

Respuesta de pastizales naturales degradados a la revegetación y la aplicación de estiércol de ovino

Response of degraded natural grasslands to revegetation and application of sheep manure

Javier Mamani Paredes^{1*}, Nicaela Terroba², Javier Quispe Merma³ y Felix Supo Halanoca⁴

Resumen

Los pastizales naturales son importantes para la producción ganadera, son fuente de alimentación principalmente para el ganado rumiante. El estudio se realizó en pajonales del altiplano de Puno Perú a una altitud de 3818 msnm el objetivo fue determinar el efecto de la revegetación con dos gramíneas nativas: *Festuca dolichophylla* Presl “chilligua” (Fedo) y *Poa gilgiana* Pilger “K’achu” (Pogi) en la recuperación de pastizales degradados con adición de estiércol de ovino como fuente de materia orgánica (MO), conducido bajo el diseño de parcelas divididas cuyos factores de estudio fueron 2 especies nativas, 2 factores de abonamiento con y sin adición de (MO) heces y orina de ovino, en 3 bloques; los resultados indican que el mayor crecimiento y rendimiento de biomasa fue para Fedo probablemente por su capacidad de adaptación, rendimiento de materia verde de Fedo y Pogi fue superior en el tratamiento con adición de MO, la incorporación de estiércol al pastizal influyó positivamente en la recuperación del pasto, por otra parte Fedo resultó con mayor altura que Pogi; la producción de semilla de los tratamientos adicionados con MO fueron superiores a los tratamientos sin aporte de MO; el contenido de proteína con adición de MO fue mayor en ambas especies, la FDN fue mayor en las especies sin adición de MO, la aplicación de MO favoreció el crecimiento y el valor nutritivo de las especies. Se concluye que la revegetación e incorporación de estiércol de ovino tuvo un efecto favorable en la recuperación y calidad nutritiva del pastizal.

Palabras clave: Revegetación, pastizales, estiércol de ovino, valor nutritivo.

Abstract

Pastures is important for livestock production, are source of food mainly for ruminant livestock. The study was conducted in grasslands of the highlands of Puno, Peru, at an altitude of 3818 masl. The objective was to determine the effect of revegetation with two native grasses: *Festuca dolichophylla* Presl “chilligua” (Fedo) and *Poa gilgiana* Pilger “K’achu” (Pogi) in the recovery of degraded pastures with the addition of sheep manure as a source of organic matter (OM), conducted under a split-plot design whose study factors were 2 native species, 2 fertilization factors with and without the addition of sheep feces and urine (OM), in 3 blocks; The results indicate that the highest growth and biomass yield was for Fedo, probably due to its adaptive capacity, the green matter yield of Fedo and Pogi was higher in the treatment with the addition of OM, the incorporation of manure to the pasture had a positive influence on the recovery of the pasture, on the other hand Fedo had a greater height than Pogi; Likewise, the seed production of the treatments with added OM was higher than the treatments without OM; the protein content with addition of OM was higher in both species and the NDF was higher in the species without addition of OM; the application of OM favored the growth and nutritive value of the species. It was concluded that revegetation and incorporation of sheep manure had a favorable effect on the recovery and nutritional quality of the pasture.

Keywords: Revegetation, rangeland, sheep manure, nutritional value.

Recibido: 23/03/2024

Aceptado: 01/05/2024

Publicado: 02/05/2024

Sección: Artículo original

*Autor correspondiente: javierparedes@unap.edu.pe

Introducción

En el Perú los pastizales altoandinos ocupan el 14.2 % del territorio, (Valverde et al., 2022), sin embargo, la mayor parte se encuentran en proceso de degradación debido a factores como la parcelación de terrenos comunales entre familias, el sobre pastoreo, el cambio climático (Flores, 2016; Nogué et al., 2021), que repercute en la disminución de la producción forrajera para la alimentación de la ganadería, situación que conlleva a una disponibilidad insuficiente de pastos en cantidad y calidad nutritiva. Por lo tanto, no garantiza la sostenibilidad de producción ganadera en la sierra del Perú (Alegría, 2013).

Los pastizales tienen diversos beneficios para la población ya sea directa o indirectamente; son la fuente

más barata económicamente para alimentación del ganado (Bell et al., 2020), cumplen un rol importante en la regulación climática e hídrica, tienen gran capacidad para reducir la escorrentía e incrementar la infiltración del agua en el suelo. No obstante, los cambios en el uso del suelo, la sobreexplotación de los mismos y el cambio

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano, Puno Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4375-3892>

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano, Puno Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6857-4236>

³ Laboratorio de pastos y forrajes, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano, Puno Perú.

⁴ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano, Puno Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7379-8514>

Como citar: Mamani Paredes, J., Terroba, N., Quispe Merma, J., & Supo Halanoca, F. (2024). Respuesta de pastizales naturales degradados a la revegetación y la aplicación de estiércol de ovino. *Revista De Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 26(2) 86-93. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.623>



climático están provocando la degradación de este valioso recurso, que se evidencia en la mayor cantidad de suelos erosionados, en la reducción de la cobertura vegetal y disminución de los pastos naturales palatables (Tácuna et al., 2015); como consecuencia de esta problemática existe un decremento en la capacidad de infiltración y el estatus de humedad del suelo, deteriorando la condición del pastizal y por ende la productividad del pastizal con menor recurso forrajero para la crianza de ganado (Pyke et al., 2002).

En el mundo aproximadamente 2 millones de hectáreas necesitan restauración, frecuentemente implica revegetación realizando siembra directa o con plántulas cultivadas (Cernansky, 2018; Lázaro-González et al., 2023). En condiciones del altiplano una de las actividades favorables para la recuperación de los pastizales degradados es la revegetación para mejorar la cobertura vegetal y su finalidad es controlar la erosión, utilizando macollos de la misma especie adicionando abonamiento que puede incrementar la productividad (Jia et al., 2023; Ma et al., 2022), además de recuperar los beneficios potenciales relacionados con la cobertura vegetal nativa, retención del suelo, almacenamiento y secuestro de carbono, provisión de alimento y otros beneficios (Lázaro-González et al., 2023; Nave et al., 2018). Existen especies que tienen potencial para la revegetación y son palatables para el ganado ya que es aprovechado principalmente como forraje cuando las plantas se encuentran en la fase de rebrote (Merlo-Maydana et al., 2019; Trillo Zárate et al., 2020). Sin embargo, para el establecimiento de gramíneas nativas pastoreables, se debe tener en cuenta que en pastizales no saludables los nutrientes en el suelo son escasos, por lo que es necesario la adición de nutrientes para favorecer el establecimiento de las plantas. Uno de los elementos que favorecen el uso sostenible de los pastizales es mantener la fertilidad de los suelos mediante el aporte adecuado de materia orgánica (Rebollo & Gomez-Sal, 2003), ya sea en forma de estiércol para compensar la falta de nutrientes en el suelo, aparte que alimenta la biota detritívora del suelo que cumple un rol importante en la permanencia de los pastizales nativos (Deru et al., 2018, 2023).

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la revegetación con esquejes de dos especies nativas de la familia Poaceae: *Festuca dolichophylla* Presl “Chillihua” y *Poa gilgiana* Pilger “K’achu”, determinar la influencia del estiércol en el rendimiento, altura, producción de semilla de pastizal y determinar el valor nutricional de las especies en evaluación.

Materiales y métodos

Lugar de estudio

El experimento se realizó en la Estación Experimental Agraria Illpa – Puno–Instituto Nacional de Innovación Agraria (E.E.- INIA), ubicado en el distrito de Paucarcolla, región de Puno–Perú, a una altitud de 3818 msnm. El lugar se caracteriza por presentar precipitación pluvial promedio de 599.4 mm/año, la temperatura oscila entre -0.48 – 16.91 °C y corresponde a la zona agro ecológica de Suni, subtipo climático circunlacustre, zona de vida Bosque Húmedo Montano Subtropical (Holdridge, 1978).

La topografía del lugar se caracteriza por presentar extensas planicies, el tipo de pastizal es un pajonal dominado por la asociación de *Festuca dolichophylla* – *Muhlenbergia fastigiata* – *Stipa ichu*.

Material experimental

Para la instalación del experimento, se utilizaron macollos de especies nativas que habitan el lugar, se escogieron de las matas de gramíneas de pastos deseables de *Festuca dolichophylla* (Fedó) es una especie dominante en los pajonales utilizado como alimento de ganado, por el potencial productivo, resistente al pisoteo de animales, resistente a factores climáticos extremos, deseable para alpacas y ovinos, muy deseable para vacunos y llamas (Florez, 2005; Merlo-Maydana et al., 2019) y *Poa gilgiana* (Pogi), deseable para alpacas y ovinos y muy deseable para vacunos y llamas (Florez, 2005) estas fueron extraídas de sitios adyacentes al campo experimental los que fueron separados en macollos jóvenes, para ser trasplantados en hoyos distanciados a 20 cm entre plantas.

Como fuente de materia orgánica se utilizó el estiércol de ovino, para esto se realizó el majadeo de ovinos, previamente cercado el terreno para que las ovejas puedan dormir dentro del lugar cercado durante la noche, se utilizó 1 oveja en área de 2 metros cuadrados durante tres noches para la incorporación de materia orgánica a los tratamientos asignados desde las 5 de la tarde hasta las 8 de la mañana.

Se evaluó el efecto de la revegetación con gramíneas nativas y la adición de materia orgánica, los tratamientos resultaron de la combinación de las especies trasplantadas de macollos de *Festuca dolichophylla* Presl y *Poa gilgiana* Pilger y la adición de estiércol de ovino,

los tratamientos fueron: *Festuca dolichophylla* Presl con aplicación de estiércol de ovino, (Fedo + EO), *Festuca dolichophylla* Presl Sin aplicación de EO, (Fedo), *Poa gilgiana* Pilger con aplicación de estiércol de ovino (Pogi + EO) y *Poa gilgiana* Pilger Sin aplicación de EO (Pogi).

Los tratamientos experimentales se implementaron en parcelas de 20 x 4.5 m con poca cobertura vegetal en proceso de degradación, que se manejan en condiciones de secano. Se realizó la clausura y el cercado del campo experimental, colocando postes metálicos y cercado con malla ganadera de nueve hilos.

Se procedió con el marcado de los bloques y parcelas con yeso y estacas. No se hizo ningún tipo de labranza, se mantuvo la vegetación natural.

Parámetros evaluados

Rendimiento de biomasa forrajera (kg/MV/ha)

Para obtener los datos del incremento de materia verde de los pastos nativos de *Fedo* y *Pogi*, se realizó una evaluación inicial y final, para determinar la influencia de la incorporación de abonamiento en el rendimiento de biomasa vegetal del pastizal con reducida cobertura vegetal. Para esto se cosecho la biomasa aérea utilizando un cuadrante de 1 x 1 m.

Altura de las plantas (cm)

Para evaluar la altura de las plantas se eligieron 10 plantas, de cada especie, dentro de cada parcela. La longitud de la planta se midió desde el cuello de la raíz hasta la parte terminal de la hoja bandera. Se utilizó una regla milimétrica en centímetros.

Producción de semilla de especies nativas (kg/ha)

Este parámetro consistió en cortar los tallos que se encontraban en floración utilizando una tijera de podar, esta actividad se realizó a los 35 días del inicio de la floración masiva cuando se observó un desgrane de alrededor del 5% de la mayoría de las panículas.

Análisis de proteína bruta (%)

Para la determinación de proteína cruda se siguió el procedimiento Kjendahl, método de la transformación de los compuestos nitrogenados presentes en la muestra de amonio por digestión con ácido sulfúrico concentrado en presencia de oxidantes recomendados por la Association of Analytical Communities A.O.A.C. (1990). Se calculó mediante fórmula siguiente:

$$\% \text{ proteína cruda} = \frac{VxNx \text{ Meq}Nx100}{\text{peso de muestra}} \times 6.25$$

Fibra detergente neutra (%)

La FDN ofrece una estimación más precisa del total de fibra o pared celular mediante el método de Van Soest. Se estimó aplicando la fórmula siguiente:

$$\%FC = (P1 - P2/\text{Peso de muestra total}) * 100$$

Dónde:

FC = Fibra cruda,

P1 = Peso después de secado en estufa (asbesto y fibra cruda),

P2 = Peso de muestra incinerada (Ceniza.).

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se trabajó con el diseño de parcelas divididas. El procesamiento de datos se realizó mediante el análisis de varianza utilizando el programa SPSS y la prueba de comparación de medias de Tukey. En el caso de datos expresados en porcentaje proteína total, FDN, los datos fueron transformados mediante la fórmula: $(Y = \arcseno \sqrt{\text{porcentaje}})$, posterior a ello se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para los factores abonamiento y especies.

Resultados y discusión

Rendimiento de forraje de especies nativas *Festuca dolichophylla* y *Poa gilgiana*

Rendimiento de materia verde (kg/MV/ha)

Los resultados indican que la adición de materia orgánica resultó favorable en el rendimiento de materia verde de la pradera nativa, resultado estadísticamente ($p < 0.05$), probablemente por la disponibilidad de nutrientes para las plantas y el aumento de microorganismos, que promueve la formación de agregados estables en agua, protegiendo el suelo de la erosión y manteniendo su estructura y fertilidad durante la regeneración de los pastizales (Liao et al., 2023; Scartazza et al., 2023), sumado a esto el estiércol cumple un rol aislador formando una capa que evita cambios bruscos de temperatura durante el día y la noche en el suelo (Pierson et al., 2002). La revegetación con las

especies utilizadas en el estudio fue conveniente, ya que Fedo y Pogi son especie clave en estos pajonales y su adaptación a condiciones de clima, suelo propias del altiplano debe ser valorada.

Alternativamente el estiércol de ovino es un fertilizante orgánico que mejora las propiedades químicas del suelo, lo que permite un mayor crecimiento y producción sostenible.

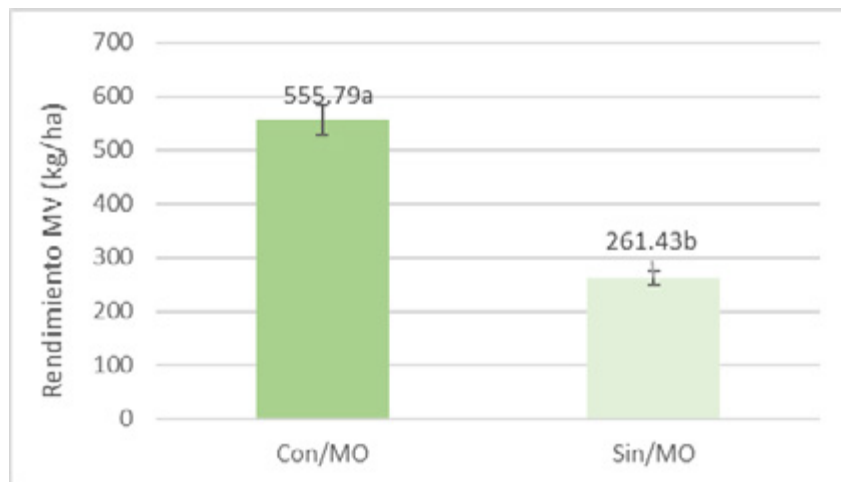


Figura 1. Prueba de comparación múltiple para el factor abonamiento, ($p < 0.05$).

La respuesta en el rendimiento de forraje de materia verde (MV) con 555.79 kg/ha, en el tratamiento con abonamiento y 261.42 kg/ha, en el tratamiento sin abonamiento (Figura 1), existe diferencia significativa ($p < 0.05$) a favor de los pastizales abonados en las dos especies, donde mejor responde al abonamiento es la especie Fedo. La plantación de esquejes de especies nativas deseables es una alternativa para la restitución de la composición florística y cobertura vegetal; y una de las especies con mayor rendimiento en la propagación vegetativa y producción de biomasa es Fedo (Mamani, 2018).

Al respecto, Trillo (2020), en su estudio de las especies de *Festuca dolichophylla* y *Festuca humilior* aplicando fertilización con NPK logra 783.9 y 662.9 kg/ha de materia fresca mejorando la producción ante la disponibilidad de nutrientes en beneficio de las especies nativas.

Nuestros resultados concuerdan con Tácuna *et al.* (2015) en su investigación en pajonales de condición pobre de la localidad de Sillacancha, en la región Ancash, a una altitud de 4100 msnm, concluyen que la revegetación de gramíneas nativas mejoró la cobertura vegetal, sobrevivencia, densidad de plantas infiltración y contenido de humedad del suelo de pastizales degradados y la respuesta fue mejorada con la adición de estiércol y orina de ganado ovino, sugiriendo que es posible manejar el componente animal al pastoreo para maximizar el efecto que este tiene en el ciclo y disponibilidad de nutrientes para un adecuado crecimiento y establecimiento de los esquejes.

Como dato adicional el rendimiento al inicio del estudio para *Fedo* con incorporación de EO, el rendimiento inicial fue de 2573.33 kg/ha y aumentó con abonamiento a 10619.23 kg/ha, mientras que en *Pogi* el rendimiento inicial fue de 2575.00 kg/ha y con abonamiento alcanzó a 11883.30 kg/ha. En las unidades experimentales donde no se incorporó el abonamiento, también se incrementó el rendimiento, debido al cercado y clausura del campo experimental, esto indica que la aplicación de abonamiento, logra un efecto positivo en la producción de forrajes.

Altura de las plantas y producción de semilla

Los resultados para el crecimiento de las especies indica que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), indica que las gramíneas nativas Fedo y Pogi respondieron favorablemente en la altura de las plantas durante el desarrollo de los esquejes. *Fedo* logra una altura de 25.98 cm, frente a *Pogi* que tiene una altura de 21.38 cm. Tabla 1. Trillo (2020), en su estudio sobre autoecología de Fedo y *Festuca humilior* reporta altura promedio de 29.6 cm pudiendo llegar en lugares conservados hasta más de un metro.

En el análisis de varianza para producción de semilla de *Fedo* y *Pogi*, no detecta diferencia significativa por efecto de abonamiento, sin embargo, los resultados muestran que existe una diferencia estadística significativa entre especies, lo que significa que las especies estudiadas de Fedo y Pogi, tienen diferente rendimiento de producción de semilla los mismos que difieren estadísticamente.

Mohrle (2023), indica que el éxito de la resiembra de pastizales para mantener la estructura de la vegetación tuvo mayor éxito, la revegetación y clausura de pastizales permite la producción de semillas y esta positivamente correlacionado con la productividad y la resiliencia de los ecosistemas. Para mantener la diversidad de especies requiere de la revegetación mediante la resiembra,

asimismo el manejo de nutrientes, baja intensidad de manejo para dejar a la planta producir semilla (Lepš et al., 2007). Tapia y Flores (1984) indican que la distribución de las precipitaciones pluviales influye en el crecimiento de los pastos, ya sean naturales o cultivados; sin embargo, no todas las especies tienen el mismo comportamiento ni el mismo modo de crecimiento.

Tabla 1. Efecto de la adición de materia orgánica (estiércol) en la altura de plantas y producción de semilla.

	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Poa gingliana</i>
Con/MO		
Altura (cm)	25.9a	21.3a
Prod. Semilla (kg/ha)	102.2a	69.8b
Sin/ MO		
Altura (cm)	26.5a	23.0a
Prod. Semilla (kg/ha)	85.9a	24.7b

^{a,b} Letras diferentes indica significancia

Los resultados obtenidos para la producción de semilla de *Fedo* y *Pogi* con y sin incorporación de materia orgánica, donde la producción de semilla fue de 102.22 kg/ha para *Fedo* con abonamiento y sin abonamiento fue de 85.93 kg/ha; para *Pogi* con abonamiento fue de 69.87 kg/ha y sin abonamiento fue de 24.69 kg/ha, este resultado es al primer año de trasplante y con una clara evidencia a favor de abonamiento. Tabla 1. Estos resultados son menores a los resultados obtenidos por Saenz-Flores *et al.*, (2020), quienes lograron una producción de 280 kg/ha, diferencia que merece estudiar los requerimientos de fertilización y la fuente de suministro adecuado para cada especie (FAO, 2002), ya que tanto el paso de los años de vida de las plantas como el abonamiento mediante el uso eficiente de los nutrientes incrementa la producción y calidad de las semillas.

Contenido de proteína bruta y fibra detergente neutro

La aplicación de fertilizantes (estiércol) ya sea orgánico o inorgánico aumenta el valor nutricional y la

composición de las especies. Los resultados de contenido proteína para el tratamiento con abonamiento, en *Fedo* y *Pogi* con la adición de materia orgánica en forma de heces y purín de ovinos, resulto superior respecto a *Fedo* y *Pogi* sin la adición de materia orgánica. Estos resultados son similares por cada tratamiento, lo cual podría deberse a las diferencias inherentes a la morfología y fisiología de estas especies, así como el grado de respuesta a la fertilización o abonamiento incorporado (Willems & Bik, 1998).

El contenido de proteína total para el factor especies con incorporación de materia orgánica, indica que la proteína total se incrementa como efecto de la adición de materia orgánica tanto en la especie de *Fedo* como en la especie *Pogi*. Figura 2, los resultados de análisis de proteína total de las especies trasplantadas con y sin adición de materia orgánica en una pradera nativa con poca cobertura vegetal.

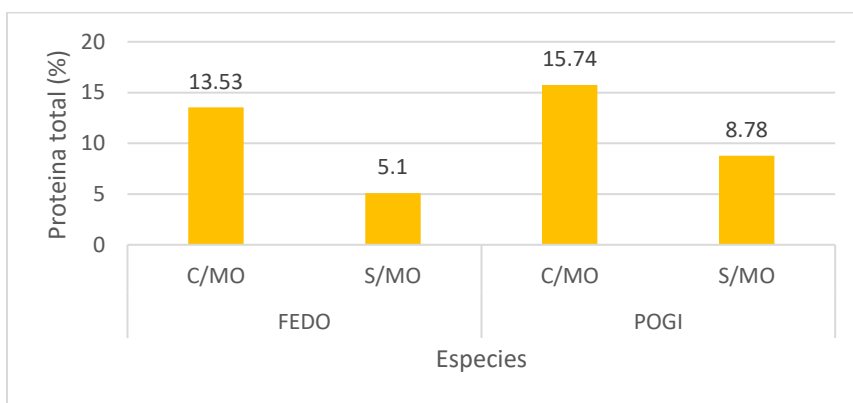


Figura 2. Contenido de proteína total (%) con y sin adición de materia orgánica en especies nativas

En la especie *Fedo* el contenido de proteína total con y sin abonamiento fue de 13.53 y 5.1%, mientras que en la especie *Pogi fue de 15.74 y 8.78%*, respectivamente; este resultado evidencia que la especie de gramínea nativa *Pogi* es más nutritiva que la especie *Fedo*, asimismo, se demuestra que la práctica de abonamiento es muy importante en el mejoramiento de una pradera nativa, porque aumenta el contenido de proteína considerablemente y esto beneficia la mayor disponibilidad y calidad de forraje para el animal.

Un aspecto importante es que a medida que el pasto madura, la proporción de la pared celular aumenta, lo que resulta en el aumento de la fibra detergente acida (FDA) y la fibra detergente neutra (FDN) al mismo tiempo reduce la digestibilidad y las proteínas, la concentración de agua en el pasto disminuye a medida que avanza la madurez; un desafío importante es mantener la calidad del pasto a pesar de la variación en la productividad causada por los factores climáticos (Dias et al., 2019; Wilkinson et al., 2014).

El contenido FDN para el factor especies mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey para *Fedo* (con y sin la adición de materia orgánica) es muy superior a los tratamientos de *Pogi* (con y sin la adición de materia orgánica). Estos resultados obtenidos son similares por cada tratamiento, lo cual podría deberse a las similitudes inherentes a la morfología y fisiología de estas especies estudiadas, así como el grado de respuesta al abonamiento incorporado (Willems et al., 1993).

El contenido de FDN de las especies de *Fedo* y *Pogi* con y sin adición de materia orgánica en la pradera nativa con poca cobertura vegetal, siendo el contenido de FDN con abonamiento 50.08 y 39.35% de FDN, mientras que sin la adición de materia orgánica para *Fedo* y *Pogi* fueron de 63.94 y 40.62%, este resultado evidencia que el abonamiento determina en el contenido de FDN y depende del tipo de especie, esto beneficia la mayor disponibilidad y calidad de forraje para el animal. Figura 3.

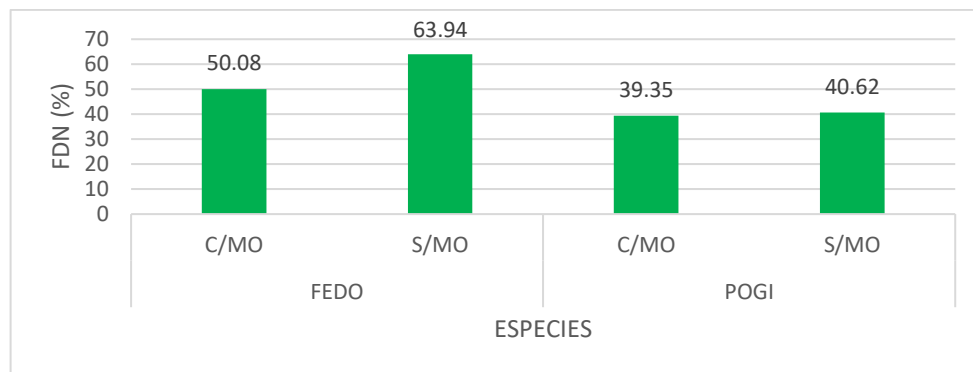


Figura 3. Contenido de FDN (%) con y sin adición de materia orgánica en especies nativas

La incorporación de materia orgánica en suelos degradados disminuye el contenido de FDN en la biomasa forrajera y por ende mejora la calidad del mismo, ya que se evidencia que los tratamientos sin la adición de materia orgánica tuvieron una biomasa forrajera con mayor contenido de FDN, este último da una idea del contenido de fibra total de un forraje; a medida que las pasturas maduran se incrementa el contenido de pared celular y por tanto el valor de FDN y si el alimento tiene más del 55% de FDN puede tener limitaciones de consumo, como se puede evidenciar en la especie *Fedo* sin la incorporación de materia orgánica. Asimismo, la digestibilidad de la MS depende del contenido de FDN y de la digestibilidad de la FDN.

Conclusiones

La revegetación con esquejes de especies naturales y la aplicación de materia orgánica mejoró el rendimiento de materia verde del pastizal, comparado con el rendimiento inicial de la pastura los resultados

indican mejora e incremento en el rendimiento al final de la evaluación. El resultado fue superior para *Festuca dolichophylla* lo que nos sugiere proponer planes de revegetación utilizando esquejes de dicha especie, y por supuesto otras especies nativas para mantener la diversidad en los pastizales. Así mismo, recomendado para iniciar planes de recuperación y mejora de praderas degradadas ya que son especies adaptadas a nuestro medio, lo que puede proporcionar sistemas de pastizales sostenibles.

En cuanto al valor nutritivo de las especies, este estudio muestra mayores concentraciones de FDN en las plantas sin adición de materia orgánica, el contenido de proteína y FDN fue superior en los tratamientos con adición de materia orgánica.

Referencias

Alegria, V. F. (2013). *Inventario y uso sostenible de pastizales en la zona colindante a los depósitos de*

relavera de Ocroyoc Pasco [Pontificia Universidad Católica]. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5191/ALEGRIA_VELASQUEZ_FIORELLA_INVENTARIO_PASCO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Bell, M. J., Huggett, Z. J., Slinger, K. R., & Roos, F. (2020). The effect of grazing by cattle and sheep on diverse pastures. *Livestock Science*, 241(September), 104261. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104261>
- Cernansky, R. (2018). How to plant a trillion trees. *Nature*, 560(7720), 542–544. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-06031-x>
- Deru, J. G. C., Bloem, J., de Goede, R., Brussaard, L., & van Eekeren, N. (2023). Effects of organic and inorganic fertilizers on soil properties related to the regeneration of ecosystem services in peat grasslands. *Applied Soil Ecology*, 187(January), 104838. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104838>
- Deru, J. G. C., Bloem, J., de Goede, R., Keidel, H., Kloen, H., Rutgers, M., van den Akker, J., Brussaard, L., & van Eekeren, N. (2018). Soil ecology and ecosystem services of dairy and semi-natural grasslands on peat. *Applied Soil Ecology*, 125(May 2017), 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.12.011>
- Dias, K., Garcia, S., Islam, M. R., & Clark, C. (2019). Milk yield, milk composition, and the nutritive value of feed accessed varies with milking order for pasture-based dairy cattle. *Animals*, 9(2), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ani9020060>
- FAO. (2002). Los fertilizantes y su uso. In *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación* (4ta Edición). FAO–IFA. <http://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- Flores, R. E. (2016). Cambio Climático: Pastizales Altoandinos y Seguridad Alimentaria. *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*, 1(1), 73–80. <https://doi.org/10.36580/rgem.i1.73-80>
- Florez, M. A. (2005). Manual de manejo de pastos y forrajes altoandinos. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Holdridge, L. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. IICA (I. I. de C. Agrícolas (ed.)). Editorial IICA.
- Jia, Y., Chen, S., Wu, M., Gu, Y., Wei, P., Wu, T., Shang, Z., Wang, S., & Yu, H. (2023). Improved permafrost stability by revegetation in extremely degraded grassland of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Geoderma*, 430(January), 116350. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116350>
- Lázaro-González, A., Andivia, E., Hampe, A., Hasegawa, S., Marzano, R., Santos, A. M. C., Castro, J., & Leverkus, A. B. (2023). Revegetation through seeding or planting: A worldwide systematic map. *Journal of Environmental Management*, 337(March). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117713>
- Lepš, J., Doleal, J., Bezemer, T. M., Brown, V. K., Hedlund, K., Igual, A. M., Jörgensen, H. B., Lawson, C. S., Mortimer, S. R., Peix Geldart, A., Rodríguez Barrueco, C., Santa Regina, I., Šmilauer, P., & van der Putten, W. H. (2007). Long-term effectiveness of sowing high and low diversity seed mixtures to enhance plant community development on ex-arable fields. *Applied Vegetation Science*, 10(1), 97. [https://doi.org/10.1658/1402-2001\(2007\)10\[97:leosha\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1658/1402-2001(2007)10[97:leosha]2.0.co;2)
- Liao, J., Yang, X., Dou, Y., Wang, B., Xue, Z., Sun, H., Yang, Y., & An, S. (2023). Divergent contribution of particulate and mineral-associated organic matter to soil carbon in grassland. *Journal of Environmental Management*, 344(March), 118536. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118536>
- Ma, S., Yang, B., Zhao, J., Tan, C., Chen, J., Mei, Q., & Hou, X. (2022). Hydrothermal Dynamics of Seasonally Frozen Soil With Different Vegetation Coverage in the Tianshan Mountains. *Frontiers in Earth Science*, 9(February), 1–12. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.806309>
- Merlo-Maydana, F. E., Loza-Murguía, M. G., Ku-Vera, J. C., Condori-Quispe, R., Pérez-Lugo, L., & Albarracín-Villa, A. (2019). Degradación in situ del pastizal Chillimar *Festuca dolichophylla* una alternativa para alimentación animal. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 6(2), 47–56. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2019.060200047>
- Möhrle, K., Teixeira, L. H., Hartmann, S., & Kollmann, J. (2023). Enhancing temperate grassland diversity and functionality: crafting seed mixtures to align stakeholder interests and to increase establishment success. *Global Ecology and Conservation*, 50, e02762. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02762>
- Nave, L. E., Domke, G. M., Hofmeister, K. L., Mishra, U., Perry, C. H., Walters, B. F., & Swanston, C. W. (2018). Reforestation can sequester two petagrams

- of carbon in US topsoils in a century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(11), 2776–2781. <https://doi.org/10.1073/pnas.1719685115>
- Nogué, S., Santos, A. M. C., John, H., Björck, S., Castilla-Beltrán, A., Connor, S., de Boer, E. J., de Nascimento, L., Felde, V. A., Fernández-Palacios, J. M., Froyd, C. A., Haberle, S. G., Hooghiemstra, H., Ljung, K., Norder, S. J., Peñuelas, J., Prebble, M., Stevenson, J., Whittaker, R. J., ... Steinbauer, M. J. (2021). The human dimension of biodiversity changes on islands. *Science*, 372(6541), 488–491. <https://doi.org/10.1126/science.abd6706>
- Pierson, F. B., Spaeth, K. E., Wetz, M. A., & Carlson, D. H. (2002). Hydrologic response of diverse western rangelands. *Journal of Range Management*, 55(6), 558–570. <https://doi.org/10.2307/4003999>
- Pyke, D. A., Herrick, J. E., Shaver, P., & Pellant, M. (2002). Rangeland Health Attributes and Indicators for Qualitative Assessment. *Journal of Range Management*, 55(6), 584–497. <https://doi.org/10.2307/4004002>
- Rebollo, S., & Gomez-Sal, A. (2003). Aprovechamiento sostenible de pastizales. *Ecosistemas*, 3.
- Sáenz-Flores, E., Saucedo-Teran, R. A., Morales-Nieto, C. R., Jurado-Guerra, P., Lara-Macías, C. R., & Melgoza-Castillo, A. O.-G. J. (2020). Producción y calidad de semilla de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización en Aldama, Chihuahua. *Tecnociencia Chihuahua*, 9(2). <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia>
- Scartazza, A., Gavrichkova, O., Pini, R., & D'Acqui, L. P. (2023). Physically protected organic matter drives soil carbon sequestration potential of a managed grassland ecosystem in Italian Alps. *Geoderma Regional*, 34(July), e00686. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00686>
- Tácuna, R. E., Aguirre, L., & Flores, E. R. (2015). Influencia De La Revegetación Con Especies Nativas Y La Incorporación De Materia Orgánica En La Recuperación De Pastizales Degradados. *Ecología Aplicada*, 14(1–2), 191. <https://doi.org/10.21704/rea.v14i1-2.95>
- Trillo, Z. F. C., Barrantes, C. C., Nuñez, D. J., Zirena, A. N., & Flores, M. E. (2020). Efecto de la fertilización N, P y K en la producción de biomasa aérea de esquejes de Festuca dolichophylla (Presl, 1830) y Festuca humilior (Nees & Meyen, 1841). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 31(2), e17854. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17854>
- Trillo Zárate, F. C., Nuñez Delgado, J., Aguirre Terrazas, L., Barrantes Campos, C. A., & Flores Mariazza, 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. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18743>
- Valverde, H., Fuentealba, B., Blas, L., & Oropeza, T. (2022). La Importancia De Los Pastizales Altoandinos Peruanos. In I. N. de I. en G. y E. de Montaña (Ed.), *INAIGEM. Direccion de Investigacion en Ecosistema de Montaña*. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/handle/16072021/450>
- Wilkinson, J. M., Allen, J. D., Tunnicliffe, R., Smith, M., & Garnsworthy, P. C. (2014). Variation in composition of pre-grazed pasture herbage in the United Kingdom, 2006-2012. *Animal Feed Science and Technology*, 196(3), 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.001>
- Willems, J. H., & Bik, L. P. M. (1998). Restoration of high species density in calcareous grassland: the role of seed rain and soil seed bank. *Applied Vegetation Science*, 1(1), 91–100. <https://doi.org/10.2307/1479088>