junín, Perú)

Parámetro	Valor
pH	5.4
Materia orgánica (%)	6.1
Nitrógeno (%)	0.3
Fósforo (ppm)	3.9
Potasio (ppm)	140
Arena (%)	34.0
Arcilla (%)	16.0
Limo (%)	50.0
Clase textural	Franco limoso

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Producción de biomasa seco, materia verde y porcentaje de materia seca

En los consociados de LM con MS, T5 mostró el valor más alto de términos de biomasa (22.19 t/ha/MS), el T7, asociaciones de DG con MS, reveló ser el más productivo (11.45 t/ha/MS) y en la mezcla de DG con TR se encontró una producción de forraje de 4.72 t/ha/MS (Cuadro 3). Por otro lado, respecto a los monocultivos, el LM produjo 15.53 t/ha/MS y MS Aragon de 1.88 t/ha/MS (Cuadro 3).

Respecto a los rendimientos más altos en los consociados de gramíneas con leguminosas y el monocultivo gramíneo, se puede atribuir a que las hierbas (gramíneas) pueden soportar condiciones estresantes de acidez, desequilibrio de nutrientes y toxicidades (Shavrukov e Hirai, 2016; Borhannuddin Bhuyan *et al.*, 2019; Ur Rahman *et al.*, 2024). Hou y Yi (2023) concluyen que la biomasa y la calidad de las gramíneas están significativamente influenciadas por factores ambientales y por las especies. La respuesta de biomasa del T5 (LM Tama con MS WL350) quién tuvo el mayor valor en t/ha/MS fue inferior a los rendimientos de 27.12 y 25.27 t/ha/MS reportado por Rojas (2017)

en pasturas consociadas por leguminosas y gramíneas a 3316 msnm en suelos franco arenoso-arcilloso con pH de 7.2; sin embargo fueron superiores a los estudios de Ordoñez-Flores *et al.* (2019) quienes obtuvieron una producción de 13.6 t/ha/MS durante tres meses de crecimiento de pastos consociados por hierbas y legumbres a 3320 msnm en suelos pobres de N, contenidos medios de fósforo y altos de potasio y una textura franco arcillosa.

Se obtuvieron valores de entre 9.0 a 78.67 t/ha/MV y de %MS entre 19.2 a 61.3%, donde T5 tuvo la mayor producción de biomasa y T7 el mayor valor de %MS (Cuadro 3). La producción de biomasa verde depende de las especies de plantas, el genotipo, el grado de estrés abiótico, interacción de los genotipos y el ambiente abiótico (Norman *et al.*, 2013), Asimismo, de acuerdo con Chavarria-Torrez y Castillo-Castro (2018) aporta vitaminas A y C, además del complejo B por tener cantidades de carotenos.

Los valores encontrados respecto a la siembra de monocultivos son superiores a los estudios de Vallejos-Fernández *et al.* (2020) quienes evaluaron 22 especies de gramíneas a una altitud de 2300-3800 msnm, encontrando rendimientos de 8.9 a 11.2 t/ha/MS en suelos franco-arenosos y franco-arcilloso-arenoso y con pH fuertemente ácidos. Sin embargo, fueron similares a los reportados por Vásquez *et al.* (2017) en 15 especies de gramíneas a 2200 msnm con valores de biomasa de 17.2 a 45.7 t/ha/MS. Por otro lado, los rendimientos de monocultivo en leguminosas estuvieron por debajo de los valores de 7.8 a 12.04 t/ha /MS de Álvarez-Vázquez *et al.* (2018) en suelos franco-arenosos y pH de 7-8 a 2250 msnm.

Islam *et al.* (2021) explica que la presencia de pigmentos fotosintéticos más altos mostró mayor producción de materia seca con los consociados, debido al incremento de contenido de nitrógeno y proteína en los granos. Sin embargo, el manejo de la fertilidad del suelo es de suma importancia para la ade-

Cuadro 3. Producción de biomasa en materia seca (MS), materia verde (MV) y porcentaje de materia seca (%MS) de pasturas en monocultivos y en asociación en Casaracra (Yauli, Junín, Perú)

Especies / variedades	Rendimiento (t/ha/MS)	Rendimiento (t/ha/MV)	(%MS)
LM Tama	15.53 (3.12) ^{bc}	61.33 (6.43) ^{bc}	25.18 (2.89) ^c
LM Tama / MS Aragon	10.06 (1.86) ^{de}	52.33 (8.08) ^c	19.18(0.64) ^c
LM Tama / MS Brown 6	15.64 (4.32) ^{bc}	57.33 (12.66) ^{bc}	27.22 (3.32) ^c
LM Tama / MS W440	16.33 (2.68) ^b	66.33 (6.43) ^b	24.51 (1.77) ^c
LM Tama / MS WL350	22.19 (3.35) ^a	78.67 (8.33) ^a	28.12 (1.23) ^c
MS Aragon	1.88 (0.67) ^g	9.00 (3.00) ^d	20.81 (0.58) ^c
DG Potomac / MS Brown 6	11.45 (1.42) ^{cd}	18.67 (0.58) ^d	61.30 (6.49) ^a
DG Potomac / MS W440	5.78 (0.66) ^{efg}	10.67 (2.08) ^d	55.63 (12.43) ^a
DG Potomac / MS WL350	7.14 (2.99) ^{def}	13.00 (4.58) ^d	54.23 (11.17) ^{ab}
DG Potomac / TR Huia	4.72 (1.61) ^{fg}	10.33 (3.06) ^d	45.29 (2.63) ^b

Desviación estándar mostrado en el paréntesis

Medias seguidas por letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según las pruebas de LSD

cuada productividad y sostenibilidad de los pastizales (Silveira y Kohmann, 2020). En relación a las leguminosas, el rendimiento varía según la especie, la gravedad del estrés por sequía y factores como fenología, textura de suelo, pH y condiciones agroclimáticas (Khatun *et al.*, 2021).

La producción de biomasa en materia verde de consociados por LM Tama con MS y el monocultivo LM Tama fueron superiores a los hallados por Tafur-Sanchez y García-Torres (2022) a 2,784 msnm donde se obtuvo al primer corte 23.2 a 21.1 t/ha/MV, sin embargo; fue superior a los asociados de DG Potomac con MS y TR y al monocultivo de MS Aragon, lo que se puede atribuir a que el DG es un pasto de pastoreo. En referencia a los monocultivos de leguminosas, Vásquez *et al.* (2017) hallaron rendimientos para DG de 65.5 a 82.48 t/ha/MV y en variedades de LM de 103.2 a 176.5 t/ha/MV, pero hay que considerar que se utilizaron fertilizantes para corregir deficiencias de nutrientes en el suelo. Por otro lado, los valores de %MS del presente estudio se encuentran entre los reportados por Tafur-Sanchez y García-Torres, 2022) con valores de 20.17 a 24.46% en asociaciones de *Lolium multiflorum* (70%) + alfalfa (30%).

Calidad nutricional

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en calidad nutricional entre tratamientos (Cuadro 4). El monocultivo MS Aragon presentó el mayor contenido de PT%, en tanto que el monocultivo LM Tama y los consociados de LM Tama con MS presentaron valores de 7.54 a 14.15% de PT; sin embargo, las asociaciones de DG Potomac junto a MS muestran valores de 13.04 a 16.08% y ligeramente superiores al consociado LM con MS, DG Potomac con TR Huia y al monocultivo LM Tama. Las leguminosas permiten captar el nitrógeno que es uno de los elementos nutritivos más importantes para el crecimiento y desarrollos de las plantas (Núñez-Colima *et al.*, 2021). Los resultados se encuentran dentro de los valores de 14.2 a 18.6% de PT reportados por Tafur-Sanchez y García-Torres (2022) en asociaciones de leguminosas y gramíneas en la amazonia de Perú, muestras que, en variedades de LM, Vallejos-Fernández *et al.* (2020) encontraron valores similares al presente estudio en la sierra de Perú. En lo que respecta al MS Aragon como monocultivo, el valor hallado en el estudio fue inferior al 28.2% PT reportado por Nava-Berumen *et al.* (2018) en suelos franco-arenosos, pH de 7.9 y pobres en materia orgánica, fósforo y nitrógeno.

Cuadro 4. Calidad nutricional de monocultivos y de la asociación de gramíneas y leguminosas en Casaracra (Yauli, Junín, Perú)

Características	LM Tama	LM Tama / MS Aragon	LM Tama / MS Brown 6	LM Tama / MS W440	LM Tama / MS WL350	MS Aragon	DG Potomac / MS Brown 6	DG Potomac / MS W440	DG Potomac / MS WL350	DG Potomac / TR Huia
PT (%)	10.97 (0.24) ^e	11.31 (0.24) ^e	10.69 (0.13) ^e	14.15 (0.37) ^c	7.54 (0.02) ^f	20.87 (0.21) ^a	15.43 (0.05) ^b	16.08 (0.37) ^b	13.04 (0.12) ^d	13.83 (0.29) ^c
Grasa (%)	2.98 (0.14) ^b	2.34 (0.04) ^c	1.53 (0.04) ^d	2.51 (0.04) ^c	1.75 (0.14) ^d	2.73 (0.06) ^{bc}	3.51 (0.04) ^a	2.75 (0.06) ^{bc}	3.49 (0.39) ^a	3.13 (0.07) ^{ab}
FC (%)	20.74 (0.34) ^a	16.67 (0.20) ^c	15.41 (0.02) ^e	15.76 (0.01) ^{de}	16.15 (0.04) ^{cde}	16.44 (0.55) ^{cd}	18.88 (0.10) ^b	16.56 (0.28) ^c	18.98 (0.23) ^b	15.60 (0.31) ^e
Ceniza (%)	12.11 (0.27) ^a	10.44 (0.01) ^b	6.97 (0.12) ^f	7.18 (0.10) ^{ef}	7.40 (0.03) ^{ef}	9.37 (0.08) ^{bc}	7.46 (0.08) ^{def}	8.27 (0.18) ^{cde}	6.96 (1.22) ^f	8.67 (0.37) ^{cd}
ELN (%)	42.63 (0.16) ^f	50.90 (0.44) ^c	55.55 (0.02) ^b	51.44 (0.32) ^c	59.21 (0.03) ^a	42.62 (0.55) ^f	45.82 (0.14) ^e	47.00 (1.30) ^{de}	50.03 (0.81) ^c	48.24 (0.65) ^d
EB (kcal/100.g)	349.25 (1.96) ^f	362.87 (0.15) ^e	365.34 (1.03) ^e	378.82 (1.02) ^{bc}	367.54 (1.27) ^e	385.14 (0.51) ^{ab}	384.96 (1.10) ^{ab}	376.22 (3.61) ^{cd}	388.73 (7.24) ^a	368.38 (0.75) ^{de}
Ca (%)	0.45 (0.00) ^f	0.88 (0.02) ^e	0.87 (0.07) ^e	1.09 (0.06) ^d	0.50 (0.06) ^f	2.11 (0.08) ^a	1.74 (0.11) ^b	1.56 (0.03) ^c	1.11 (0.03) ^d	0.47 (0.02) ^f
P (%)	0.26 (0.01) ^b	0.19 (0.01) ^g	0.21 (0.01) ^e	0.24 (0.01) ^c	0.17 (0.01) ^h	0.20 (0.00) ^{fg}	0.21 (0.00) ^{ef}	0.23 (0.00) ^{cd}	0.22 (0.00) ^{de}	0.37 (0.01) ^a
FDN (%)	43.72 (0.43) ^a	36.48 (0.03) ^c	32.31 (0.44) ^{de}	32.11 (0.28) ^e	33.81 (0.27) ^d	33.37 (1.13) ^{de}	40.16 (0.69) ^b	37.84 (0.51) ^c	43.37 (0.85) ^a	40.88 (0.18) ^b
FDA (%)	27.80 (0.93) ^a	24.40 (0.34) ^{bcd}	20.26 (0.60) ^e	25.48 (2.59) ^{ab}	21.47 (0.17) ^{de}	23.13 (1.01) ^{bcd}	24.25 (1.57) ^{bcd}	25.04 (0.29) ^{abc}	25.83 (0.16) ^{ab}	22.13 (1.15) ^{cde}

Medias seguidas por letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según las pruebas de LSD. Desviación estándar mostrado en el paréntesis

En los contenidos de grasa (G%), fibra cruda (FC%), ceniza (C%) y extracto libre de nitrógeno (ELN%) se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 4; $p < 0.05$); así en G% el DG Potomac con MS Brown 6, WL350 y TR Huia mostraron valores superiores a los otros tratamientos, para FC% y C% el monocultivo LM Tama presentó el valor más relevante en los tratamientos, en el ELN% el LM Tama con MS WL350 reportó el valor más alto. Al comparar los resultados del presente estudio con otros trabajos, se encontró que Tafur-Sanchez y García-Torres (2022) reportaron valores de 8.45 a 10.86% de C% similares a este estudio.

El monocultivo MS Aragon junto a las asociaciones de DG Potomac con Brown 6 y WL350 resultaron ser significativamente su-

periores en energía bruta (Cuadro 4) en referencia a los otros tratamientos. En este sentido, Bozhanska *et al.* (2018) encontraron valores de 269.8 a 434.9 kcal/100 g en alfalfas asociadas con raigrás perenne (*Lolium perenne*), y en otros estudios como el de Ritz *et al.* (2020) encontraron en parcelas de pastoreo de leguminosas y gramíneas valores de Ca de 0.53 a 0.66% que son inferiores al del estudio. Asimismo, respecto al P se reportaron valores de 0.30 a 0.39%, datos superiores al del presente estudio. Así, Pirhofer-Walzl *et al.* (2011) concluyen que incluir hierbas en mezclas de forma eficaz aumenta las concentraciones de minerales en el forraje. También es cierto que los contenidos de los minerales Ca, P, S y otros varían de acuerdo con la presencia de estos en los suelos (Monge *et al.*, 1995).

Los valores más altos para fibra detergente neutra se obtuvieron en LM Tama, el consociado DG Potomac con MS WL350, MS Brown 6, TR Huia, MS W440 y el LM con MS Aragon (Cuadro 4), siendo valores superiores al 25-35% recomendados para la dieta de los rumiantes (Council *et al.*, 2001). Los valores de fibra detergente ácida se encuentran dentro de los rangos de 21 a 27% para rumiantes recomendados por Council *et al.* (2001). Los resultados de 27.1 a 41.1% reportados por Tafur-Sanchez y García-Torres (2022) fueron superiores al del presente estudio. Según Melo *et al.* (2022), los contenidos de FDN y FDA tienen correlaciones positivas significativas con la temperatura, lo cual explica que temperaturas altas favorece una maduración más rápida de las plantas, aumenta la relación tallo-hoja y el contenido de la pared celular, incluida la lignina (Koidou *et al.*, 2019).

El análisis de agrupamiento jerárquico mediante el método de Ward, utilizando la distancia euclidiana como métrica de similitud, reveló la estructura de asociación entre las

combinaciones forrajeras evaluadas, considerando sus repeticiones experimentales (Figura 1). El dendrograma resultante identificó tres clústeres principales, delimitados por líneas discontinuas de colores diferenciados, que agrupan asociaciones con características nutricionales y productivas similares. El Clúster I (delimitado por líneas discontinuas rojas) agrupó exclusivamente las repeticiones de la asociación DG Potomac / TR Huia, evidenciando un comportamiento diferencial respecto a las demás combinaciones evaluadas. Esta segregación sugiere características nutricionales y agronómicas distintivas inherentes a esta asociación específica. El Clúster II (delimitado por líneas discontinuas azules) incluyó las asociaciones LM Tama / MS Brown 6 y LM Tama / MS WL350, las cuales presentaron alta similitud entre sí. Esta proximidad podría atribuirse a perfiles comparables en contenido de fibra detergente neutro y rendimiento de materia seca. El Clúster III (delimitado por líneas discontinuas amarillas) integró la mayor diversidad de combinaciones forrajeras, incluyendo tanto gramíneas en monocultivo como asociaciones con diferentes cultivares de *Medicago sativa*.

Dendrograma de separación de muestras - distancia euclidiana

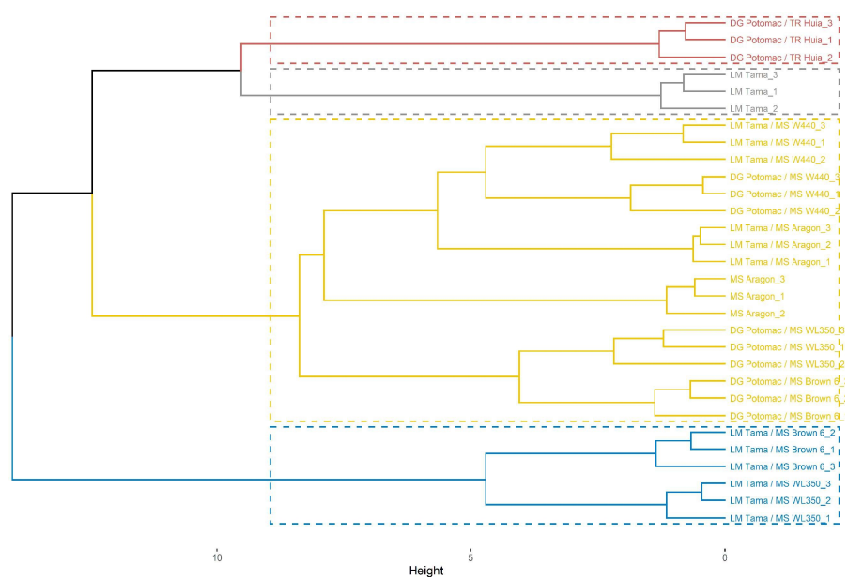


Figura 1. Análisis de clúster (agrupamiento) representado con el dendrograma que agrupa a las 10 variedades de monocultivos y asociaciones de gramíneas y leguminosas

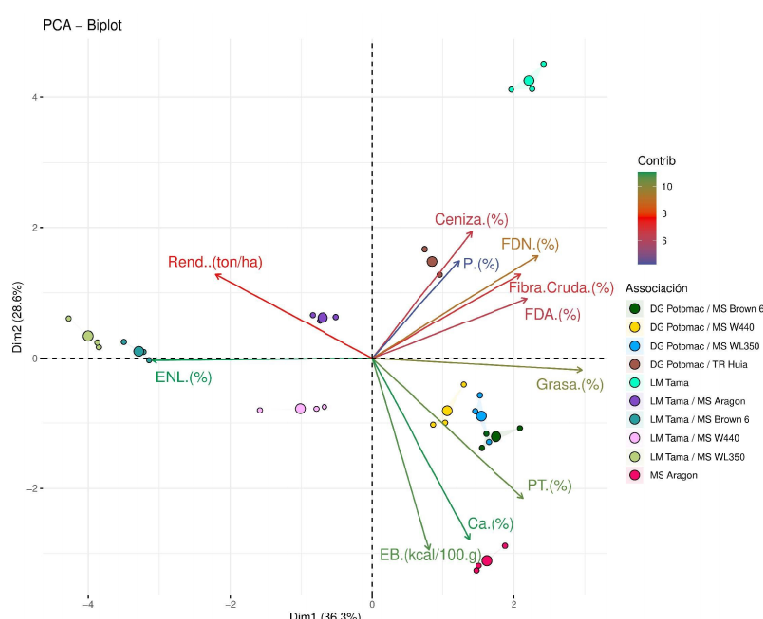


Figura 2. Biplot que expresa las cualidades de los pastos en monocultivos y sus asociaciones respecto al rendimiento forrajero (Rendimiento/ha) y calidad nutricional (C%, P%, FDN%, FC%, FDA%, G%, PT%, Ca%, EB kcal/100 g y ELN%)

Esta agrupación indica homogeneidad nutricional entre estas asociaciones, particularmente en variables como proteína cruda, energía bruta y concentraciones de calcio y fósforo. La ubicación de LM Tama en monocultivo como unidad independiente dentro de una posición intermedia del dendrograma refuerza su diferenciación respecto a las asociaciones más complejas, lo cual podría relacionarse con su perfil químico menos diversificado. Este análisis de agrupamiento permite identificar patrones de similitud funcional entre asociaciones forrajeras, proporcionando criterios objetivos para su clasificación agroecológica en condiciones de praderas altoandinas y orientando la selección de combinaciones con mayor potencial productivo.

Análisis de componentes principales

En el análisis de componentes principales (PCA) se analizaron los datos de biomasa forrajera y calidad nutricional de pastos consociados y monocultivos. El PCA identi-

ficó dos componentes principales (PC1 y PCA2) que explican más del 67% de la variación de los datos (Figura 2). El monocultivo LM Tama y el consociado DG Potomac con TR Huia se encuentran muy relacionados con la C%), P%, FDN%), FDA% y FC%; por otra parte, la asociación DG Potomac con MS Brown 6, DG Potomac con MS W440, DG Potomac con MS WL350 y el MS Aragon están vinculados a la PT%), Ca%, EB kcal/100g y G%. En lo que respecta a la biomasa forrajera (t/ha) y el ELN% se encuentran entrelazados a los asociados de LM Tama con MS Aragon, LM Tama con MS WL350 y LM Tama con MS Brown 6.

Por último, el consociado de LM Tama con MS W440 se encuentra muy disperso debido a que no guarda relación estrecha con las variables de biomasa forrajera y calidad nutricional, lo que puede indicar que este tratamiento presenta los índices adecuados, tanto en productividad forrajera como en contenidos nutricionales.

CONCLUSIONES

Se concluye que, en el suelo considerado moderadamente ácido, los tratamientos mostraron un adecuado establecimiento y crecimiento. Además, de acuerdo con el análisis de componentes principales el tratamiento T4 conformado por LM Tama consociado con MS W440 es el más recomendable para sembrar en suelos altoandinos, debido a que no se encuentra muy relacionado a una característica específica; es decir, presenta valores adecuados tanto en biomasa forrajera como en variables de calidad nutricional.

LITERATURA CITADA

1. **Acuña Collazos JA, Domínguez Castaño AH, Toro Ocampo EM. 2012.** Una comparación entre métodos estadísticos clásicos y técnicas metaheurísticas en el modelamiento estadístico. *Scientia et Technica* 2: 67-76.
2. **Adesogan AT. 2005.** Effect of bag type on the apparent digestibility of feeds in ANKOM Daisy II incubators. *Anim Feed Sci Technol* 119: 333-344. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2004.09.012
3. **Álvarez-Vázquez P, Hernández-Garay A, Mendoza-Pedroza SI, Rojas-García AR, Wilson-García CY, Alejos-de la Fuente JI. 2018.** Producción de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas. *Agrociencia* 52: 841-851.
4. **AOAC. 2005.** Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC.
5. **Arias Arredondo AG, Cruz Luis JA, Pantoja Aliaga CE, Yali Rupay F, Bermúdez Alvarado WS, Morales Sebastian ER. 2021.** Rendimiento forrajero y valor nutritivo de dos variedades de avena sativa (Criolla y Mantaro-15), en la sierra central del Perú. *Rev Investig Innov Agropecu Recur Nat* 8: 54-60. doi: 10.53287/pccm3923xs47i
6. **Arias-Arredondo A, Cruz-Luis J, Pantoja-Aliaga CE, Morales-Sebastian ER, Bermúdez-Alvarado WS, Yali-Rupay F, Arzapalo-Alderete I, et al. 2019.** Calidad de semilla y rendimiento forrajero en dos variedades de avena (*Avena sativa*) Criolla y Mantaro-15 en la sierra central del Perú. *Rev Praxis* 10: 44-51.
7. **Borhannuddin Bhuyan MHM, Hasanuzzaman M, Nahar K, Mahmud JA, Parvin K, Bhuiyan TF, Fujita M. 2019.** Plants behavior under soil acidity stress: insight into morphophysiological, biochemical, and molecular responses. In: Hasanuzzaman M, Hakeem KR, Nahar K, Alharby HF (eds). *Plant abiotic stress tolerance: agronomic, molecular and biotechnological approaches*. Springer International Publishing. p 35-82. doi: 10.1007/978-3-030-06118-0_2
8. **Bozhanska T, Churkova B, Mihova T. 2018.** Basic chemical composition and energy nutritional value of fodder biomass from artificial ecosystems. *Biotech Anim Husb* 34: 355-367.
9. **Brack Egg A, Mendiola Vargas C. 2004.** *Ecología del Perú*. 2^o ed. Ed Bruño. 495 p.
10. **Castro Bedriñana J, Chirinos Peinado D, Lara Schwartz P. 2019.** Evaluación del compost de guano de pollo en el rendimiento y calidad nutricional de la alfalfa en la sierra central del Perú. *Rev Inv Vet Perú* 30: 1562-1568. doi: 10.15381/rivep.v30i4.15756
11. **Chavarria-Torrez A, Castillo-Castro SS. 2018.** El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. *Rev Iberoam Bioecon Camb Clim* 4: 8. doi: 10.5377/ribcc.v4i8.6716
12. **Condon J, Burns H, Li G. 2020.** The extent, significance and amelioration of subsurface acidity in southern New South Wales, Australia. *Soil Res* 59: 1-11. doi: 10.1071/SR20079

13. **Council NR, Board on Agriculture and Natural Resources, Committee on Animal Nutrition, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. 2001.** Nutrient Requirements of dairy cattle: 7th revised ed. Washington DC): National Academies Press.
14. **Delgado CA, García BC, Allcahuamán MD, Aguilar GC, Estrada VP, Vega AH. 2019.** Caracterización fenotípica del ganado criollo en el Parque Nacional Huascarán - Ancash, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 30: 1143-1149. doi: 10.15381/rivep.v30i3.16611
15. **Duchini PG, Guzatti GC, Ribeiro-Filho HMN, Sbrissia AF. 2016.** Intercropping black oat (*Avena strigosa*) and annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) can increase pasture leaf production compared with their monocultures. *Crop Pasture Sci* 67: 574-581. doi: 10.1071/CP15170
16. **Eskandari H, Ghanbari A, Javanmard A. 2009.** Intercropping of cereals and legumes for forage production. *Not Sci Biol* 1: 7-13. doi: 10.15835/nsb113479
17. **Fang X, Wu J. 2022.** Causes of overgrazing in Inner Mongolian grasslands: searching for deep leverage points of intervention. *Ecology and Society* 27: 8. doi: 10.5751/ES-12878-270108
18. **Flores Mariazza E, Ruiz Chamorro J, Zárate Díaz R, Sono AB. 2022.** Manual de siembra de pastos cultivados para mejorar el manejo nutricional del Ganado. Jauja, Perú: FONTAGRO. 15 p.
19. **Gurmessa B. 2021.** Soil acidity challenges and the significance of liming and organic amendments in tropical agricultural lands with reference to Ethiopia. *Environ Dev Sustain* 23: 77-99. doi: 10.1007/s10668-020-00615-2
20. **Herrero-Jáuregui C, Oesterheld M. 2018.** Effects of grazing intensity on plant richness and diversity: a meta-analysis. *Oikos* 127: 757-766. doi: 10.1111/oik.04893
21. **Hou W Yi Z. 2023.** Adaptability comparison and application assessment of various bioenergy grasses on different marginal lands in China. *Energy* 285: 129483. doi: 10.1016/j.energy.2023.-129483
22. **INRENA. 1995.** Mapa ecológico del Perú: guía explicativa. Lima, Perú: Instituto Nacional de Recursos Naturales. 271 p.
23. **Islam MS, Hasan MK, Islam B, Renu NA, Hakim MA, Islam MR. et al. 2021.** Responses of water and pigments status, dry matter partitioning, seed production, and traits of yield and quality to foliar application of GA3 in mung bean (*Vigna radiata* L). *Frontiers in Agronomy* 2. doi: 10.3389/fagro.2020.596850
24. **Kaiser HF. 1974.** An index of factorial simplicity. *Psychometrika* 39: 31-36. doi: 10.1007/BF02291575
25. **Khatun M, Sarkar S, Era FM, Islam AKMM, Anwar MP, Fahad S, Datta R, Islam AKMA. 2021.** Drought stress in grain legumes: effects, tolerance mechanisms and management. *Agronomy* 11: 2374. doi: 10.3390/agronomy-11122374
26. **Koidou M, Mountousis I, Dotas V, Zagorakis K, Yiakoulaki M. 2019.** Temporal variations of herbage production and nutritive value of three grasslands at different elevation zones regarding grazing needs and welfare of ruminants. *Arch Anim Breed* 62: 215-226. doi: 10.5194/aab-62-215-2019
27. **Lwanga AI, Tsingalia HM, Agevi H, Shilenje ZW. 2022.** Effects of sand-harvesting on river water quality and riparian soil physico-chemical properties. *Open J Ecol* 12: 532-550. doi: 10.4236/oje.2022.128032
28. **Martha GB Jr, Corsi M, Trivelin PCO, Alves MC. 2004.** Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. *Grass Forage Sci* 59: 80-90. doi: 10.1111/j.1365-2494.2004.00407.x

29. **Melo CD, Maduro Dias CSAM, Wallon S, Borba AES, Madruga J, Borges PAV, Ferreira MT, Elias RB. 2022.** Influence of climate variability and soil fertility on the forage quality and productivity in Azorean pastures. *Agriculture* 12: 358. doi: 10.3390/agriculture12030358
30. **Moir KW, Yule WJ, Connor JK. 1980.** Energy losses in the excreta of poultry: a model for predicting dietary metabolizable energy. *Aust J Exp Agr* 20: 151-155. doi: 10.1071/ea9800151
31. **Monge E, Val J, Sanz M, Blanco A, Montanes LEE de AD. 1995.** Calcium as a nutrient for plants. The bitter pit in apple. [Internet]. Available in: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122599/records/64775c6fbc45d9ecdbc23bdf>
32. **Msimbira LA, Smith DL. 2020.** The roles of plant growth promoting microbes in enhancing plant tolerance to acidity and alkalinity stresses. *Front Sustain Food Syst* 4: 106. doi: 10.3389/fsufs.2020.0506
33. **Nava-Berumen CA, Rosales-Serna R, Carrete-Carreón FO, Jiménez-Ocampo R, Domínguez-Martínez PA, Reyes-Estrada O. 2018.** Productividad y calidad de forraje de pastos cultivados durante la época seca en Durango, México. *Agrociencia* 52: 803-816.
34. **Norman HC, Masters DG, Barrett-Lennard EG. 2013.** Halophytes as forages in saline landscapes: interactions between plant genotype and environment change their feeding value to ruminants. *Environ Exp Bot* 92: 96-109. doi: 10.1016/j.envexpbot.2012.07.003
35. **Núñez-Colima JA, García-De La Peña C, Valenzuela-Núñez LM, González-Torres A, Esparza-Rivera JR, Rodríguez-Martínez R. 2021.** Factores ambientales y su relación con el nitrógeno contenido en proteínas solubles totales (PST) en *Carya illinoensis*. *Acta Univ* 31: 1-10. doi: 10.15174/au.2021.2581
36. **Ordoñez-Flores J, Huamán-Adriano V, Rojas-Egoavil J. 2019.** Establecimiento de una asociación de gramíneas y leguminosas forrajeras, sembradas con densidades de arveja (*Pisum sativum* L.) cv «Remate» en el Valle del Mantaro, Perú. *Sci Agropecu* 10: 365-371. doi: 10.17268/sci.agropecu.2019.03.09
37. **Pirhofer-Walzl K, Søgaard K, Høgh-Jensen H, Eriksen J, Sanderson MA, Rasmussen J. 2011.** Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. *Grass Forage Sci* 66: 415-423. doi: 10.1111/j.1365-2494.2011.00799.x
38. **Postigo JC, Young KR, Crews KA. 2008.** Change and continuity in a pastoralist community in the high Peruvian Andes. *Hum Ecol* 36: 535-551. doi: 10.1007/s10745-008-9186-1
39. **R Core Team. 2020.** R Core Team R: a language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing.
40. **Ritz KE, Heins BJ, Moon R, Sheaffer C, Weyers SL. 2020.** Forage yield and nutritive value of cool-season and warm-season forages for grazing organic dairy cattle. *Agronomy* 10: 1963. doi: 10.3390/agronomy10121963
41. **Rojas Hernández S, Olivares Pérez J, Jiménez Guillén R, Hernández Castro E. 2005.** Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *REDVET* 6(5). [Internet]. Disponible en: <https://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505.html>
42. **Rojas J. 2017.** La arveja como cultivo temporal para el establecimiento de una pastura de gramíneas y leguminosas. Tesis de Maestría. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. 58 p.
43. **Ruiz TE, Castillo E, Alonso J, Febles G. 2006.** Factores del manejo para estabilizar la producción de biomasa con leguminosas en el trópico. *Av Investig Agropecu* 10: 3-20.
44. **Schroeder NM, Rodríguez V, Marino A, Panebianco A, Peña F. 2022.** Interspecific competition between guanacos and livestock and their relative impact on Patagonian rangelands: evidence, knowledge gaps, and future directions.

- In: Carmanchahi P, Lichtenstein G. (eds). Guanacos and 'people in Patagonia: A social-ecological approach to a relationship of conflicts and opportunities. Springer International Publishing. p 47-84. doi: 10.1007/978-3-031-06656-6_3
45. **Shavrukov Y, Hirai Y. 2016.** Good and bad protons: genetic aspects of acidity stress responses in plants. *J Exp Botany* 67: 15-30. doi: 10.1093/jxb/erv437
 46. **[SENAMHI] Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Estaciones. 2025.** [Intyernet]/ Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
 47. **SIGMINAM. 2010.** Mapa de suelos del Perú. Ministerio del Ambiente. [Internet]. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/0B6Fh65ABMZicU1ZpeHFhOFh2ZDQ/view?usp=embed_facebook
 48. **Silveira ML, Kohmann MM. 2020.** Maintaining soil fertility and health for sustainable pastures. In: Management strategies for sustainable cattle production in southern pastures. Academic Press. 35-58.
 49. **Tácuna RE, Aguirre L, Flores ER. 2015.** Influencia de la revegetación con especies nativas y la incorporación de materia orgánica en la recuperación de pastizales degradados. *Ecol Apl* 14: 191-200.
 50. **Tafur-Sanchez E, García-Torres CH. 2022.** Comportamiento productivo de asociaciones de especies de pastos forrajeros, en el Anexo de San Francisco de Tintín – Amazonas. *Rev Inv Agropec Sci Biotech* 2: 41-49. doi: 10.25127/riagrop.20224.880
 51. **Ur Rahman S, Han J-C, Ahmad M, Ashraf MN, Khaliq MA, Yousaf M, Wang Y, et al. 2024.** Aluminium phytotoxicity in acidic environments: a comprehensive review of plant tolerance and adaptation strategies. *Ecotoxicol Environm Safety* 269: 115791. doi: 10.1016/j.ecoenv.2023.115791
 52. **Vallejos-Fernández LA, Alvarez WY, Paredes-Arana ME, Pinares-Patiño C, Bustíos-Valdivia JC, Vásquez H, García-Ticllacuri R. 2020.** Comportamiento productivo y valor nutricional de 22 genotipos de raigrás (*Lolium* spp.) en tres pisos altoandinos del norte de Perú. *Sci Agropecu* 11: 537-545. doi: 10.17268/sci.agropecu.2020.04.09
 53. **Valverde-Balabarca H. 2011.** Cultivando pastos asociados. Sistematización de la experiencia. CARE Perú. 37 p.
 54. **Vásquez HV, Quilcate C, Oliva M. 2017.** Evaluación de quince variedades de gramíneas forrajeras para el mejoramiento alimenticio del ganado bovino en la cuenca ganadera Florida. *Rev Inv Cienc Biotecnol Anim* 1: 69-75. doi: 10.25127/ricba.20171.185
 55. **Villarreal M, Cochran RC, Rojas-Bourrillón A, Murillo O, Muñoz H, Poore M. 2006.** Efecto de la suplementación con pulpa granulada de cítricos sobre la digestibilidad y el consumo en bovinos de carne alimentados con una dieta a base de pastos tropicales (*Cynodon nlemfuensis*). *Anim Feed Sci Tech* 125: 163-173. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2005.05.020
 56. **Wróbel B, Zielewicz W, Staniak M. 2023.** Challenges of pasture feeding systems - opportunities and constraints. *Agriculture* 13: Article 5. doi: 10.3390/agriculture13050974
 57. **Zaragoza Esparza J, Hernández-Garay A, Pérez Pérez J, Herrera Haro JG, Osnaya Gallardo F, Martínez Hernández PA, González Muñoz SS, et al. 2009.** Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovinillo. *Téc Pecú Méx* 47: 173-188