

IMPACTO DE LA INTENSIDAD DE PASTOREO EN EL VIGOR Y PESO DE *Festuca humilior* (NEES & MEYEN) Y *Calamagrostis vicunarum* (WEDDELL)

IMPACT OF GRAZING INTENSITY ON THE VIGOR AND WEIGHT OF *Festuca humilior* AND *Calamagrostis vicunarum*

Edson E. Tito^{1,2}, Lucrecia Aguirre^{1,3,4} y Enrique R. Flores^{1,3,5}

Resumen

Los pajonales de *Festuca humilior* (Nees & Meyen) y *Calamagrostis vicunarum* (Weddell) abarcan una extensión significativa de los Andes Centrales del Perú constituyéndose en una asociación vegetal apreciada por su valor ecológico-económico. El objetivo de la presente investigación fue estimar el impacto del nivel de uso de las gramíneas claves *F. humilior* y *C. vicunarum* sobre altura, vigor y peso de la planta. El estudio se realizó en un pajonal húmedo de condición regular ubicada en la Región de Junín a 4 186 msnm, correspondiente a la ecorregión Puna. El vigor se estimó a partir de la regresión del peso (g MS/planta) y el volumen (cm³) de la planta. La altura (cm) fue la longitud desde la superficie del suelo a la hoja bandera. El diseño estadístico fue completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x3, dos especies, tres porcentajes de altura removida (0, 40 y 80%), con tres repeticiones por tratamiento. La altura, vigor y peso de *F. humilior* y *C. vicunarum* se redujeron en respuesta al incremento del nivel de uso, pero los cambios fueron más marcados en *Festuca* que en *Calamagrostis*. Mientras el descenso en las variables evaluadas fue constante para la *F. humilior* al incrementarse el nivel de uso, *Calamagrostis* también descendió, pero en menor proporción. En esta última especie la altura, vigor y peso relativo se mantuvieron casi constantes cuando los niveles de uso se incrementaron de 40 a 80% sugiriendo que esta especie sería más tolerante a incrementos en la intensidad de corte o pastoreo. Los resultados encontrados contribuyen a explicar por qué en campos dominados por *F. humilior* y subdominados por *C. vicunarum*, sometidos a pastoreo, modifican su composición botánica a favor de esta última especie como dominante.

Palabras clave: puna, pajonal húmedo, volumen, dominancia, nivel de uso.

Abstract

The tussock grasslands of *Festuca humilior* (Nees & Meyen) and *Calamagrostis vicunarum* (Weddell) have a significant extension in the Central Andes and are considered a recognized vegetation association for its ecological-economic value. The objective of this research was to estimate the cumulative impact of the level of use of the key grasses *F. humilior* and *C. vicunarum* on height, vigor and weight of the plant. The study was carried out in a humid grassland of regular condition located 4 186 masl in the Puna ecoregion. The variables evaluated were: plant height, basal and canopy diameter and plant weight. The experiment lasted two years during which individual plants of each species were cut every four months. The vigor was estimated from the volume (cm³) and the weight of the plant (gMS/plant) from the regression of the weight and the volume of the plant. Height (cm) was the length from the soil surface to the flag leaf. The experimental design was a randomized block design with a 2x3 factorial arrangement, two species and three height removal levels: zero, 40 and 80%. The height, vigor and weight of *F. humilior* and *C. vicunarum* were reduced in response to increasing use level, but the changes were more marked in *Festuca* than in *Calamagrostis*. While the decrease in the evaluated variables were constant for *F. humilior* as the level of use increased, *Calamagrostis* also decreased, but to a lesser extent, remaining almost constant when biomass removal levels changed from moderate to heavy, suggesting that this species is more grazing tolerant. The results found help to explain why in fields dominated by *F. humilior* and sub-dominated by *C. vicunarum* subjected to intense grazing, dominance relationships change in favor of *C. vicunarum*, a species of lower forage value than *F. humilior*.

Key words: weat puna, tussock grassland, volume, dominance, utilization level.

Introducción

Los pajonales de puna, un complejo de asociaciones vegetales dominadas por los géneros *Festuca*, *Stipa* y *Calamagrostis*, abarcan más del setenta por ciento del territorio de los Andes centrales, constituyéndose geográficamente en uno de los ecosistemas más

importantes en términos de aprovisionamiento de bienes y servicios ambientales, destacando su contribución a la seguridad alimentaria y servicios de regulación hidrológica (Flores, 2016). A pesar de su importancia ecológica – económica, muchas de las áreas dominadas por pajonales exhiben marcados

signos de deterioro en su condición ecológica y estado de salud, debido principalmente a perturbaciones causadas por el cambio de uso de la tierra, malas prácticas de pastoreo, quema, uso del agua y cambio climático (Rolando *et al.*, 2017). Ecólogos de la vegetación han reportado la existencia de múltiples asociaciones vegetales y estados de transición, siendo la asociación *Festuca humilior* (Nees & Meyen) – *Calamagrostis vicunarum* (Weddell) la comunidad vegetal que ha concentrado el interés de muchos productores pecuarios por su valor para sustentar niveles relativamente altos de producción pecuaria en comparación a otras asociaciones y subtipos de pajonal existentes en la ecorregión puna (Flores *et al.*, 2005).

Festuca y *Calamagrostis* se diferencian, entre otros atributos, por sus estrategias históricas de vida. Las semillas de *Calamagrostis* tienen un mayor porcentaje de viabilidad y pureza que *Festuca* (Castro, 2019) y exhiben periodos de floración y semillero más cortos, acompañados de periodos de diseminación más largos (Bueno & Flores, 1986), brindándole a las potenciales plantas invasoras una mayor oportunidad para ocupar exitosamente espacios abiertos generados por el sobrepastoreo. Las relaciones de dominancia entre dos especies dependen de su capacidad competitiva y la naturaleza del disturbio, y cuando la intensidad de este último sobrepasa ciertos umbrales, las relaciones competitivas entre las especies que componen la comunidad vegetal pueden dar lugar a cambios en la composición florística a favor de aquellas especies más tolerantes al estrés, generando nuevos estados y transiciones, a veces irreversibles (Bestelmeyer, 2006).

La hipótesis de este estudio es que los cambios en la abundancia relativa de ambas especies se explican por una mayor tolerancia de *C. vicunarum* al pastoreo. Para ello, se evaluó vía un ensayo de remoción de la altura de plantas individuales de ambas especies, a niveles cero, moderados y pesado, para explicar por qué en campos donde la presión de pastoreo es intensa las relaciones de dominancia cambian en detrimento de la capacidad productiva de ambas especies claves y la condición del pastizal para el pastoreo.

Métodos

Área de Estudio

El área experimental estaba localizada en los Andes centrales del Perú a una elevación de 4 186 msnm en las coordenadas 11°57' 16.47" S, 75°42'24.89" O, perteneciente a la zona de vida Paramo muy húmedo – subalpino tropical. La composición de la vegetación era 37% de gramíneas, 50% de hierbas y 13% de pseudogramíneas. La gramínea dominante era *F. humilior* (30.54%) y la subdominante *C. vicunarum* (16.33%). Los suelos son profundos, de textura franco arenosa y pertenecen al orden Mollisol.

El estudio fue implementado en un área cercada de 2 500 m² (50 x 50 m). Los tratamientos experimentales incluyeron dos gramíneas claves, *F. humilior* y

C. vicunarum, con tres niveles de uso expresada como porcentaje de la altura removida (Control 0%, moderado 40% y pesado 80%). Se instalaron un total de 18 parcelas, seis por tratamiento cada una de 60 m². Dentro de cada parcela se simulaban los niveles de remoción de la altura, una variable indicadora de la presión de pastoreo, cada cuatro meses, durante dos años consecutivos, coincidiendo con el inicio de lluvias (noviembre), pico de lluvias (marzo) y la plena seca (julio), así como con el intervalo de pastoreo utilizado por los pastores de puna.

Un total de setenta plantas por especie fueron evaluadas considerando dos variables independientes: altura, estimada como la longitud desde la superficie del suelo hasta la hoja bandera, y vigor; además de una dependiente: el volumen de planta (Formula 1). Una vez obtenido el volumen, este fue correlacionado con el peso de la planta para luego, a partir de la regresión entre ambas variables, obtener un estimado de la biomasa por planta (Fórmula 2).

$$V = \left(\frac{R + r}{2} \right)^2 \times \pi \times h$$

Fórmula 1. Ecuación del volumen de planta (Trillo *et al.*, 2020).

Dónde: V = Volumen de planta;
R = Radio mayor de planta;
r = Radio menor de planta;
h = Altura de planta.

$$\text{Peso Fehu (g)} = 0.0050 \times (\text{Volumen Fehu}) + 2.6681$$

$$R^2 = 0.6404$$

$$\text{Peso Cavi (g)} = 0.0034 \times (\text{Volumen Cavi}) + 0.5054$$

$$R^2 = 0.6527$$

Fórmula 2. Ecuaciones de regresión para *Festuca humilior* (Nees & Meyen) y *Calamagrostis vicunarum* (Weddell); (Trillo *et al.*, 2020).

Donde: Fehu = *F. humilior*;
Cavi = *C. vicunarum*;
R² = Coeficiente de determinación.

El diseño experimental fue un bloque completo al azar con arreglo factorial de dos factores (especie vegetal y niveles de remoción de la altura de planta) y tres bloques. Un total de dos especies vegetales (*F. humilior* y *C. vicunarum*) y tres niveles de remoción de altura de planta fueron evaluados en veintisiete plantas por especie. La prueba de Duncan (p = 0.05) fue utilizada para separar los promedios de los tratamientos experimentales.

Resultados y discusión

F. humilior redujo significativamente sus dimensiones volumétricas y peso al final del estudio en comparación con el control, a medida que el nivel de uso aumentaba de moderado a pesado (Tabla 1), sugiriendo que se trata de una planta susceptible al pastoreo que no parece exhibir una respuesta compensatoria; esto es, un incremento en la tasa de crecimiento a niveles moderados de uso, conforme lo sugiere la teoría del pastoreo (McNaughton, 1985). Más bien reduce su altura a la manera de una función lineal negativa con un marcada tasa de descenso, revelando que se trata de una especie que no habría desarrollado mecanismos anatómicos y fisiológicos para responder a procesos de intensificación del pastoreo y que más bien debería manejarse bajo regímenes de uso moderado y amplios periodos de intervalo entre pastoreos, para evitar alterar las relaciones de coexistencia de esta especie con otras especies asociadas, como *C. vicunarum* (Dorrough *et al.*, 2004), y evitar así la apertura de nichos para el ingreso de plantas invasoras tolerantes al pastoreo o que podrían escapar a la presión del herbívoro.

Tabla 1. Influencia del nivel de uso (%) en la altura, vigor y peso de plantas de *Festuca humilior* (Nees & Meyen) y *Calamagrostis vicunarum* (Weddell).

Variables	Nivel de Uso (%)		
	0	40	80
<i>F. humilior</i>			
Altura (cm)	15.7 ^(a)	10.8 ^(b)	6.6 ^(c)
Vigor (cm ³)	2 880.2 ^(a)	1 783.4 ^(ab)	1 051.0 ^(b)
Peso Planta (g)	17.1 ^(a)	11.6 ^(ab)	7.9 ^(b)
<i>C. vicunarum</i>			
Altura (cm)	9.8 ^(a)	6.8 ^(b)	6.1 ^(b)
Vigor (cm ³)	215.2 ^(a)	68.3 ^(b)	74.7 ^(b)
Peso Planta (g)	1.2 ^(a)	0.7 ^(b)	0.8 ^(b)

Letras diferentes en la misma fila son significantes con la prueba Duncan ($p < 0.05$).

Los resultados de este ensayo revelan que *F. humilior* parece corresponder al tipo de planta que reduce su productividad rápidamente al incrementarse la presión del herbívoro (Figura 1), sugiriendo que esta especie debería pastorearse bajo un régimen de baja intensidad de remoción de la parte aérea y baja frecuencia de corte o pastoreo (Kothmann, 2009) para así mantener su vigor, capacidad competitiva y dominancia, dado su alto valor forrajero en la comunidad vegetal y optimizar su uso en la mejora de la productividad de los sistemas de pastoreo (Flores *et al.*, 2005).

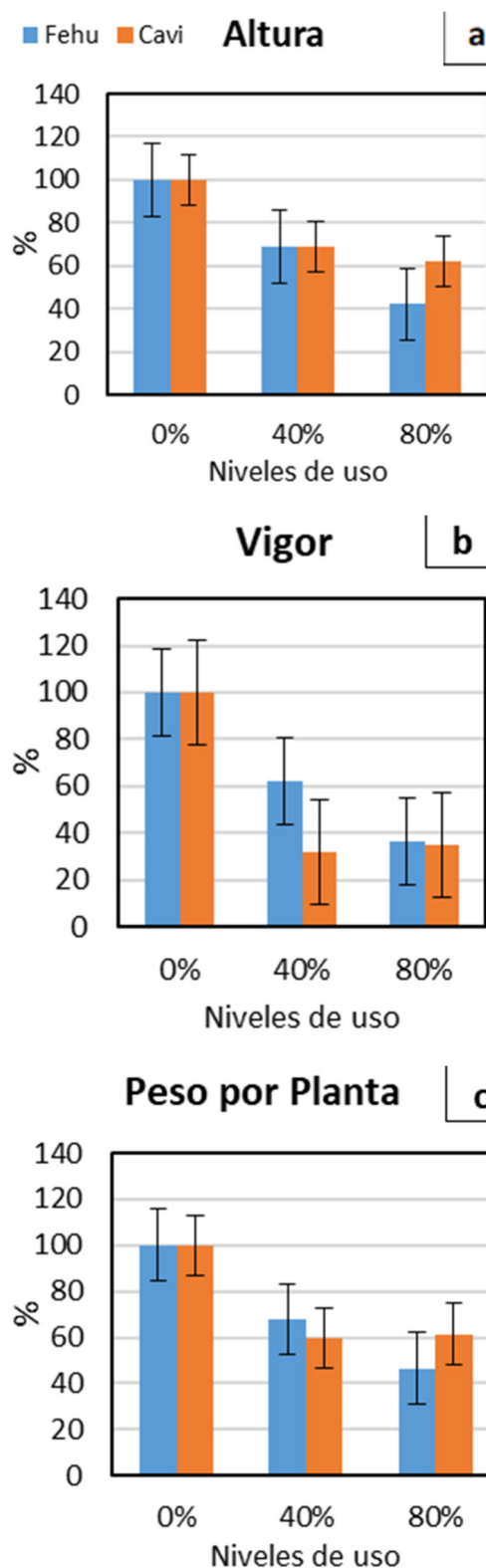


Figura 1. Cambios relativos en relación al control de las variables (a) altura, (b) vigor y (c) peso por planta en *Festuca humilior* (Nees & Meyen) (Fehu o barras izquierdas) y *Calamagrostis vicunarum* (Weddell) (Cavi o barras derechas) en respuesta al nivel de uso.

La teoría de la relación planta - herbívoro hipotetiza que las plantas pueden responder de tres maneras cuando son pastoreadas: decrecer, mantener o incrementar su tasa de crecimiento (Briske, 1991). *C. vicunarum*, una gramínea sub-dominante en la comunidad vegetal, mostró al igual que *F. humilior* una reducción significativa en altura, vigor y peso de planta con respecto al control pero, a diferencia de esta última, no se observaron diferencias significativas entre las variables antes mencionadas, cuando la intensidad se incrementó de moderada a pesada (Tabla 1), revelando que se trataría de una especie más tolerante al pastoreo que se comporta claramente como una que mantiene su productividad, aun cuando los niveles de remoción de la altura se incrementan de moderado a pesado.

La literatura en relación a la respuesta comparativa al corte y pastoreo de las especies en estudio es escasa. Sin embargo, análisis acerca de la autoecología de ambas especies revelan diferencias en tasas de crecimiento, transpiración y duración del periodo de floración (Trillo *et al.*, 2020) con periodos más prolongados en *F. humilior*, sugiriendo que esta especie estaría asignando más recursos al desarrollo de la parte aérea que *C. vicunarum* y menos al desarrollo radicular, lo que la haría eventualmente menos tolerante a intensidades altas de pastoreo (Trillo *et al.*, 2020). Queda por dilucidar qué aspectos diferenciales asociados a la historia de vida, fisiología de la defoliación, patrones de asignación de carbohidratos y tasas de fotosíntesis después de la defoliación de *C. vicunarum* y *F. humilior* estaría detrás de las respuestas observadas en este experimento.

Un pajonal de buena condición se caracteriza por la abundancia de especies de porte alto como la *F. humilior*, capaz de aportar de modo significativo a la producción de biomasa y, en consecuencia, a la captura y almacenamiento de carbono y energía por parte del ecosistema (Derner *et al.*, 2006). Al aumentar el porcentaje de remoción, se observó que el cambio en la relación de la dominancia con *C. vicunarum* como dominante y *F. humilior* como subdominante conlleva finalmente a una disminución en la condición del pastizal para vacunos dado que los animales muestran una mayor preferencia por *F. humilior*, una especie de porte alto, que por *C. vicunarum*, una especie de menor valor nutricional, peso y altura que la primera (Florez & Bryant, 1985). Por lo tanto, la intensidad de pastoreo (% de remoción), es una variable clave a la hora de diseñar estrategias de utilización que maximice los niveles de producción forrajera sin disminuir el estatus ecológico del pastizal para vacunos, el cual se deteriora con valores altos de remoción (Tabla 1; Wilcox *et al.*, 1987).

Conclusiones

Calamagrostis vicunarum (Weddell) y *Festuca humilior* (Nees & Meyen) responden de manera diferenciada a la intensidad de pastoreo; la segunda se

comporta como una especie menos tolerante que la primera. Aunque ambas especies reducen el vigor y productividad, cuando la intensidad de uso aumenta, *F. humilior* presenta reducciones de mayor magnitud, en vigor y peso. Esto sugiere que los sistemas de pastoreo de baja intensidad serían los más apropiados para mantener un balance entre ambas especies en la comunidad vegetal, con *F. humilior* como dominante y *C. vicunarum* como subdominante, tal como ocurre en pajonales de buena condición. Resta determinar, para pastizales dominados por *Festuca humilior*, cuál es la frecuencia óptima de pastoreo con la intensidad que este estudio propone.

Literatura citada

- Bestelmeyer B.T. 2006. Threshold concepts and their use in rangeland management and restoration: the good, the bad and the insidious. *Restoration Ecology*, 14(3): 325-329. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00140.x>.
- Briske D.D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. *En: Heitschmidt R.K. & Stuth J.W. (Ed.) Grazing Management: An Ecological Perspective*. Timber Press. Portland, Oregon.
- Bueno L.S. & Florez A. 1986. Estudio autoecológico de las principales especies forrajeras nativas de los pastizales de la puna peruana. *En: Fierro L.C. & Farfan R. Investigaciones sobre pastos y forrajes de Texas Tech University en el Perú*. The United States Agency For International Development (USAID) & Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA), Perú. Volumen III. 1-13. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABC797.pdf.
- Castro de la Cruz J.K. 2019. Momento de cosecha y capacidad de germinación de semillas de tres gramíneas altoandinas (*Festuca dolichophylla*, *Festuca humilior* y *Calamagrostis vicunarum*). Tesis para optar el grado de *Magister Scientiae* en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3925>.
- Derner J.D., Boutton T.W. & Briske D.D. 2006. Grazing and ecosystem carbon storage in the North American Great Plains. *Plant and Soil*, 280: 77-90. DOI: 10.1007/s11104-005-2554-3.
- Dorrrough J., Asch J. & McInterie S. 2004. Plant responses to livestock grazing frequency in an Australian temperate grassland. *Ecography*, 27: 798- 810. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2004.04004.x>.
- Flores E.R. 2016. Cambio climático: Pastizales altoandinos y seguridad alimentaria. *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*, 2: 73-80. <http://dx.doi.org/10.36580/rgem.i1.73-80>. https://www.researchgate.net/publication/336593118_Cambio_Climatico_Pastizales_Altoandinos_y_Seguridad_Alimentaria.
- Flores E.R., Cruz J.C., Ñaupari V. 2005. Utilización de praderas cultivadas en secano y praderas naturales para la producción lechera. Boletín técnico. Proyecto Incagro – convenio UNA la Molina. Ministerio de agricultura. bit.ly/rEA-UNALM-17.
- Florez A. & Bryant F.C. 1985. Plant phenology and nutritional content of key grasses in the Andes of Peru. *Forage and Pasture Research of Texas Tech University in Peru*. Volumen II. 21- 28.

-
- Kothmann M. 2009. Grazing Methods: A Viewpoint. *Rangelands*, 31(5): 5-10. <https://doi.org/10.2111/1551-501X-31.5.5>.
- McNaughton S.J. 1985. Ecology of a grazing ecosystem: The Serengeti. *Ecological Monographs*, 55(3): 259-294. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/1942578>.
- Rolando R.L., Turín C., Ramírez D.A., Mares V., Monerris J. & Quiroz R. 2017. Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 236: 221-233. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/80557>.
- Trillo F., Nuñez J., Aguirre L., Barrantes C. & Flores E. 2020. Comparación de indicadores autoecológicos en dinámica de crecimiento de *Festuca dolichophylla* (Presl, 1830) y *Festuca humilior* (Nees & Meyen, 1841). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3): e18743. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172020000300032&script=sci_arttext. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v31n3/1609-9117-rivep-31-03-e18743.pdf>.
- Wilcox B.P., Bryant F.C. & Fraga B.F. 1987. An evaluation of range condition on one range site in the Andes of central Peru. *Journal of Range Management*, 40(1): 41-45. <http://dx.doi.org/10.2307/3899359>. <https://www.jstor.org/stable/3899359>. <http://hdl.handle.net/10150/645278>.

¹ Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales. Departamento de Producción Animal de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina S/N, Lima, Casilla Lima 12, Perú.

² Investigador Asociado. agroproa@hotmail.es. ORCID: 0000-0001-8405-2630.

³ Profesor Principal. Lab_pastizales@lamolina.edu.pe.

⁴ ORCID: 0000-0003-0674-9875.

⁵ ORCID: 0000-0001-5418-1247.