Evaluación de 14 especies nativas de pastos altoandinos de Bolivia

Evaluation of 14 native pastures of high Andean of Bolivia

Franklin Santos[1*] y Félix Marza[1]

[1]Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal. Dirección Nacional de Innovación.
Programa Nacional de Ganadería y Forrajes
Calle Batallón Colorados N° 24, Edificio El Cóndor-Piso 16, La Paz, Bolivia.
*Autor para correspondencia: ssantoss19@hotmail.com

Recibido: junio 2018; Publicado: 30 junio 2018

Resumen

El propósito de esta investigación fue evaluar 14 accesiones de pastos nativos de la región altoandina de Bolivia, e identificar especies versátiles y estratégicos para el Altiplano boliviano. El estudio se realizó en dos fases: en la primera se determinó el porcentaje de germinación en un laboratorio de semillas del INIAF-La Paz; y en la segunda fase se estableció la investigación en un invernadero, y se evaluó altura de planta, longitud de hojas y número de hojas. El resultado de análisis de varianza encontró diferencias significativas ($P < 0.01$) entre las accesiones en las características evaluadas. La gráfica biplot, detectó alta correlación positiva entre número de hojas y altura de planta; en el mismo sentido la altura de planta se relaciona con la longitud de hojas. En la presente investigación, se identificó a la accesión BOL-01_BU (*Bromus catharticus)* por su alto porcentaje de germinación y desarrollo vegetativo. Asimismo, a la accesión BOL-01_HM (*Hordeum muticum* J. Presl) por su comportamiento versátil en términos de altura de planta, desarrollo foliar y antecedentes en cuanto a su alto valor nutritivo.

Palabras clave: pastos nativas, pastos altoandinos, *Bromus catharticus* y *Hordeum muticum*.

Abstract

The purpose of this research was to evaluate 14 accessions of native grasses from the high Andean region of Bolivia, and identify versatile and strategic species for the Bolivian Altiplano. The study was carried out in two phases: in the first phase, the germination percentage was determined in a seed laboratory of the INIAF-La Paz; and in the second phase, research was established in a greenhouse, and plant height, leaf length and number of leaves were evaluated. The result of analysis of variance found significant differences ($P < 0.01$) among the accessions in the evaluated characteristics. The biplot plot detected high positive correlation between number of leaves and plant height; in the same sense the plant height is related to the length of leaves. In the present investigation, accession BOL-01_BU (*Bromus catharticus*) was identified due to its high percentage of germination and vegetative development. Also, accession BOL-01_HM (*Hordeum muticum* J. Presl) for its versatile behavior in terms of plant height, leaf development and background in terms of its high nutritional value.

Key words: native pastures, high Andean pastures *Bromus catharticus* and *Hordeum muticum*.

Introducción

En Bolivia, el 64,4% de la superficie (707181 km^2) está ocupada por praderas nativas; de esta área, el 36,3% (397888 km^2) se encuentra en llanos orientales, un 18,4% (201924 km^2) se localiza en la región altoandina y el 9,7% (107369 km^2) se ubica en los valles interandinos. Asimismo, de un total aproximado de 513 especies que están

presentes en campos nativos de pastoreo, el 35,1% se encuentra en la ecorregión andina y altoandina; de estas especies, el 24,6% fueron priorizadas por su interés forrajero. De esta última proporción, el 58% son poaceas y plantas semejantes, y el restante 42% son otras especies forrajeras (Alzérreca, 2006; Gonzáles et al., 2014).

Las praderas naturales cubren la mayor extensión de la superficie terrestre, aunque tal afirmación se encuentra en discusión (Phelps & Kaplan, 2017). Los pastos constituyen la dieta básica en la alimentación de los rumiantes, y es considerada la más económica en la alimentación del ganado criollo. La recuperación de las especies nativas de alto valor forrajero, constituye una valiosa estrategia para la regeneración de los campos nativos de pastoreo (Bolaños et al., 2015; Gerssen-Gondelach et al., 2017). Entre los tipos de praderas nativas de mayor potencial productivo en las ecorregiones del Altiplano de Bolivia, son los totorales, bofedales, chilliwares, subarbustales de halófilas y gramadales; este potencial decrece en función a su clasificación y está directamente relacionado al régimen hídrico (Alzérreca, 2006).

La erosión de la variabilidad genética de forrajes, persiste en aquellas especies de alto valor alimenticio, la cual es considerada un problema latente en diferentes regiones de Bolivia. Los factores que inciden a la pérdida del material genético en las praderas, son el sobrepastoreo, el efecto del cambio climático, la presión demográfica y el manejo deficiente de los recursos genéticos de especies forrajeras (Gonzáles et al., 2014; Pizarro, 2017). La introducción de leguminosas es una alternativa fundamental para la recuperación de campos nativos de pastoreo, debido a la fijación de nitrógeno (Klabi et al., 2018). Pero, la identificación de genotipos propios del lugar resilientes al cambio climático es fundamental. Debido a ello, se planteó evaluar 14 accesiones de pastos nativos de la región altoandina de Bolivia, e identificar especies versátiles y estratégicos para el Altiplano boliviano.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en dos fases durante la campaña agrícola 2018. En la primera se determinó porcentaje de germinación, en el laboratorio de semillas del INIAF- La Paz; y en la segunda fase se estableció la investigación, en ambientes controlados de la Estación Experimental de Kallutaca-Universidad Pública de El Alto, ubicada en el municipio de Laja (16° 31’ 29.27” latitud Sur, y 68° 18’ 29.91” longitud Oeste, a 3907 m.s.n.m.), provincia Los Andes, departamento de La Paz. El invernadero cuenta con paredes de ladrillo, cubierta de calaminas plásticas transparentes y revoque interior. La temperatura interna del aire en el invernadero oscila entre 10 a 20 °C en promedio.

Se evaluaron 14 accesiones de pastos nativos, provenientes de una colecta en la región altoandina de Bolivia. La determinación del porcentaje de germinación se basó en las normas ISTA. Cada accesión tuvo tres réplicas de 50 semillas, cada muestra en cajas Petri con superficie de papel absorbente. De acuerdo a las normas, las especies en estudio necesitan un pretratamiento para romper la dormancia. Debido a ello, se sometió a una temperatura de 10 °C durante 16 h. Pasado este pretratamiento se trasladó a la cámara de germinación de 24 °C de temperatura. La humedad se controló verificando la superficie de papel hasta la última lectura de germinación, para este propósito se utilizó agua destilada. Posteriormente, durante el mes de marzo de 2018, se hizo el trasplante desde las cajas Petri a macetas (15x8 cm) preparadas con suelo (turba) bajo un diseño completamente al azar (DCA), en un ambiente controlado.

El análisis estadístico de los datos, fue desarrollado a través del Sistema de Análisis Estadístico (SAS; R y SPSS). Los datos cuantitativos de la investigación, fueron sometidos a un análisis descriptivo, análisis de varianza, prueba de promedios de Duncan (α=0.05) y análisis de componentes principales (biplot). El registro de datos se realizó a los 90 días

después del trasplante, y se evaluó las siguientes variables: AP (altura de planta), LH (longitud de hoja) y NH (número de hojas).

La descripción del género y especie de las accesiones es la siguiente: ACC_B-026 (*Stipa* sp.), ACC_B-063 (*Hordeum muticum,* J. Presl), ACC_B-106 (*Festuca* sp.), ACC_B-115 (*Festuca dolichophylla,* J. Presl), ACC_B-132 (*Bromus catharticus,* Vahl), ACC_B-153 [*Chondrosum simplex,* (Lag.) Kunth], ACC_IPN-064 (*Poa* sp.), ACC_IPN-066 (*Stipa* sp.), BOL-01 FS01 (*Festuca* sp.), BOL-01_BU (*Bromus catharticus,* Vahl), BOL-01_HM (*Hordeum muticum,* J. Presl), BOL-01-(*Festuca orthophylla,* Pilg.), BOL-02_BU (*Bromus catharticus,* Vahl), BOL-02-FO (*Festuca orthophylla,* Pilg.).

Resultados y discusión

En la Tabla 1, se agrupó a los géneros *Bromus* y *Festuca* por su mayor porcentaje de germinación en promedio (65,00±39,84% y 62,40±24,69%). El género *Bromus* compone de tres accesiones; dentro de esta clasificación, el porcentaje de germinación de la accesión ACC_B-132 osciló entre 10 y 16%. Al otro extremo, la accesión BOL-01_BU mostró un porcentaje de germinación máxima de 96% y una mínima de 89%. Por otro lado, el género *Festuca* esta constituido por cinco accesiones; dentro de este grupo se encuentra la accesión BOL-02-FO, que presentó un porcentaje de germinación entre 8 y 29%. Mientras que el restante de las accesiones del género *Festuca*, presentaron un porcentaje de germinación entre 66 y 83%. Dentro de estos dos géneros, se identificó resultados mínimos y máximos, mismos que aportan a la variabilidad y el rango del porcentaje de germinación es elevado.

Respecto a los promedios de altura de planta, las accesiones del género *Bromus,* presentaron mayor longitud (50,64±13,34 cm), seguido por los géneros *Hordeum* y *Festuca* (32,06±6,44 y 26,74±11,76 cm respectivamente). Por otra parte, la descripción estadística de las 14 accesiones, revelan un PG de 47,86% y una variación de ±36,38% respecto a la media. La longitud de las hojas fluctúan de 5,50 a 50,50 cm, con una media de 24,38 cm. En cuanto a la longitud de la planta promedio, alcanzó 30,09 cm, con una desviación estándar de ±15,76 cm, y en estas accesiones se registraron de 2 a 13 hojas por planta. Los valores de sesgo y curtosis de las 14 accesiones, indican que los datos se encuentran dentro de los parámetros permisibles de normalidad.

Tabla 1. Estadística descriptiva para las variables PG (porcentaje de germinación), AP (altura de planta), LH (longitud de hoja) y NH (número de hojas) de cuatro géneros y 14 accesiones de pastos nativos altoandinos.

Género	Variable	Estadística descriptiva					
		Media	DS¥	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
Festuca	PG†	62,40	24,69	-1,51	1,01	8,00	83,00
	AP‡	26,74	11,79	0,48	-1,28	10,40	48,00
	LH‡	20,84	11,50	0,53	-1,76	10,00	38,50
	NH	4,60	2,65	1,37	0,44	2,00	10,00
Bromus	PG†	65,00	39,84	-0,85	-1,68	10,00	96,00
	AP‡	50,64	13,34	-0,03	-1,56	32,60	69,50
	LH‡	37,15	9,76	0,10	-1,59	25,50	50,50
	NH	6,28	2,86	1,86	3,94	4,00	13,00
Total, accesiones	PG†	47,86	36,38	-0,14	-1,81	2,00	96,00
	AP‡	30,09	15,76	0,72	-0,06	8,50	69,50
	LH‡	24,38	12,19	0,26	-0,83	5,50	50,50
	NH	4,74	2,59	1,38	1,45	2,00	13,00

†=%, ‡=cm, ¥=desviación estándar

El análisis de varianza para las variables porcentaje de germinación, altura de planta, longitud de hoja y numero de hojas, presentan diferencias altamente significativas entre accesiones nativas forrajeras (P ≤ 0.01). Esto, amerita realizar pruebas de promedio para identificar las diferencias entre especies. Los coeficientes de variación fluctúan de 3,90 a 25,78% y los de determinación de 0,85 a 0,99 respectivamente, tales valores respaldan el correcto uso del modelo matemático en la investigación (Tabla 2).

Tabla 2. Cuadrados medios de análisis de varianza para las variables PG (porcentaje de germinación), AP (altura de planta), LH (longitud de hoja) y NH (número de hojas), correspondiente a 14 accesiones de pastos nativos altoandinos.

Fuentes de variación	GL†	Cuadrados medios			
		PG	AP	LH	NH
Especies forrajeras nativas	13	4.119,06**	713,05**	466,61**	17,92**
Error Experimental	28	25,98	32,59	0,90	1,49
CV (%)		10,65	18,97	3,90	25,75
R^2		0,98	0,91	0,99	0,85

**Significancia estadística a una probabilidad P ≤ 0.01

La prueba de promedios de Duncan, identificó diferencias estadísticas entre las medias de las accesiones evaluadas; en el primer grupo (a) se encuentran las especies de *Bromus catharticus* Vahl (BOL-01_BU y BOL-02_BU) y (Lag.) Kunth (ACC_B-153), las cuales presentan mayor porcentaje de germinación (> a 80%) y una altura promedio de 64,7 cm con una desviación estándar de ±5 cm en relación a la media (Figura 1a). Al respecto, Alshallash (2018) reportó datos similares y también mencionó que la interacción entre la temperatura y la luz son condicionantes para la germinación de semillas. En tanto, las mismas especies (*catharticus*), presentaron una longitud de planta superior que las demás; sin embargo, la accesión ACC_B-153 (*Chondrosum simplex*), se ubicó en el último grupo (f) de altura de planta (Figura 1d). En el segundo grupo (ba) de la figura 1a se encuentra la accesión ACC_B-115 (*Festuca dolichophylla*) y BOL-01- (*Festuca orthophylla*); sin embargo, la altura que alcanzó ambas especies se localiza en diferentes grupos (cbd y fe).

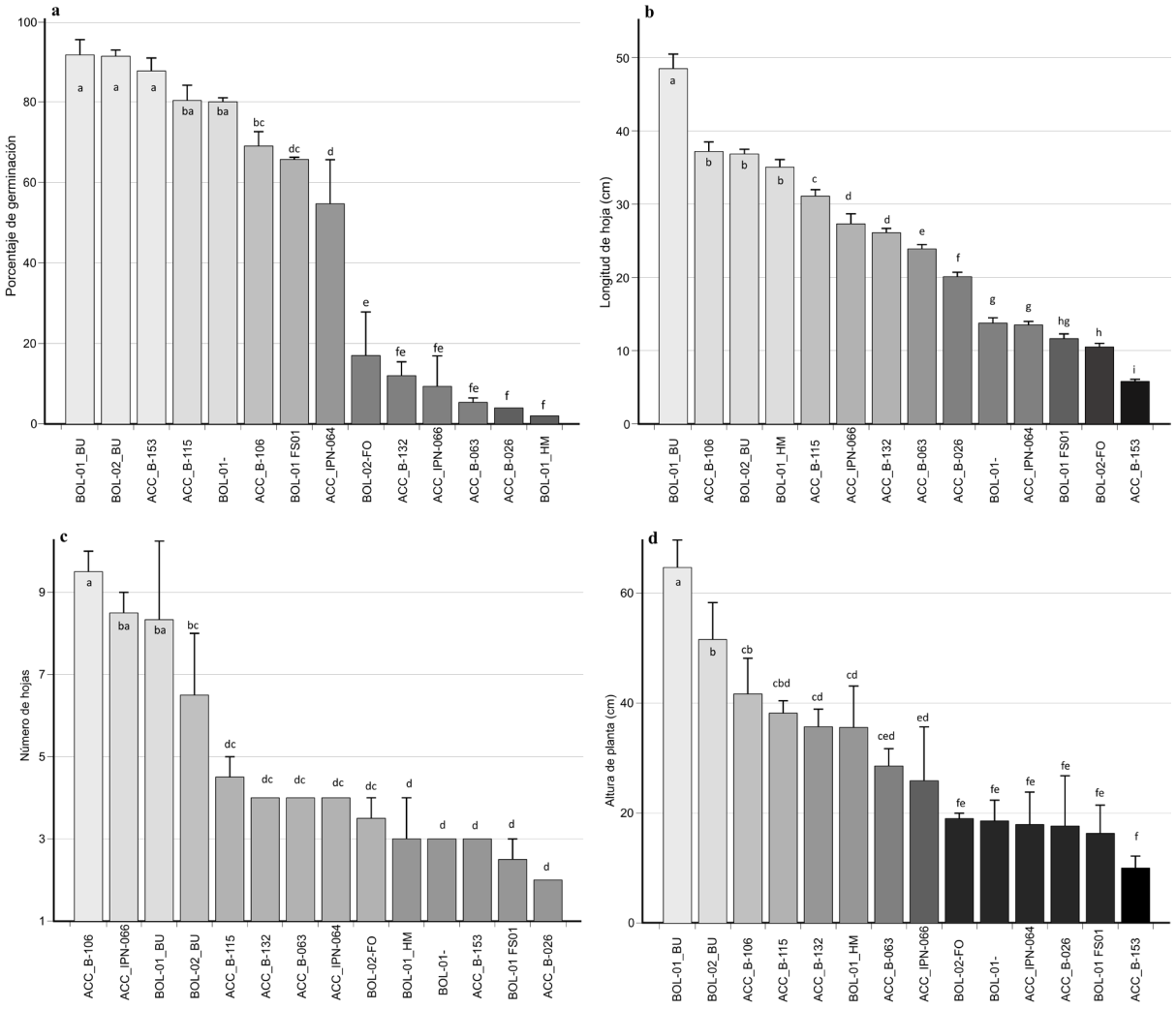


Figura 1. Comparación de promedios Duncan (α = 0.01) para las variables porcentaje de germinación, longitud de hoja, número de hojas y altura de planta de 14 accesiones de pastos nativos.

La longitud de hoja de las especies nativas fue clasificada en diez grupos (Figura 1b); en el primer grupo se encuentra *B. catharticus* (BOL-01_BU) alcanzando una longitud promedio de 48,5 cm. En el grupo b, se encuentran las accesiones del género *Festuca*, *bromus* y *hordeum,* alcanzando una longitud de 37,2 36,8 y 35 cm respectivamente. Asimismo, la cebadilla (*Bromus catharticus*) y cola de ratón (*Hordeum muticum* J. Presl) son considerados muy deseables para alpacas, ovinos, vacunos y llamas. Sin embargo, la *Festuca* sp. es poco deseable para alpacas y ovinos, pero muy deseable para vacunos y llamas. Por otro lado, las accesiones ACC_B-106, ACC_IPN-066, BOL-01_BU y BOL-02_BU, presentaron mayor número de hojas (Figura 1c)

La descomposición del primer componente (66%), agrupan a las accesiones de *B. catharticus*, *F. dolichophylla* y *Festuca* sp., sobresalientes en mayor cantidad de hojas, altura de planta y longitud de hojas (Figura 2). Asimismo, en el componente 2 (23,5%), se encuentran las accesiones de *Chondrosum simplex*, *F. orthophylla*, *B. catharticus* y *F. dolichophylla*, destacados por el porcentaje de germinación. La lectura de la figura de biplot,

revela la variabilidad en los rasgos estudiados, ya que a mayor longitud del vector mayor es la dispersión en la variable. También, en función al ángulo agudo entre vectores se identifica la alta correlación positiva entre número de hojas y altura de planta; en el mismo sentido, la altura de planta se relaciona con longitud de hojas; sin embargo, los vectores de porcentaje de germinación y longitud de hojas, forman un ángulo perpendicular, la cual se refiere a una correlación nula.

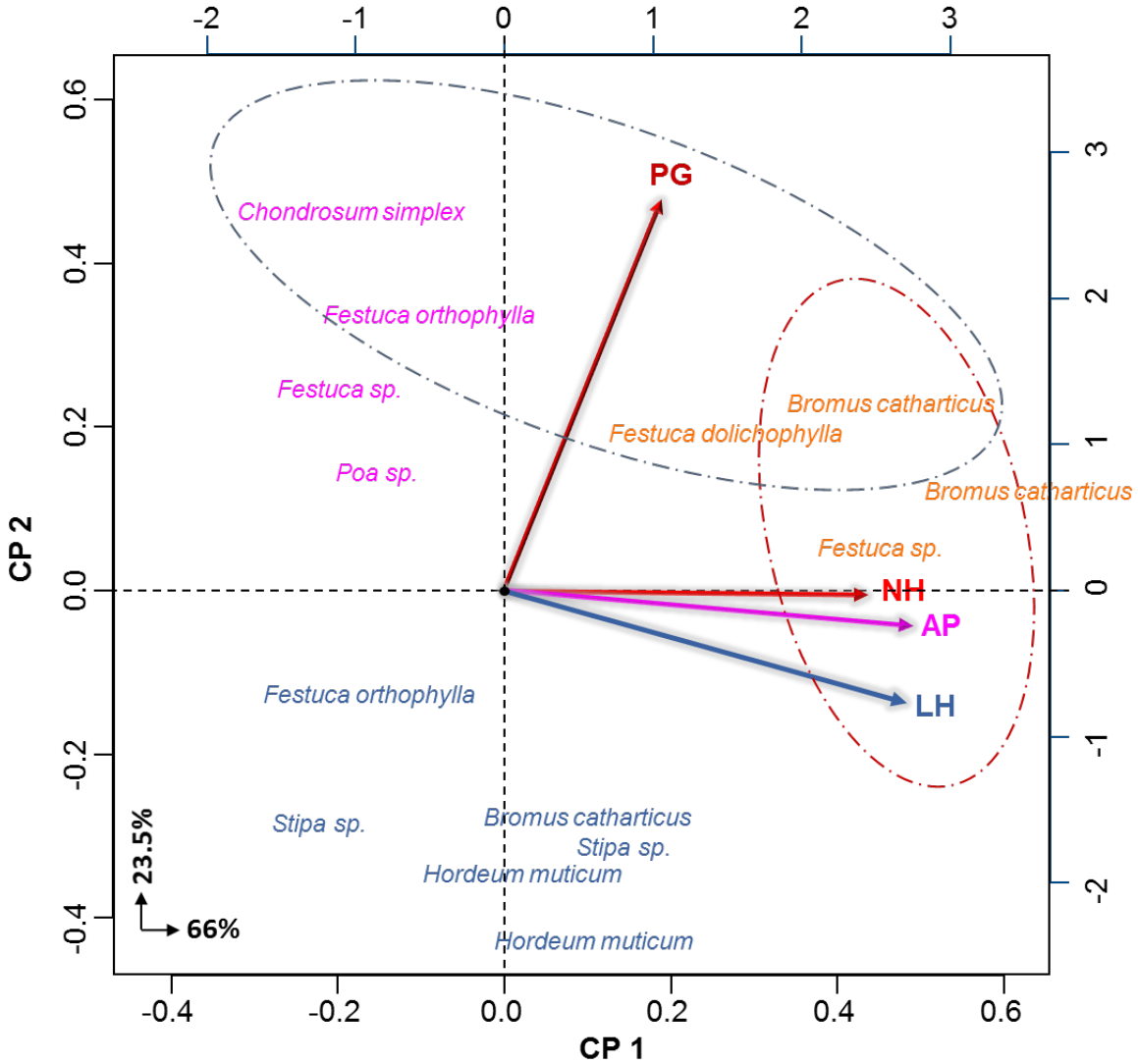


Figura 2. Analsis biplot de los componentes principales de las variables PG (porcentaje de germinación), AP (altura de planta), LH (longitud de hoja) y NH (número de hojas), correspondiente a 14 accesiones de pastos nativos altoandinos.

Las plantas forrajeras nativas en la región altoandina, constituyen una fuente importante para la alimentación de los camélidos, ovinos, y ganado bovino. Asimismo, es considerado como un recurso más barato en la alimentación animal y se encuentran distribuidas en las praderas nativas de cada ecorregión. Además, es la mejor adaptada a los requerimientos fisiológicos del ganado criollo; sin embargo, el valor nutritivo expresada en proteína cruda de las especies forrajeras, está relacionada con la edad de crecimiento de los pastos y la proporción de hoja en las plantas en la temporada húmeda; en

la época seca, las plantas reducen su valor nutritivo debido a la madurez fisiológica y factores adversos abióticos (helada), por consiguiente, el contenido de proteína tiende a disminuir.

El estudio realizado por el Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Tecnología-IICAT (2015), reportó datos bromatológicos de las especies de *Bromus catharticus*, *Hordeum muticum*, *Festuca dolichophylla* y *Festuca orthophilla* con 19,95; 16,8; 7,38 y 3,89 % de proteína cruda respectivamente; mismas observaciones contrastan con los resultados de Condori (2014). El valor proteico y deseabilidad destacan a las especies mencionadas en este estudio para ser consideradas estratégicas en conservaciones *in situ* y *ex situ*. De Boer, Deru, & Van Eekeren (2018); Gibson, Münch, Palmer, & Mantel (2018); Hanrahan et al. (2018) y Morales Nieto et al. (2016) proponen desafíos bastante álgidos en el manejo y mejoramiento de praderas nativas frente al cambio climático, que centra factores adversos abióticos que deben ser encaradas en los programas de investigación agropecuaria.

Conclusión

Se identificó cinco especies [*Bromus catahrticus* Vahl, *Chondrosum simplex* (Lag.) Kunth, *Festuca dolichophylla* J. Presl, *Festuca orthophylla* Pilg. y *Festuca* sp.) que se destacan por su porcentaje de germinación, grado de prendimiento, número de hojas, altura de planta y longitud de hoja. Asimismo, *Hordeum muticum* J. Presl fue una especie que presentó un porcentaje de germinación relativamente baja; sin embargo, el desarrollo de esta planta se destaca por su versatilidad en términos de altura de planta, desarrollo foliar y antecedentes en cuanto a su alto valor nutritivo.

Referencias

Alshallash, K. S. (2018). Germination of weed species (Avena fatua, Bromus catharticus, Chenopodium album and Phalaris minor) with implications for their dispersal and control. *Annals of Agricultural Sciences*, 63(1), 91-97. doi:10.1016/j.aoas.2018.05.003

Alzérreca, H. (2006). *Campos nativos de pastoreo de Bolivia* (CANAPAS) (H. Alzérreca, A. J. Delgadillo, & R. Meneses Eds.). Cochabamba-Bolivia: IBTA, CIF La Violeta.

Bolaños, V. A., Vecchio, M. C., y Golluscio, R. A. (2015). Dormición y tipo de suelo como determinantes de la germinación y establecimiento de Chloris berroi en la Pampa Deprimida. *Ecología austral*, 25(1), 75-80.

Condori, G. (2014). Caracterización bromatológica de especies forrajeras nativas (pastos y arbustos) de la ecoregión del altiplano, esenciales en la alimentación de los camélidos. *Revista Científica de Investigación INFO-INIAF*, 1(4), 68-80.

De Boer, H. C., Deru, J. G. C., & Van Eekeren, N. (2018). Sward lifting in compacted grassland: effects on soil structure, grass rooting and productivity. *Soil and Tillage Research,* 184, 317-325. doi:10.1016/j.still.2018.07.013

Gerssen-Gondelach, S. J., Lauwerijssen, R. B. G., Havlík, P., Herrero, M., Valin, H., Faaij, A. P. C., & Wicke, B. (2017). Intensification pathways for beef and dairy cattle production systems: Impacts on GHG emissions, land occupation and land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* 240, 135-147. doi:10.1016/j.agee.2017.02.012

Gibson, L., Münch, Z., Palmer, A., & Mantel, S. (2018). Future land cover change scenarios in South African grasslands – implications of altered biophysical drivers on land management. *Heliyon*, 4(7), e00693. doi:10.1016/j.heliyon.2018.e00693

Gonzáles, J., Gutierrez, F., Ramirez, K., Meneses, R., Campos, H., Arrazola, S., . . . Ovando, E. (2014). Conservación y aprovechamiento sostenible de recursos forrajeros de la pradera nativa andina. *Artículo presentado en la Memoria del Primer Congreso Nacional de Recursos Genéticos de la Agrobiodiversidad* La Paz-Bolivia.

Hanrahan, L., McHugh, N., Hennessy, T., Moran, B., Kearney, R., Wallace, M., & Shalloo, L. (2018). Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 5474-5485. doi:10.3168/jds.2017-13223

Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Tecnología-IICAT. (2015). *Determinación del valor nutricional de la pradera nativa provincia José Manuel Pando Municipio de Santiago de Machaca.* J. Selva Andina Res. Soc., 2(1), 22-33.

Klabi, R., Bell, T. H., Hamel, C., Iwaasa, A., Schellenberg, M. P., & St-Arnaud, M. (2018). Contribution of Medicago sativa to the productivity and nutritive value of forage in semi-arid grassland pastures. *Grass and Forage Science,* 73(1), 159-173. doi:10.1111/gfs.12294

Morales Nieto, C. R., Avendaño Arrazate, C., Melgoza Castillo, A., Gil Vega, K. d. C., Quero Carrillo, A., Jurado Guerra, P., y Martínez Salvador, M. (2016). Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de pasto banderita (Bouteloua curtipendula) en Chihuahua, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(4), 455-469.

Phelps, L. N., & Kaplan, J. O. (2017). Land use for animal production in global change studies: Defining and characterizing a framework. *Global Change Biology*, 23(11), 4457-4471. doi:10.1111/gcb.13732

Pizarro, S. E. (2017). *Degradación y vulnerabilidad al cambio climático en pastizales altoandinos.* (Magister), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.

View publication stats