



Comportamiento productivo y valor nutricional de 22 genotipos de raigrás (*Lolium* spp.) en tres pisos altoandinos del norte de Perú

Productive behavior and nutritional value of 22 genotypes of ryegrass (*Lolium* spp.) on three high Andean floors of northern Peru

Luis A. Vallejos-Fernández¹ ; Wuesley Y. Alvarez^{2,*} ; Manuel E. Paredes-Arana¹ ; César Pinares-Patiño³ ; Julio C. Bustíos-Valdivia³ ; Héctor Vásquez² ; Rubén García-Ticllacuri²

¹ Unidad de Posgrado de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa 1050, Cajamarca 06003. Peru

² Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Jr. Wiracocha s/n, Baños del Inca, Cajamarca 06004. Peru.

³ Proyecto de Apoyo de Nueva Zelanda al Sector Lechero Peruano, Dirección General de Ganadería, Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), Lima. Peru.

Received May 28, 2020. Accepted October 12, 2020.

Resumen

La actividad lechera, basada en pasturas, representa la principal fuente de ingreso de la población rural de los andes del norte del Perú. El objetivo fue evaluar el rendimiento de biomasa, tasa de crecimiento, altura de planta, Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y Energía metabolizable (EM) de 22 genotipos de *Lolium* spp. en tres pisos altoandinos (PA) (PA I: 2300 - 2800, PA II: 2801 - 3300 y PA III: 3301 - 3800 msnm) del norte del Perú. Mejor biomasa (7 662 kg materia seca (MS) ha⁻¹ año⁻¹) y tasa de crecimiento (21,0 kg MS ha⁻¹ día⁻¹) mostró el PA I para *Lolium perenne* L., en cambio el PA III destacó en rendimiento (9041 kg MS ha⁻¹ año⁻¹) y tasa de crecimiento (24,8 kg MS ha⁻¹ día⁻¹) para *Lolium multiflorum* L. La EM promedio fue de 2,61 Mcal kg⁻¹ MS y 2,43 Mcal kg⁻¹ MS para *L. perenne* y *L. multiflorum* respectivamente. Los valores nutricionales de ambas variedades son adecuados para la alimentación del ganado al pastoreo en la sierra. Así mismo, los genotipos que mostraron mejor desempeño deben usarse en un plan de mejora de pasturas.

Palabras clave: Raigrás perenne; raigrás anual; composición nutricional; zona altoandina; comportamiento productivo.

Abstract

The dairy activity, based on pastures, represents the main source of income for the rural population of the Andes of northern Peru. The objective was to evaluate biomass yield, growth rate, plant height, Crude Protein (CP), Neutral Detergent Fiber (NDF), *in vitro* digestibility of dry matter (IVDDM) and metabolizable energy (ME) of 22 genotypes of *Lolium* spp. in three Andean floors (AF) (AF I: 2300 - 2800, AF II: 2801 - 3300 and AF III: 3301 - 3800 masl) in northern Peru. Better biomass (7662 kg dry material (DM) ha⁻¹ year⁻¹) and growth rate (21.0 kg DM ha⁻¹ day⁻¹) showed AF I for *Lolium perenne* L., however AF III stood out in yield (9,041 kg MS ha⁻¹ year⁻¹) and growth rate (24.8 kg DM ha⁻¹ day⁻¹) for *Lolium multiflorum* L. The mean ME was 2.61 Mcal kg⁻¹ MS and 2.43 Mcal kg⁻¹ MS for *L. perenne* and *L. multiflorum*, respectively. The nutritional values of both varieties are adequate for feeding cattle to grazing in the mountains. Likewise, the genotypes that showed better performance should be used in a pasture improvement plan.

Keywords: Perennial ryegrass; annual ryegrass; nutritional composition; High Andean zone; productive behavior.

Cite this article:

Vallejos-Fernández, L.A.; Alvarez, W.Y.; Paredes-Arana, M.E.; Pinares-Patiño, C.; Bustíos-Valdivia, J.C.; 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. *Scientia Agropecuaria* 11(4): 537-545.

* Corresponding author

E-mail: investigador_bdelinca@inia.gob.pe (W.Y. Alvarez).

© 2020 All rights reserved

DOI: [10.17268/sci.agropecu.2020.04.09](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.09)

1. Introducción

La producción de leche en la zona altoandina del norte del Perú representa una de las actividades económicas más importantes en las familias rurales. Las extensas áreas de tierra, cubiertas por pasturas raigrás anual (*Lolium multiflorum* L.) “ecotipo cajamarquino” - trébol blanco (*Trifolium repens* L.) variedad Ladino, constituyen la base de la alimentación del ganado vacuno productor de leche que asciende a 724 478 cabezas (CENAGRO, 2012); sin embargo, en las dos últimas décadas esta asociación gramínea-leguminosa ha perdido sus características agronómicas y nutricionales, debido al manejo inadecuado del suelo y la pastura (Vallejos, 2009), afectándose el rendimiento y por ende el nivel de ingresos económicos de la población rural dedicada a la actividad lechera.

De acuerdo a la altitud, las condiciones climáticas como temperatura, precipitación, radiación, incluidas las características del suelo, varían (Kizeková *et al.*, 2013), limitando el crecimiento, desarrollo y adaptación de las plantas (Silveira y Kohmann, 2020; Hatfield y Prueger, 2015); a mayor altitud las condiciones abióticas son más severas, sin embargo, las plantas son capaces de crecer con éxito gracias a procesos fisiológicos altamente especializados que afectan la respuesta química y metabólica (Alonso-Amelot, 2008; Giri *et al.*, 2019). La adaptación de las plantas puede darse en corto tiempo o ampliarse en relación a la altitud; es así que, el *Lolium* spp. se adapta a lugares desde 1800 hasta 3600 msnm, aunque sobre los 3000 msnm el crecimiento se reduce y los periodos de recuperación se prolongan entre 2 y 4 semanas; así mismo, los suelos donde crece deben ser de media a alta fertilidad, con un drenaje adecuado y pH superior a 5,5, debido a que es una especie exigente en nitrógeno, fósforo y potasio (Villalobos y Sánchez, 2010). El pH del suelo influye sobre la composición botánica y crecimiento de las gramíneas, debido al control que ejerce sobre la disponibilidad de nutrientes, desarrollo de las raíces y aprovechamiento eficiente de los fertilizantes; el rendimiento de forraje declina frente a un suelo de pH ácido, más aún si la concentración de aluminio y manganeso es alta (Oldén, 2016; Silveira y Kohmann, 2020).

El comportamiento productivo del raigrás (*Lolium* spp.) es afectado por factores abióticos propios de la época del año, más que por los genotipos; en este sentido, para *Lolium perenne* L., el rendimiento (kg MS/ha y kg MS/ha/año) y tasa de crecimiento, presentan un comportamiento variable (Giri *et*

al., 2019; Elgersma y Sægaard, 2016; Sun *et al.*, 2010; Rivero *et al.*, 2019b; McClearn, 2019; Guy *et al.*, 2018). Similar tendencia ocurre con *Lolium multiflorum* L. (Solomon *et al.*, 2014; Oliveira, 2020; Parish, 2018; Dall-Orsoletta *et al.*, 2016; Scaglia *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2018); sin embargo, su rendimiento, dada sus características de crecimiento y desarrollo, es mayor que el *Lolium perenne* L.

El valor nutricional de estas gramíneas, afectadas por las condiciones climáticas de las estaciones del año, así como por la fertilización, estado fenológico, y características físicas y químicas del suelo, muestran un amplio rango de valores en la concentración de nutrientes (PC, FDN, DIVMS y EM) del *Lolium perenne* L. (Sun *et al.*, 2011; Rivero *et al.*, 2019a; Winichayakul *et al.*, 2020; Rivero *et al.*, 2019b; Byrne *et al.*, 2018; Pembleton *et al.*, 2016; Ullmann *et al.*, 2017; Dineen *et al.*, 2017; Lee *et al.*, 2017). El mismo proceso se advierte para *Lolium multiflorum* L. (Costa *et al.*, 2018; Parish, 2018; Scaglia *et al.*, 2016; Cinar *et al.*, 2020; Parish *et al.*, 2012; Dall-Orsoletta, 2016; Oliveira, 2020).

En la actualidad, producto del mejoramiento genético, se disponen de una amplia gama de genotipos de *Lolium* spp; por ello el objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento productivo y valor nutricional de 11 variedades de *Lolium perenne* L. y 11 variedades de *Lolium multiflorum* L., en tres pisos altitudinales de la zona altoandina del norte del Perú.

2. Materiales y métodos

Ubicación y diseño del experimento

Se instalaron 11 genotipos de raigrás perenne (*Lolium perenne* L.) y 11 genotipos de raigrás anual (*Lolium multiflorum* L.) provenientes de Nueva Zelanda, en tres pisos altitudinales (PA) de la provincia de Santa Cruz, Cajamarca, Perú (Latitud 06°48'00" "S", Longitud 78°48'00" "W"), el Piso Altitudinal (PA) I ubicado entre 2300 y 2800 msnm, el PA II ubicado entre 2801 y 3300 msnm y el PA III entre 3301 y 3800 msnm. El estudio se realizó desde marzo de 2018 a marzo de 2019.

Los genotipos fueron evaluados mediante un diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones, teniendo 33 unidades experimentales en cada PA para *Lolium perenne* L. y 33 unidades experimentales para *Lolium multiflorum* L. Las unidades experimentales tuvieron un área de 6m² (3 x 2 m).

Tabla 1

Temperatura promedio y precipitación pluvial promedio en los tres PA durante la fase experimental

Mes	PA I		PA II		PA III	
	T (°C)	PP (mm)	T (°C)	PP (mm)	T (°C)	PP (mm)
Enero	17,6	77	14,2	98	7,3	127,6
Febrero	17,5	93	13,4	111	6,9	58,6
Marzo	17,2	161	13,5	133	6,9	92,4
Abril	16,9	113	13,4	91	6,9	141,2
Mayo	16,3	62	12,7	42	7,1	146,4
Junio	15,8	33	11,8	15	6,4	8,6
Julio	15,4	20	11,9	8	6,2	5,4
Agosto	15,7	37	12,3	14	6,2	3,4
Setiembre	16,2	69	12,8	40	6,9	35,4
Octubre	16,6	90	13,6	92	6,8	119,4
Noviembre	16,8	69	13,3	68	8	146,6
Diciembre	16,9	54	13,4	83	7,8	94

T: Temperatura ambiental; PP: Precipitación pluvial; PA I: 2300-2800 msnm; PA II: 2801-3300 msnm; PA III: 3301-3800 msnm.

Características del suelo y condiciones meteorológicas

Las características del suelo en que fueron sembrados los 22 genotipos de *Lolium* spp., fueron determinados en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina-Lima, Perú. Para el PA I se determinó una textura franco-arcilloso-arenoso, un pH de 5,05 a 5,66, el P de 5,2 ppm, el nivel de N fue 0,19% y el K de 507 ppm; el PA II presentó una textura franco-arenoso, el pH fue de 3,54, el P fue de 10,4 ppm, el nivel de N fue de 0,28% y el valor de K fue de 738 ppm; Finalmente, el PA III presentó un suelo de textura franco-arcilloso-arenoso con un pH de 4,38, de 2,5 ppm para P, de 1,11% para el N y con 620 ppm para el K. en cada parcela se aplicó cal dolomita 90 días antes de la siembra para homogeneizar el pH y mejorar la disponibilidad de nutrientes del suelo. Asimismo, la fertilización y siembra se realizó al voleo, el día 29, 30 y 31 de marzo de 2018 (30 días antes de finalizar la época de lluvia); se utilizó como fuente de nitrógeno, fósforo y potasio, el fertilizante orgánico guano de isla y superfosfato triple. El experimento tuvo en cuenta los fertilizantes y el manejo de los suelos que los productores utilizan, considerando que se propone evitar la acidificación de los suelos, así como, proteger el medio ambiente. Las condiciones de temperatura ambiental y precipitación pluvial, en los pisos altitudinales, durante los meses del experimento se detallan en la [Tabla 1](#).

Consideraciones de siembra

Se determinó la densidad de siembra de los genotipos de *Lolium* spp. (kg semilla ha⁻¹), se evaluaron el porcentaje de pureza, germinación y peso de 1000 semillas; los valores encontrados para cada variedad en las dos especies se detallan en la [Tabla 2](#).

Muestreo

Se ubicaron cuadrantes de 30 x 30 cm (0,09 m²) en el interior de cada parcela, con la finalidad de cortar el material vegetal y evaluar el rendimiento; el corte se realizó a 5 cm de

altura sobre el suelo: luego, las muestras fueron pesadas en una balanza electrónica - OHAUS. Las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico e identificadas según genotipo y bloque, además, se procedió a realizar el corte de estandarización en cada parcela. En seguida se transportaron las muestras en cajas de poliestireno con packs de gel refrigerante a 4 °C, hacia el gabinete de trabajo de la Universidad Nacional de Cajamarca para ser pesadas en una balanza electrónica ($\pm 0,01$ g). Finalmente, se empleó 100 g de cada muestra para determinar el porcentaje de Materia Seca en una estufa de aire forzado (Equipo estufa, MRC) a 105 °C durante 24 h; 200 g de cada muestra fue enviada al laboratorio para el análisis del valor nutricional.

Comportamiento Productivo

El rendimiento de materia seca (MS), tasa de crecimiento y altura fueron determinados por cada genotipo y por piso altitudinal. Se obtuvieron 5 cortes durante el año de evaluación en el PA I, 4 cortes en el PA II y 3 cortes en el PA III, para *Lolium perenne* L. En cambio, para *Lolium multiflorum* L., se obtuvieron 5 cortes en los tres pisos altitudinales. El rendimiento se calculó en kg de MS por cada corte y por año en una hectárea, a partir de este valor y el tiempo transcurrido en cada corte, se halló la tasa de crecimiento expresada en kg MS ha⁻¹ día⁻¹.

La altura se determinó cuando el cultivar alcanzaba una media de 25 cm desde el piso, y se midió con una regla de metal de 70 cm; la altura fue registrada para comparar alguna relación entre altura y rendimiento.

Valor nutricional

Se realizaron análisis de Proteína Cruda en el Laboratorio de Servicio de Suelos, Aguas, Abonos y Pastos de INIA, Cajamarca, con AOAC 984.13 (AOAC, 2012). Se determinó la Fibra Detergente Neutro con un equipo analizador de fibras (FIWE, VELD) según la metodología Van Soest et al. (1991) y la Digestibilidad In vitro de materia seca -DIVMS

con el equipo digestor DAISY (ANKOM, USA) (Mabjeesh et al., 2000) en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Energía Metabolizable

La Energía Metabolizable (EM) se estimó a partir de las ecuaciones usadas por Pembleton et al. (2016) para forrajes: EM estimada = 0,194 DOMD - 2,577; Donde la DOMD (digestibilidad de la materia orgánica seca) = 0,84 DIVMS + 7,32.

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 rendimiento de materia seca, tasa de crecimiento, altura de planta y valor nutricional de los 22 genotipos de *Lolium* spp. en los tres pisos altitudinales, se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA). Así mismo, se realizó un análisis multivariado utilizando un Análisis de Componentes Principales y análisis de conglomerados k-means, usando la plataforma RStudio (Versión 1.2.5033) de R Project versión 3.6.3. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan ($p < 0,05$).

3. Resultados y discusión

Lolium perenne L.

Tal como se muestra en la Tabla 3, los genotipos tetraploides de *Lolium perenne* L. Reward, Viscount, Power y Mathilde, obtuvieron el mayor rendimiento promedio ($p < 0,015$) de los 11 genotipos evaluados en los tres pisos altitudinales; también se deben

considerar que, la mayor cantidad de biomasa y tasa de crecimiento para Piso Altitudinal correspondieron al PA I ($p < 0,05$), seguido por el PA III y PA II. Esta diferencia se debería al efecto adverso de las condiciones climáticas y pH del suelo (Kizeková et al., 2013; Silveira y Kohmann, 2020), caracterizado por ser extremadamente ácido a mayor altitud, 3,54 y 4,38 para el PA II y PA III, respectivamente. Sin embargo, la altura de planta fue mayor en el PA III y la más baja en el PA II, esta diferencia estaría dada por el mayor tiempo que tuvo que transcurrir para que los genotipos de *Lolium perenne* L. logren el crecimiento adecuado de corte (Hatfield y Prueger, 2015; Villalobos y Sánchez, 2010), lo cual afectó el número de cortes en cada piso. También se aprecia que los genotipos que lograron una mayor altura son Viscount, Lindor II, Reward y Garibaldi, lo que indica que existe correlación ($r = 0,71$) entre altura, rendimiento y tasa de crecimiento en el *Lolium perenne* L.

Los rendimientos de biomasa promedio por corte, obtenidos en los 11 genotipos de *Lolium perenne* L. evaluados estuvieron entre 1955 kg MS/ha a 2173 kg MS/ha, y se encuentran en el rango reportado por Giri et al. (2019); Elgersma y Søgaard (2016); McClearn et al. (2019) y Guy et al. (2018), esto pudiera ser debido a las condiciones de clima similares; es importante mencionar el potencial de adaptación que mostraron los 11 genotipos evaluados en este estudio, al responder de manera similar, pese a que el pH del suelo fue altamente ácido. Sin embargo, Sun et al. (2010) encontraron resultados superiores a los obtenidos en este estudio, ello puede ser debido al momento de corte y ploidía que evaluaron.

Tabla 2
Calidad de las semillas de *Lolium perenne* L. y *Lolium multiflorum* L.

Genotipos	Pureza (%)	Germinación (%)	Peso de 1000 semillas (g)	Densidad de siembra kg ha ⁻¹
<i>Lolium perenne</i> L.				
Viscount (T)	96,3	93	4,1	48,8
Alto (D)	98,0	96	2,2	24,9
Rohan (D)	96,5	91	2,3	27,9
Power (T)	94,7	88	3,1	39,7
Lindor II (D)	96,0	52	3,1	66,2
Calibra (T)	97,5	98	2,9	32,4
Garibaldi (T)	97,4	92	2,7	32,1
Mathilde (T)	99,2	87	2,7	33,4
Reward (T)	99,1	89	3,3	39,9
Base AR 37 (T)	96,5	91	3,4	41,3
Excess (D)	96,5	88	1,9	23,9
<i>Lolium multiflorum</i> L.				
Feast II (T)	90,5	95	3,8	35,8
Super Cruise (D)	96,1	96	2,2	19,3
Super T (T)	94,1	75	3,6	41,3
Tabú (D)	95,3	89	2,5	23,9
Ascend (T)	96,6	77	4,8	52,3
Hogan (T)	95,5	89	4,5	42,9
Winter Star II (T)	95,7	96	4,6	40,5
Surrey Nova (D)	97,1	80	2,7	28,2
Andes (T)	89,8	93	3,9	37,8
Kodiak (D)	96,3	71	2,8	33,2
Mckinley (D)	96,0	95	3,0	26,6

(D): Diploide; (T): Tetraploide.

Tabla 3Rendimiento productivo y valor nutricional para genotipo y piso altitudinal del *Lolium perenne* L.

Genotipo	Rendimiento			Valor nutricional			
	Biomasa (kg MS/ ha/ año)	TdC (kg MS/ ha/ día)	Altura (cm)	PC (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	EM (Mcal/ kg MS)
Reward	7506 a	20,6a	20,1abc	11,81	42,69	74,08a	2,61a
Viscount	7405 ab	20,3ab	22,5a	13,10	43,19	74,77a	2,64a
Power	6431 abc	17,6abc	18,9bcd	13,23	43,72	74,55a	2,63a
Mathilde	6172 abc	16,9abc	17,6cd	13,23	42,75	73,94ab	2,60ab
Base AR 37	5999 bc	16,4bc	17,9bcd	11,24	42,44	74,19a	2,61a
Garibaldi	5966 bc	16,3bc	19,7abc	12,16	43,92	74,40a	2,62a
Alto	5956 bc	16,3bc	18,9bcd	12,80	44,74	72,64b	2,55b
Lindor II	5779 c	15,8c	20,9ab	12,64	41,72	74,96a	2,64a
Calibra	5510 c	15,1c	16,3d	13,35	42,80	74,52a	2,63a
Excess	5379 c	14,7c	17,0cd	12,43	43,04	73,88ab	2,60ab
Rohan	5352 c	14,7c	17,4cd	11,87	43,84	73,85ab	2,60ab
<i>p</i> -valor	0,015	0,015	0,001	0,811	0,140	0,049	0,049
Piso altitudinal							
PA I	7662 a	21,0a	18,6b	12,12	42,19b	73,75	2,60
PA II	4885 c	13,4c	16,2c	12,30	44,07a	74,47	2,62
PA III	5850 b	16,0b	21,7a	13,18	43,25a	74,26	2,62
<i>p</i> -valor	0,000	0,000	0,000	0,239	0,001	0,846	0,085

MS: Materia Seca; TdC: Tasa de crecimiento; PC: Proteína Cruda; FDN; Fibra detergente neutro; DIVMS: Digestibilidad in vitro de la materia seca; EM: Energía metabolizable.

Tabla 4Valores de los centroides de los clústeres en función del rendimiento productivo y valor nutricional del *Lolium perenne* L.

Clúster	Altura (cm)	Biomasa (kg MS/ ha/ año)	TdC (kg MS/ ha/ día)	PC (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	EM (Mcal)
1	19,01	5713,11	15,65	12,59	43,8	74,07	2,61
2	16,34	4263,63	11,68	12,72	43,2	74,45	2,62
3	20,68	8156,23	22,35	12,30	42,4	74,03	2,61

MS: Materia Seca; TdC: Tasa de crecimiento; PC: Proteína Cruda; FDN; Fibra detergente neutro; DIVMS: Digestibilidad in vitro de la materia seca; EM: Energía metabolizable.

El rendimiento de biomasa obtenido es inferior al reportado por Rivero *et al.* (2019b) y Giri *et al.* (2019) probablemente sea por la composición química de suelo en que establecieron su experimento (Silveira y Kohmann, 2020). Asimismo, el rango de la tasa de crecimiento obtenido es menor al hallado por McClearn *et al.* (2019) y Guy *et al.* (2018); consideramos, que el factor más determinante para que el raigrás manifieste su potencial productivo, es el manejo adecuado del suelo (humedad, control del pH y fertilización de mantenimiento), cuando se quieran establecer pasturas (Oldén, 2016; Silveira y Kohmann, 2020).

Por otro lado, se determinó el contenido de PC, FDN, DIVMS y la EM; es así como los valores promedio de PC variaron de 11,24% a 13,35% no encontrándose diferencias entre los genotipos, ni PA; aunque los valores se encuentran dentro del rango de PC hallado por Sun *et al.* (2011), éstos podrían ser mayores si se mantiene constante la humedad y se eleva el pH del suelo. El nivel de PC es inferior a lo obtenido por Rivero *et al.* (2019a) quien trabajó casi a nivel del mar, en suelos profundos y cosechando a tres hojas; en este trabajo el corte de la pastura se realizó cuando algunas plantas lograron una altura de 25 cm. Para FDN el rango encontrado fue de 41,72% a 44,74%, aceptable para el aprovechamiento nutricional del ganado; estos valores se encuentran dentro de lo obtenido por Ullmann *et al.* (2017) y

Dineen *et al.* (2017), pero son mayores a los encontrados por Rivero *et al.* (2019b) y Winichayakul *et al.* (2020), quienes cosecharon raigrás perenne entre dos y tres hojas, y en ambientes controlados.

La DIVMS obtenida se encuentra en el rango reportado por Byrne *et al.* (2018) de 70,2% a 82,7%. Así mismo, la concentración de EM estimada fue mayor a lo determinado por Pembleton *et al.* (2016) en suelos al seco y bajo riego, pero fueron menores a lo hallado por Rivero *et al.* (2019a) y Lee *et al.* (2017) quienes cosecharon en diferente momento de crecimiento de la pastura.

Considerando un análisis multivariado, se ha agrupado en clústeres a los genotipos en interacción con el piso altitudinal para las siete variables evaluadas en conjunto. Como se muestra en la Tabla 4 y Figura 1 se han establecido tres grupos, donde los elementos ubicados en el grupo 3 son los que presentan un mejor performance, para ello, debería tenerse en cuenta estos genotipos que en términos productivos se comportan mejor en el PA I, por lo tanto, en la sierra norte del Perú tienen un potencial de adaptación a pesar de las condiciones climáticas y características químicas del suelo (pH extremadamente ácido); adicionalmente una estrategia para mejorar las condiciones del suelo, potenciaría el comportamiento productivo y nutricional del raigrás (Alonso-Amelot, 2008; Giri *et al.*, 2019).

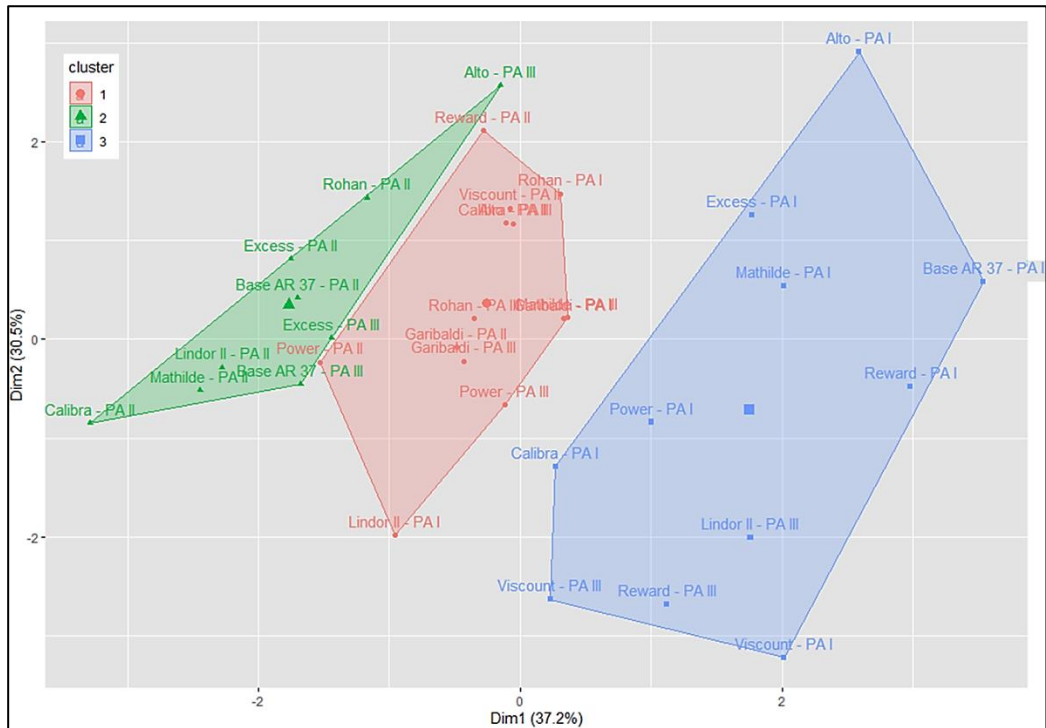


Figura 1. Agrupación de los clústeres según la interacción entre genotipo y piso altitudinal para *Lolium perenne* L.

***Lolium multiflorum* L.**

El rendimiento de biomasa para los 11 genotipos de *Lolium multiflorum* L. evaluados (Tabla 5), varió de 8148 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ a 11228 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, aunque no existe diferencias entre ellos los valores más altos lo alcanzan Hogan, Surrey Nova, Mckinley, Andes y Ascend. En general, el valor promedio de rendimiento de biomasa para *Lolium multiflorum* obtenido supera en 37% al *Lolium perenne*, en los andes del norte del Perú. El rendimiento de MS por corte fue desde 1533 kg ha⁻¹ hasta 2152 kg ha⁻¹; dichos valores fueron similares a los encontrados por Oliveira et al. (2020); Parish (2018); Dall-Orsoletta et al. (2016) y Costa et al. (2018) probablemente debido a la similitud del momento de corte y época del año; pero, fueron inferiores a los hallados por Solomon et al. (2014) debido probablemente al efecto de las estaciones (invierno y primavera) así como a los genotipos evaluados. La tasa de crecimiento para los genotipos de *Lolium multiflorum* L. se encuentra en un rango de 22,3 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ a 30,8 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, correspondiendo a Hogan y Surrey Nova, los mejores valores. La mejor altura de planta lo obtiene la variedad Andes con 27,1 cm, y la menor Super T con 18,7 cm ($p < 0,000$); Así también se determinó una buena correlación ($r = 0,76$) entre altura, rendimiento y tasa de crecimiento para el *Lolium multiflorum* L. La altura obtenida es similar a la encontrada por Scaglia et al. (2016).

Como se muestra en la Tabla 5, el mayor rendimiento de biomasa acumulado y la tasa de crecimiento se da en el PA III; se debe resaltar que en el PA III se mantuvo más constante la humedad de los suelos, lo que generó probablemente mayor vigor y cobertura de los cultivos de *Lolium multiflorum* L.; entendiendo que los genotipos pueden adaptarse y expresar su potencial productivo, cuando se le proveen de mejores condiciones al suelo, considerando que es un valor importante dadas las condiciones ambientales y altitud en la que se establecieron. Aunque no hubo diferencia ($p > 0,05$) en la concentración de nutrientes en los 11 genotipos de *Lolium multiflorum* L. como se muestra en la Tabla 5, el nivel de PC varió de 10,01% a 12,38%, valores parecidos a los encontrado en *Lolium perenne* L.; sin embargo es necesario señalar, que en el PA III se obtuvo un valor de 14,23% para PC; esto indica que existe potencial en estos genotipos para mantener equilibrada la relación energía-proteína de la dieta del ganado lechero en la zona altoandina del norte del Perú, que se ve afectado por la humedad y características químicas del suelo (Silveira y Kohmann, 2020; Elgersma y Sægaard, 2017). A pesar de ello, los niveles de PC hallados en este estudio son similares a los reportados por Parish (2018); Costa, et al. (2018) y Cinar et al. (2020) de 8,23% a 18,7%, quienes evaluaron diferentes estados fenológicos, y distintos niveles de nitrógeno en suelo. Por otro lado, la

fracción de FDN en este estudio se encuentran en el rango de 41,39% a 43,50% siendo valores que contribuyen favorablemente con la digestibilidad; dichos niveles de FDN se encuentran comprendidos en el rango hallado por Parish et al. (2012) y Dall-Orsoletta et al. (2016) que van de 32,76% a 57,1%. Para la DIVMS los valores obtenidos están entre 67,65% a 71,04%, siendo valores similares a los obtenidos por Parish et al. (2012) y Oliveira et al. (2020). Finalmente, la EM determinada en el *Lolium multiflorum* L. fue de 2,36 Mcal kg⁻¹ MS a 2,49 Mcal kg⁻¹ MS, resultados inferiores a los encontrados para *Lolium perenne* L.,

debido a que el valor de EM depende a la digestibilidad de las pasturas (Pembleton et al., 2016). Para la interacción entre el genotipo y PA para el *L. multiflorum* L., se ha encontrado también tres clústeres, en donde el mejor grupo es el segundo, tal como se muestra en la Tabla 6, el cual posee mejor altura de planta, mayor rendimiento de biomasa, mejor nivel de proteína, menos FDN y mejor DIVMS; en él se encuentran los genotipos Hogan, Surrey, Super Cruis y Tabú en el PA III y los genotipos Surrey y Andes en el PA I (Figura 2), perfilándose como los mejores genotipos para cada PA.

Tabla 5
Rendimiento y valor nutricional según el genotipo y Piso altitudinal del *Lolium multiflorum* L.

Genotipo	Rendimiento			Valor nutricional			
	Biomasa (kg MS/ha/año)	TdC (kg MS/ha/día)	Altura (cm)	PC (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	EM (Mcal/kg MS)
Hogan	11228	30,8	23,2bc	10,01	42,43	68,89	2,41
Surrey Nova	11000	30,1	24,8ab	10,88	41,44	69,37	2,43
McKinley	10370	28,4	22,8bcd	10,72	41,39	70,52	2,47
Andes	10342	28,3	27,1a	10,23	42,30	69,58	2,43
Ascend	10152	27,8	22,1bcd	11,36	42,64	67,65	2,36
Super Cruis	9743	26,7	19,9de	11,15	43,50	68,33	2,38
Winter Star II	9408	25,8	21,1de	11,60	42,09	69,95	2,45
Feast II	9109	25,0	21,5cde	10,75	41,46	69,53	2,43
Kodiak	9042	24,8	21,3cde	11,78	41,68	71,04	2,49
Tabú	8878	24,3	19,0e	11,52	42,93	68,98	2,41
Super T	8148	22,3	18,7e	12,38	41,51	69,66	2,44
p-valor	0,323	0,323	0,000	0,973	0,945	0,772	0,772
Piso altitudinal							
PA I	9041 b	24,8b	21,3	10,17b	44,03b	71,56a	2,51a
PA II	8638 b	23,7b	22,0	8,99b	44,90b	64,15b	2,22b
PA III	11618 a	31,8a	22,5	14,23a	37,44 ^a	72,52a	2,55a
p-valor	0,000	0,000	0,228	0,000	0,000	0,000	0,000

MS: Materia Seca; TdC: Tasa de crecimiento; PC: Proteína Cruda; FDN; Fibra detergente neutro; DIVMS: Digestibilidad in vitro de la materia seca; EM: Energía metabolizable.

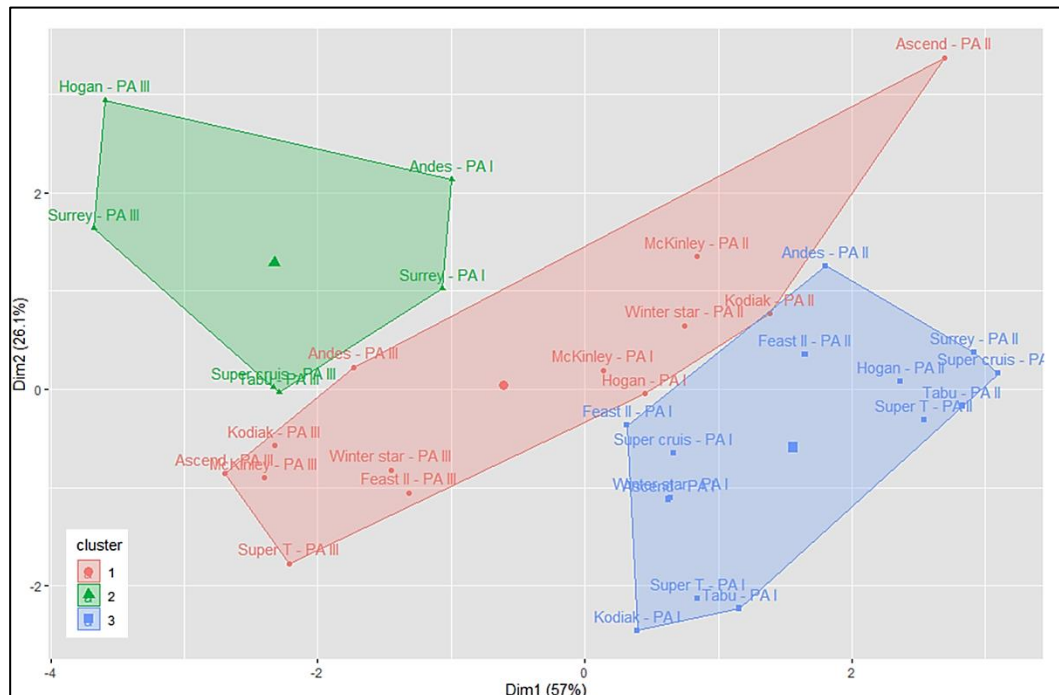


Figura 2. Agrupación de los clústeres según la interacción entre genotipo y piso altitudinal para *Lolium multiflorum* L.

Tabla 6

Valores de los centroides de los clústeres en función del rendimiento productivo y valor nutricional del *Lolium multiflorum* L.

Clúster	Altura (cm)	Biomasa (kg MS/ ha/ año)	TdC (kg MS/ ha/ día)	PC (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	EM (Mcal)
1	22,10	10297,25	28,21	11,95	40,60	69,86	2,44
2	24,83	13225,35	36,23	12,51	39,79	71,82	2,52
3	20,55	7788,99	21,34	9,78	44,53	67,96	2,37

MS: Materia Seca; TdC: Tasa de crecimiento; PC: Proteína Cruda; FDN; Fibra detergente neutro; DIVMS: Digestibilidad in vitro de la materia seca; EM: Energía metabolizable.

4. Conclusiones

El mayor rendimiento de biomasa y tasa de crecimiento de *Lolium perenne* L. por año, en los tres pisos altitudinales, lo obtuvieron los genotipos tetraploides Reward, Viscount, Power y Mathilde. Se debe considerar, además, que el Piso Altitudinal I (2300-2800 msnm) tuvo mejores resultados para los parámetros de rendimiento productivo y para FDN. Los genotipos de *Lolium multiflorum* L. lograron expresar su mejor potencial en rendimiento de biomasa, tasa de crecimiento y altura de planta en el Piso Altitudinal III (3301-3800 msnm); en general, el *Lolium multiflorum* L. fue superior al *Lolium perenne* L. para los parámetros de comportamiento productivo. Los valores productivos y nutricionales en ambas especies son adecuados para que, a través de un plan de mejoramiento de suelos, se facilite la expresión del potencial genético de los genotipos evaluados, mejorando de esta manera, la respuesta productiva del ganado alimentado al pastoreo.

Agradecimientos

Nuestro mayor agradecimiento al Programa de Innovación Agraria (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.

ORCID

L.A. Vallejos-Fernández  <https://orcid.org/0000-0002-9858-642X>
 W.Y. Alvarez  <https://orcid.org/0000-0002-9655-3149>
 M.E. Paredes-Arana  <https://orcid.org/0000-0002-4717-3393>
 C. Pinares-Patiño  <https://orcid.org/0000-0001-9195-8844>
 J.C. Bustíos-Valdivia  <https://orcid.org/0000-0001-7161-7962>
 H. Vásquez  <https://orcid.org/0000-0003-4657-1397>
 R. García-Ticllacuri  <https://orcid.org/0000-0002-8232-1136>

Referencias bibliográficas

- Alonso-Amelot, M.E. 2008. High altitude plants, chemistry of acclimation and adaptation. *Studies in Natural Products Chemistry* 34: 883-982.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2012. Method 928.08 - Kjeldahl method. In G. W. Latimer (Ed.), *Official Methods of Analysis of AOAC International* 19th ed. Pp. 5.
- Byrne, N.; Gilliland, T.J.; Delaby, L.; et al. 2018. Understanding factors associated with the grazing efficiency of perennial ryegrass varieties. *European Journal of Agronomy* 101: 101-108.
- CENAGRO. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Cinar, S.; Ozkurt, M.; Cetin, R. 2020. Effects of nitrogen fertilization rates on forage yield and quality of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) in central black sea climatic zone in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research* 18(1): 417-432.
- Costa, O.A.; Ferreira, O.G.; Da Silva, J.L.; et al. 2018. Yield, structural composition and nutritive characteristics of ryegrass cultivars used to haymaking in lowland soils. *Biosci. J., Uberlândia* 34(5): 1232-1238.
- Dall-Orsoletta, A.C.; Almeida, J.G.R.; Carvalho, P.C.F.; et al. 2016. Ryegrass pasture combined with partial total mixed ration reduces enteric methane emissions and maintains the performance of dairy cows during mid to late lactation. *Journal of Dairy Science* 99(6): 4374-4383.
- Dineen, R.; Stewart, P.M.; Sherlock, M. 2017. Acromegaly, QJM: An International Journal of Medicine 110(7):411-420.
- Elgersma, A.; Søegaard, K. 2016. Effects of species diversity on seasonal variation in herbage yield and nutritive value of seven binary grass-legume mixtures and pure grass under cutting. *European Journal of Agronomy* 78: 73-83.
- Giri, A.; Hellwege, J.N.; Keaton, J.; et al. 2019. Trans-ethnic association study of blood pressure determinants in over 750,000 individuals. *Nature Genetics* 51: 51-62.
- Guy, C.; Hennessy, D.; Gilliland, T.J.; et al. 2018. Comparison of perennial ryegrass, *Lolium perenne* L., ploidy and white clover, *Trifolium repens* L., inclusion for herbage production, utilization, and nutritive value. *Grass and Forage Science* 73(4): 865-877.
- Hatfield, J.L.; Prueger, J.H. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes* 10: 4-10.
- Kizeková, M.; Tomaškin, J.; Čunderlík, J.; et al. 2013. The yield stability and quality of legumes during two consecutive, extremely dry years. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)* 59(4): 167-177.
- Lee, J.M.; Clark, D.A.; Clark, C.E.F.; et al. 2017. A comparison of perennial ryegrass- and tall fescue-based swards with or without a cropping component for dairy production: Animal production, herbage characteristics and financial performance from a 3-year farm let trial. *Grass and Forage Science* 73(2): 340-354.
- Mabjeesh, S.J.; Cohen, M.; Arieli, A. 2000. In vitro methods for measuring the dry matter digestibility of ruminant feedstuffs: Comparison of methods and inoculum source. *Journal of Dairy Science* 83(10): 2289-2294.
- McClearn, B.; Gilliland, T.J.; Delaby, L.; et al. 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. *Journal of Dairy Science* 102(9): 8571-8585.
- Oldén, A.; Raatikainen, K.J.; Tervonen, K.; et al. 2016. Grazing and soil pH are biodiversity drivers of vascular plants and bryophytes in boreal wood-

- pastures. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 222: 171-184.
- Oliveira, R.A.; Moriel, P.; Vendramini, J.M.B.; *et al.* 2020. Supplemental monensin affects growth, physiology, and coccidiosis infestation of early-weaned beef calves consuming warm-season perennial or cool-season annual grasses. *Applied Animal Science* 36(1): 108-117.
- Parish, J.A. 2018. Comparison of Virginia wildrye, annual ryegrass, and wheat for weaned beef steers grazing and confinement feeding. *The Professional Animal Scientist* 34(4): 356-363.
- Parish, J.A.; Parish, J.R.; Best, T.F.; *et al.* 2012. Comparison of chicory and annual ryegrass for spring stockering of beef steers. *The Professional Animal Scientist* 28(6): 579-587.
- Pembleton, K.G.; Hills, J.L.; Freeman, M.J.; *et al.* 2016. More milk from forage: Milk production, blood metabolites, and forage intake of dairy cows grazing pasture mixtures and spatially adjacent monocultures. *Journal of Dairy Science* 99(5): 3512-3528.
- Rivero, M.J.; Balocchi, O.A.; Moscoso, C.J.; *et al.* 2019a. Does the “high sugar” trait of perennial ryegrass cultivars express under temperate climate conditions? *Grass and Forage Science* 74(3): 496-508.
- Rivero, M.J.; Balocchi, O.L.; Neumann, F.L.; *et al.* 2019b. Grazing Preference of Dairy Cows and Pasture Productivity for Different Cultivars of Perennial Ryegrass under Contrasting Managements. *Animals (Basel)* 9(5): 253.
- Scaglia, G.; Williams, C.C.; Dolejsi, A.H. 2016. Alternating low quality hay with access to annual ryegrass pastures affected stocker performance. *The Professional Animal Scientist* 32(6): 816-826.
- Silveira, M.L.; Kohmann, M.M. 2020. Maintaining soil fertility and health for sustainable pastures. En *Management Strategies for Sustainable Cattle Production in Southern Pastures*. Elsevier Inc. Pp. 35-58.
- Solomon, J.K.Q.; Macoon, B.; Lang, D.J.; *et al.* 2014. Cattle Grazing Preference among Tetraploid and Diploid Annual Ryegrass Cultivars. *Crop Science* 54(1): 430-438.
- Sun, X.Z.; Hoskin, S.O.; Muetzel, S.; *et al.* 2011. Effects of forage chicory (*Cichorium intybus*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*) on methane emissions in vitro and from sheep. *Animal Feed Science and Technology* 166-167: 391-397.
- Sun, X.Z.; Waghorn, G.C.; Clark, H. 2010. Cultivar and age of regrowth effects on physical, chemical and in Sacco degradation kinetics of vegetative perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Animal Feed Science and Technology* 155(2-4): 172-185.
- Ullmann, I.; Herrmann, A.; Hasler, M.; *et al.* 2017. Influence of the critical phase of stem elongation on yield and forage quality of perennial ryegrass genotypes in the first reproductive growth. *Field Crops Research* 205: 23-33.
- Vallejos, L. 2009. Efecto de la fertilización fosforada y frecuencia de pastoreo sobre el valor nutritivo de la dieta y comportamiento ingestivo de las vacas Holstein en pasturas de ryegrass-trébol en Cajamarca. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. 117 pp.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Non starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10): 3583-3597.
- Villalobos, L.; Sánchez, J. 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. Costarricense* 34(1): 31-42.
- Winichayakul, S.; Beechey-Gradwell, Z.; Muetzel, S.; *et al.* 2020. In vitro gas production and rumen fermentation profile of fresh and ensiled genetically modified high-metabolizable energy ryegrass. *Journal of Dairy Science* 103(3): 2405-2418.