

## CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y FUNCIÓN HIDROLÓGICA EN RESPUESTA AL DESCANSO DEL PASTIZAL

### CHANGES IN VEGETATION STRUCTURE AND HYDROLOGICAL FUNCTION IN RESPONSE TO RANGELAND REST

Raúl E. Tácuna<sup>1,2</sup>, Lucrecia Aguirre<sup>1,3</sup> y Enrique R. Flores<sup>1,3</sup>

#### Resumen

Se realizó un experimento para evaluar los efectos del descanso al pastoreo sobre la estructura de la vegetación, la función hidrológica y el estatus ecológico en pastizales de condición regular para vacunos. El área de estudio está ubicada a 4 095 msnm, en la comunidad campesina Cordillera Blanca, Región Ancash, Perú. El diseño experimental fue factorial 2 x 2 en bloques, donde los factores fueron: a) dos sistemas de pastoreo P1: Pastoreo no controlado en tierras de usufructo comunal y P2: Descanso o exclusión total de pastoreo, y b) tres años de monitoreo comprendidos entre el 2011 al 2013. Al finalizar el estudio, la estructura de la vegetación fue cambiando según el régimen de uso del pastizal, en donde el descanso favoreció al aumento de especies de gramíneas nativas y en detrimento de las hierbas, pseudogramíneas y arbustos. El descanso incrementó la cobertura vegetal, la acumulación de biomasa y de mantillo sobre el suelo con respecto al pastoreo ( $P < 0.01$ ). La función hidrológica mejoró con la aplicación del descanso en comparación con el pastoreo, lo cual se vio reflejado en una mayor capacidad de infiltración y contenido de humedad del suelo ( $P < 0.01$ ). Los procesos ecológicos mejoraron con el descanso en comparación con el pastoreo expresado a través del incremento del estatus ecológico del pastizal, en respuesta a la mejora de los componentes que determinan su valor como son las especies forrajeras y vigor ( $P < 0.01$ ).

**Palabras clave:** descanso, pastoreo continuo, plantas nativas, función hidrológica, estatus ecológico.

#### Abstract

An experiment was carried out to evaluate the effects of grazing rest on the vegetation structure, the hydrological function, and the ecological status in grasslands of regular condition for cattle. The study area is located at 4 095 meters above sea level, in the Cordillera Blanca peasant community, Ancash Region, Peru. The experimental design was factorial 2 x 2 in blocks, where the factors were: a) two grazing systems P1: Uncontrolled grazing on communal usufruct lands and P2: Rest or total exclusion of grazing, and b) three years of monitoring between 2011 and 2013. At the end of the study, the vegetation structure changed according to the regime of the rangeland use, where the rest favored the increase of native gramineae species and to the detriment of herbs, pseudogramineae, and shrubs. Resting increased the vegetation cover, the accumulation of biomass and mulch on the ground with respect to grazing ( $P < 0.01$ ). The hydrological function improved with the application of rest compared to grazing, which was reflected in a higher infiltration capacity and soil moisture content ( $P < 0.01$ ). The ecological processes improved with resting compared to grazing expressed by the increase of the ecological status of the pasture, in response to the improvement of the components that determine its value, such as forage species and vigor ( $P < 0.01$ ).

**Key words:** rest, continuous grazing, native plants, hydrologic function, ecological status.

#### Introducción

El sobrepastoreo es reconocido como una de las principales causas de la degradación de la vegetación y del suelo (Distel, 2013). El descanso es una estrategia de mejora de pastizales que consiste en restringir el pastoreo de un área que es utilizada para el consumo animal durante un periodo de un año o más (Flores, 1999). Esta técnica es utilizada para eliminar o reducir los impactos negativos del sobrepastoreo al favorecer la recuperación natural de la florística en ecosistemas de pastizal degradados (Yayneshet *et al.*, 2009). Muchos estudios reportaron una mejora en la integridad biótica del pastizal en respuesta al mantenimiento de la

dominancia de las plantas nativas y la reducción de la invasión de otras especies, situación que favorece un incremento en la cobertura vegetal (Weinert & Williams, 2018).

Liu & Shao (2014) y Merritt & Bateman (2012) señalaron que una mayor cobertura vegetal se traduce en una mayor capacidad de infiltración y acumulación de agua disponible en el suelo, lo que en el tiempo mejora el estatus ecológico del pastizal. Sin embargo, la respuesta de la vegetación natural al pastoreo también fue influenciada por un conjunto de otros factores, tales como: la historia evolutiva, las características morfo-fisiológicas de las plantas, y del

estado estructural y funcional del sistema (Aboling *et al.*, 2008; Ruppert *et al.*, 2015). Las plantas del pastizal poseen una variedad de mecanismos adaptativos a los cambios inducidos por las condiciones de pastoreo; por ejemplo, la aparición de meristemas basales y la capacidad de reproducirse vegetativamente, promoviendo su supervivencia al pastoreo y posterior propagación (Milchunas *et al.*, 1988).

Por otro lado, el impacto del sobrepastoreo ha sido ampliamente estudiado en ecosistemas de pastizal y representado en modelos que son sustentados en la teoría de la sucesión vegetal. El mismo produce una degradación del pastizal, siendo este proceso reversible mediante la regulación de la carga animal (Distel, 2013). En el modelo de estados estables alternativos se establecen cambios discontinuos e irreversibles en un mismo sitio ecológico (sitio con características físicas específicas que condicionan la estructura y funcionamiento del ecosistema). Bajo este enfoque se enfatiza el rol de los controles externos (ej. eventos climáticos extremos) juntamente con aquellos internos (interacciones planta-planta y animal-planta) en la regulación de la dinámica de los ecosistemas, siendo esto fundamentado en los conceptos de 'resiliencia' y 'umbrales ecológicos' (Distel, 2013).

El efecto del descanso sobre la vegetación y el suelo a corto plazo (< 5 años) ha sido poco estudiado bajo condiciones de la puna peruana, por ello el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del descanso sobre la estructura de la vegetación, la respuesta hidrológica y el estatus ecológico en pastizales dominados por gramíneas perennes ubicados en la comunidad campesina Cordillera Blanca, Ancash durante un periodo de 3 años.

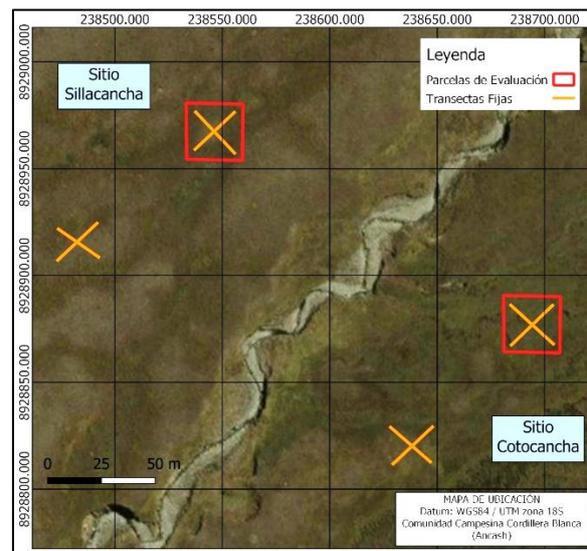
## Materiales y métodos

### Área de estudio

La presente investigación se realizó en dos sitios ecológicos de pajonales dominados por gramíneas perennes de porte alto, ubicados en los sectores denominados Sillacancha y Cotocancha, localizados en áreas de usufructo de la comunidad campesina de Cordillera Blanca de la Región Ancash, Perú, a una elevación de 4 095 msnm (Figura 1). El área de estudio está ubicada a 1.6 km de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Huascarán y, de acuerdo con la descripción los Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro (Josse *et al.*, 2009), corresponde a la clasificación Pajonal Altoandino Húmedo caracterizado por presentar una temperatura promedio de 12 °C con vientos fríos y secos. Los valores de precipitación anual promedio de los años de estudio fueron 823.5, 953.8 y 849.6 mm del 2011 al 2013, respectivamente (SENAMHI, 2015).

Las características químicas de los suelos de ambos sectores exhibieron un pH de 4.53, una conductividad eléctrica de 0.11 dS/m, la capacidad de intercambio catiónico de 9.12 meq/100 g, con un contenido de

fósforo de 3.4 ppm, potasio de 24 ppm y un contenido de materia orgánica de 4.2%. Los suelos de ambos sectores son de textura franco arenoso y se apreciaron signos de erosión laminar moderados. Ambos sitios de pastoreo presentaron características similares en clima, altitud, intensidad de pastoreo y topografía; sin embargo, al iniciar el experimento fueron diferentes en el nivel de humedad del suelo (Sillacancha: 8%; Cotocancha: 14%) y la pedregosidad superficial (Sillacancha: 25%; Cotocancha: 2%).



**Figura 1.** Ubicación y distribución del área experimental.

Las características fisiográficas correspondieron a una topografía ligeramente inclinada a inclinada, con una pendiente que varía entre 2 a 5% y con suelos muy superficiales y superficiales (0-25 cm). La cobertura vegetal fue del 77% para el sector Sillacancha y estuvo dominada por la asociación *Calamagrostis macrophylla* – *Scirpus rigidus*, mientras que el sector Cotocancha presentó una cobertura vegetal del 85% dominada por *Festuca humilior* – *Stibra brachiphylla*. Al iniciar el experimento, el área de estudio presentó signos de deterioro por sobrepastoreo debido a que ambos sitios ecológicos tienen una larga historia de sobrepastoreo con vacunos y ovinos como parte del manejo de las tierras de usufructo comunal, por lo que la condición promedio de ambos sitios ecológicos fue pobre para ovinos y regular para vacunos.

### Tratamientos Experimentales

Los tratamientos resultaron de la combinación factorial de: a) dos sistemas de pastoreo (P1: Pastoreo no controlado en tierras de usufructo comunal, en adelante pastoreo y P2: Descanso o exclusión total de pastoreo durante un periodo de tres años, en adelante descanso) y b) tres años de evaluación comprendidos entre el 2011 al 2013. Debido a las características del pastoreo realizado en estas áreas de usufructo comunal (no controlado, con distinto número de animales

vacunos y ovinos, sin cercado y según el criterio de los pastores) no fue posible estimar la capacidad de carga por hectárea.

Con el propósito de restringir toda actividad de pastoreo para la aplicación del descanso, se construyó en cada uno de los sitios (Sillacancha y Cotocancha) una parcela experimental de 25 x 25 m, con cercas de malla ganadera 9 hilos y postes de 1.8 m de altura. Para el monitoreo de la vegetación, tanto al interior de cada parcela experimental como en las áreas de pastizal de usufructo colindantes, se instaló un transecto fijo permanente cruzado de 30 m como unidad de muestreo de la vegetación y suelos. La distancia del transecto fijo permanente del área de usufructo hacia las parcelas experimentales fue de aproximadamente 50 metros. En total se instalaron 4 transectos para todo el experimento.

#### Mediciones

La variación temporal de la estructura de la vegetación se evaluó a través del porcentaje de grupos funcionales (gramíneas, pseudogramíneas, hierbas y arbustos), la cobertura vegetal, la biomasa acumulada y el mantillo acumulado. Los grupos funcionales fueron obtenidos a partir de censos de vegetación (Parker, 1951), realizados una vez al año, al finalizar la época lluviosa (abril-mayo). Dicha época es cuando las plantas producen semilla botánica en mayor cantidad y, por lo tanto, la presencia de las cabezas florales facilita su identificación (Elzinga *et al.*, 1998). El censo de vegetación incluyó el registro de las plantas, mantillo, musgo, suelo desnudo, pavimento de erosión y roca existentes en el pastizal, al ser interceptadas por el transecto fijo permanente en intervalos de 0.5 m, teniendo 100 puntos de conteo en cada transecto (Elzinga *et al.*, 1998). Posteriormente, la composición florística de las especies perennes del pastizal fue clasificada en grupos funcionales como porcentaje de gramíneas, pseudogramíneas, herbáceas y arbustivas.

La cobertura vegetal se estimó a partir de los censos de vegetación, expresando en porcentaje la cantidad total de plantas encontradas con la ayuda de un anillo censador de un total de 100 puntos de conteo en cada transecto (Parker, 1951; Kent, 2012). Biomasa y mantillo fueron estimados 4 veces al año, que corresponden al inicio de la época de lluvias, plena lluvia, transición a seca y plena seca, mediante el método de corte y separación manual de plantas (Kent, 2012). Debido a la extensión de las parcelas experimentales (625 m<sup>2</sup>) se muestrearon en 5 puntos aleatorios delimitados por un cuadrante metálico de 1 m<sup>2</sup> al igual que en el área de usufructo colindante, asegurándose que los puntos de muestreos no sean los mismos considerados en años anteriores. Seguidamente, se extrajo todo el mantillo contenido dentro del cuadrante, es decir, el material senescente, hojarasca y material orgánico. Luego, se extrajo toda la biomasa vegetal cortando al ras del suelo, fundamentalmente follaje contenido dentro del

cuadrante (Kent, 2012). Tanto mantillo, como biomasa, recolectados en campo, fueron derivados al Laboratorio de Utilización de Pastizales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) para su deshidratación a 105 °C por 24 horas, para obtener la cantidad de materia seca expresada en Kg-MS·ha<sup>-1</sup> (AOAC, 1980). Los valores anuales de biomasa y mantillo acumulado resultaron del promedio de las cuatro estimaciones anuales.

La función hidrológica del pastizal fue evaluada a través de los cambios temporales en la tasa de infiltración y el porcentaje de humedad del suelo. La tasa de infiltración fue estimada mediante el empleo de un infiltrómetro, realizando dos muestreos por tratamiento 4 veces por año correspondientes al inicio de la época de lluvias, plena lluvia, transición a seca y plena seca a través del método de inundación (Bouwer, 1986). La humedad del suelo se estimó conjuntamente con la medición de la infiltración y consistió en cinco muestreos de suelos realizados a 15 cm de profundidad. Posteriormente, las muestras de suelo húmedas fueron derivadas a una estufa para su secado a 105 °C por 24 horas y, luego, por diferencia de peso se calculó el porcentaje de humedad del suelo por tratamiento (Pierson *et al.*, 2002).

La variación temporal en el estatus ecológico del pastizal fue evaluada a partir del porcentaje de especies forrajeras (plantas deseables y poco deseables), la cobertura vegetal y el vigor de la especie clave *Festuca humilior*, en función a un puntaje para determinar la condición del pastizal para vacunos a partir de los censos de vegetación (Parker, 1951). Las especies botánicas encontradas fueron clasificadas taxonómicamente y de acuerdo a su grado de apetecibilidad al consumo de los vacunos en: deseables, poco deseables e indeseables. Posteriormente, se estimó el puntaje de la condición del pastizal a partir de la Fórmula 1 (Flores, 1999).

$$\begin{aligned} \text{Puntaje (0 - 100\%)} \\ &= 0.5 (\%D) + 0.2 (\%IF) \\ &+ 0.2 (\%CV) + 0.1 (\%IV) \end{aligned}$$

#### **Fórmula 1.**

Donde:

%D: Porcentaje de especies deseables para vacunos;

%IF: Porcentaje de especies forrajeras (deseables + poco deseables);

%CV: Porcentaje de cobertura vegetal;

%IV: Porcentaje de índice de vigor de la planta clave para vacunos, *Festuca humilior*.

#### Análisis Estadístico

El diseño experimental utilizado para el análisis estadístico fue un bloque factorial, donde los factores fueron los sistemas de pastoreo (P1: Pastoreo y P2: Descanso) y los tres años de evaluación comprendidos

del 2011 al 2013. Se bloqueó por cada sitio de pastizal para controlar la diferencia de humedad del suelo y pedregosidad superficial de las dos áreas estudiadas (Sillacancha y Cotocancha). Un test de Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad del conjunto de datos y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianza fueron utilizados para comprobar la idoneidad del modelo. Para separar los promedios de los parámetros estudiados se utilizó una prueba diferencia límite de significancia, DLS ( $\alpha = 0.05$ ). Todas las pruebas estadísticas correspondientes fueron procesadas utilizando el software SAS v.9.2 (SAS Institute, 2004), bajo el modelo aditivo lineal de la Fórmula 2.

$$Y_{ijk} = u + P_i + A_j + (P * A)_{ij} + S_k + e_{ijk}$$

### Fórmula 2.

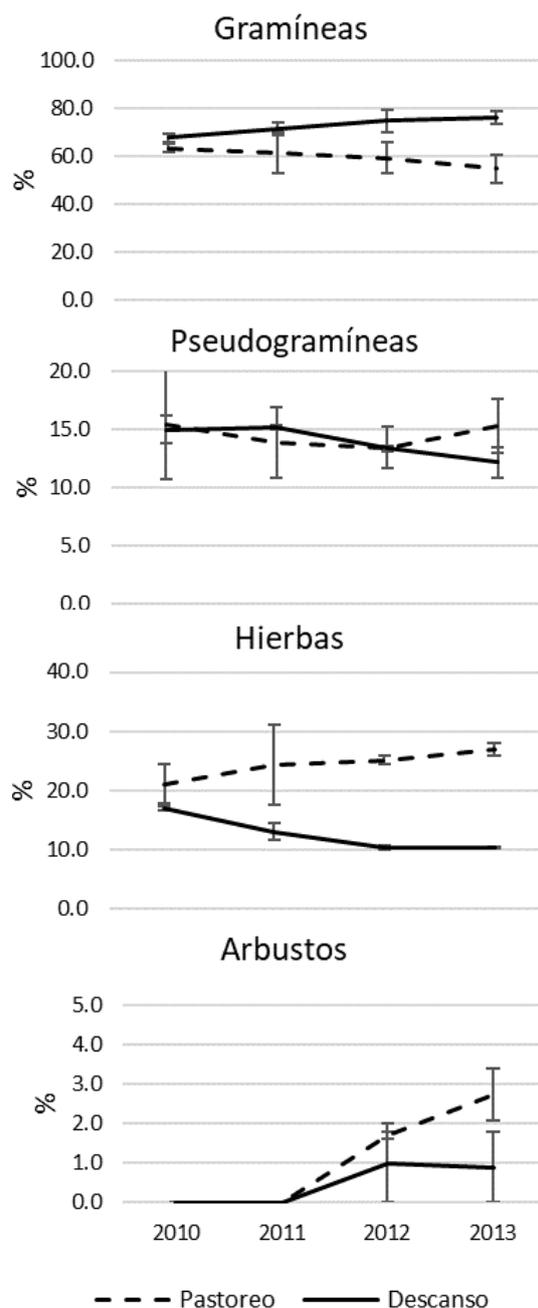
Donde:

- $Y_{ijk}$ : Es la respuesta obtenida con el i-ésimo sistema de pastoreo, j-ésimo periodo y k-ésimo sitio de pastizal;  
 $u$ : Es el efecto de la media general;  
 $P_i$ : Es el efecto del i-ésimo tratamiento de pastoreo;  
 $A_j$ : Es el efecto del j-ésimo periodo;  
 $(P * A)_{ij}$ : Es la interacción del i-ésimo sistema de pastoreo por j-ésimo periodo;  
 $S_k$ : Es el efecto obtenido con el k-ésimo sitio de pastizal (Sillacancha o Cotocancha); y  
 $e_{ijk}$ : Es el error experimental.

## Resultados

### Variación Temporal de la Estructura de la Vegetación

Las tasas de cambio en los grupos funcionales fueron relativamente lentas para pseudogramíneas y arbustos, en comparación con las tasas de cambio más rápidas en gramíneas y hierbas (Figura 2). Los resultados de la composición florística (%) obtenidos por tratamiento se pueden apreciar en la Tabla 1. La proporción de gramíneas fue significativamente superior con la aplicación del descanso del pastoreo ( $P = 0.0001$ ) y no se presentaron diferencias significativas entre los tres años de evaluación ( $P = 0.8853$ ). Sin embargo, existieron diferencias significativas entre la interacción del sistema de pastoreo con los años de evaluación ( $P = 0.0438$ ). En pastoreo, la mayor proporción de gramíneas se encontró en el año 2011 ( $61.7 \pm 8.3\%$ ) y disminuyó progresivamente en los años siguientes 2012 ( $59.6 \pm 6.5\%$ ) y 2013 ( $55.0 \pm 5.7\%$ ). En descanso, la proporción de gramíneas mantuvo una tendencia creciente con el transcurrir de los años 2011 ( $71.7 \pm 2.8\%$ ), 2012 ( $75.1 \pm 4.7\%$ ) y 2013 ( $76.5 \pm 2.7\%$ ).



**Figura 2.** Variación Temporal de la Cobertura Relativa de los Grupos Funcionales.

La proporción de pseudogramíneas fue muy similar al comparar tanto ambos sistemas de pastoreo ( $P = 0.6337$ ) como los tres años de evaluación ( $P = 0.7099$ ). En ambos casos fue el grupo funcional que no presentó mayor variación año tras año, lo cual evidenció la ausencia de interacción entre ambos factores ( $P = 0.619$ ). Sin embargo, el porcentaje de pseudogramíneas fue numéricamente mayor en pastoreo ( $14.5 \pm 0.5\%$ ) que en descanso ( $13.9 \pm 0.7\%$ ). El sistema de pastoreo influyó de modo distinto sobre la proporción de hierbas, siendo significativamente mayor en pastoreo ( $24.4 \pm 1.2\%$ ) que en descanso ( $12.7$

$\pm 1.6\%$ ) ( $P = 0.0002$ ). El pastoreo mantuvo la proporción de hierbas en mayores niveles durante todo el experimento y con una tendencia hacia el incremento; por el contrario, el descanso tuvo una tendencia hacia la disminución. El año de evaluación no tuvo influencia sobre la proporción de hierbas en el pastizal ( $P = 0.95$ ) y, para el caso de las hierbas, no se encontró interacción entre el sistema de pastoreo con los años de evaluación ( $P = 0.1047$ ).

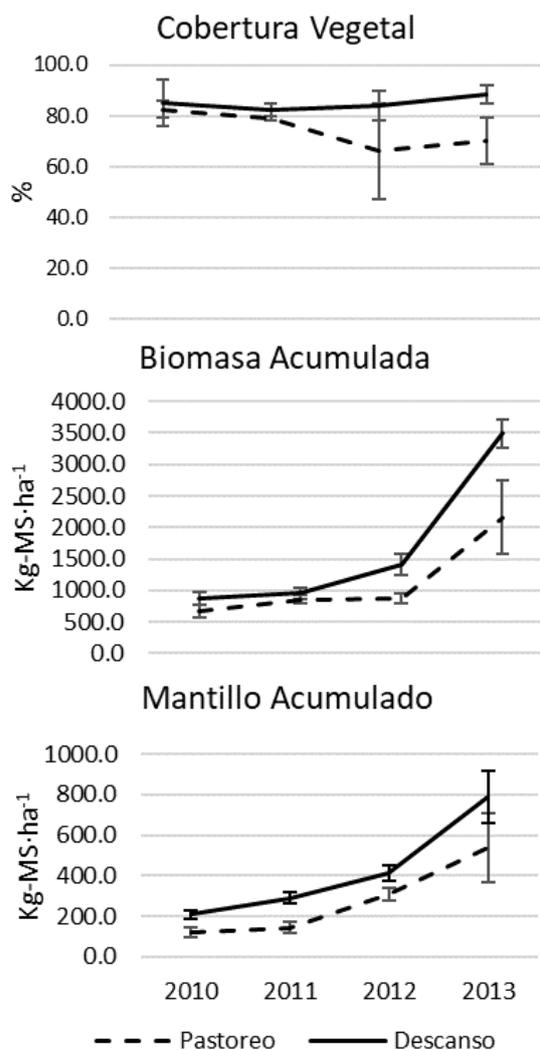
Los arbustos fueron un componente menor de la vegetación (alrededor del 1%), que es característico en pajonales altoandinos, y estos aparecieron a partir del segundo año de evaluación. Para ambos sectores, el sistema de pastoreo no tuvo influencia sobre el porcentaje de arbustos en el pastizal ( $P = 0.0918$ ). Conforme transcurrían los años de evaluación, el nivel de invasión de arbustos fue incrementando sin alcanzar niveles altos o predominantes:  $0.0 \pm 0\%$  (2011),  $1.4 \pm 0.4\%$  (2012) y  $1.8 \pm 0.9\%$  (2013), siendo significativamente mayor durante los dos últimos años de estudio ( $P = 0.0107$ ). No hubo interacción entre el sistema de pastoreo por año sobre la proporción de arbustos en el pastizal ( $P = 0.2369$ ).

Los niveles de cobertura vegetal, acumulación de biomasa y de mantillo estuvieron influenciados según las variaciones temporales de los grupos funcionales en respuesta a la recuperación natural de la vegetación (Figura 3). Se encontró que el sistema de pastoreo no influyó sobre el nivel de cobertura vegetal ( $P = 0.0793$ ); sin embargo, la cobertura vegetal fue numéricamente mayor en descanso ( $85.0 \pm 1.3\%$ ) que en pastoreo ( $74.4 \pm 3.8\%$ ). El año de evaluación tampoco tuvo influencia sobre la cobertura vegetal del pastizal ( $P = 0.6973$ ), lo cual quedó demostrado con la ausencia de interacción entre ambos factores ( $P = 0.5687$ ).

La acumulación de biomasa fue estadísticamente inferior en el pastoreo ( $1\ 142.2 \pm 341.5\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) que en el descanso ( $1\ 684.7 \pm 613.9\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) ( $P = 0.0001$ ). El año de evaluación tuvo influencia sobre la acumulación de biomasa ( $P < 0.0001$ ), con una tendencia a incrementar conforme transcurrían los años 2011 ( $907.7 \pm 52.0\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), 2012 ( $1\ 142.7 \pm 267.6\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y 2013 ( $2\ 825.4 \pm 667.1\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) respectivamente. Hubo diferencias significativas entre la interacción del sistema de pastoreo por año sobre la acumulación de biomasa vegetal ( $P = 0.006$ ). En pastoreo, los valores encontrados de la cantidad de biomasa para los años 2011, 2012 y 2013 fueron:  $855.7 \pm 64.1$ ,  $875.0 \pm 75.6$  y  $2\ 158.2 \pm 580.4\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. En descanso, la cantidad de biomasa encontrada para el año 2011 fue de  $959.7 \pm 91.2\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$  y ésta incrementó progresivamente en los siguientes años 2012 ( $1\ 410.3 \pm 161.4\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y 2013 ( $3\ 492.5 \pm 227.9\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

La acumulación de mantillo fue estadísticamente inferior en el pastoreo ( $277.9 \pm 95.6\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) que en el descanso ( $426.1 \pm 128.2\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

( $P = 0.0005$ ). Para el experimento en general, los años de evaluación tuvieron efecto sobre la acumulación del mantillo ( $P < 0.0001$ ), con una tendencia a incrementar conforme transcurrían los años 2011 ( $218.3 \pm 73.1\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), 2012 ( $360.7 \pm 51.7\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y 2013 ( $663.0 \pm 127.1\ \text{Kg-MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). No hubo interacción entre el sistema de pastoreo por año sobre el mantillo depositado sobre el pastizal ( $P = 0.4674$ ).

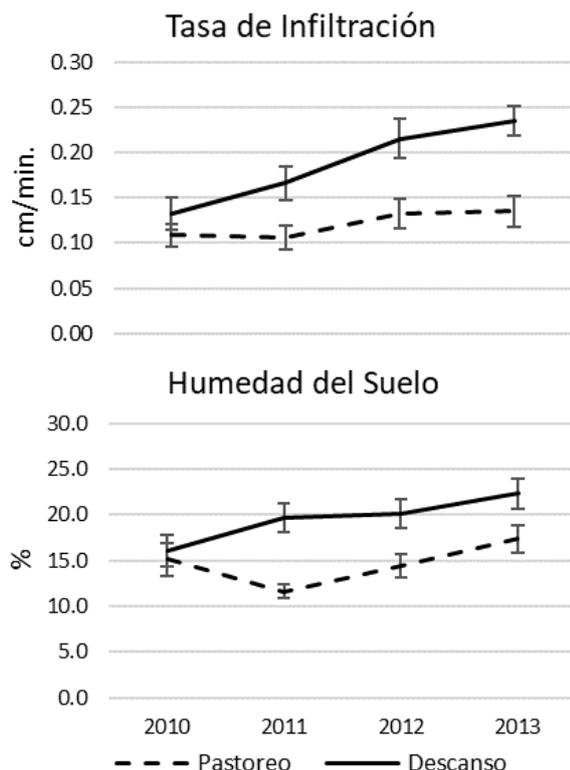


**Figura 3.** Variación Temporal de la Cobertura Vegetal, Biomasa Acumulada y Mantillo Acumulado.

#### Variación Temporal de la Función Hidrológica

La función hidrológica estuvo influenciada por los niveles de cobertura vegetal, acumulación de biomasa y de mantillo sobre la superficie del pastizal (Figura 4). La tasa de infiltración fue estadísticamente inferior con el pastoreo ( $0.12 \pm 0.01\ \text{cm/min}$ ) en comparación con el descanso ( $0.19 \pm 0.02\ \text{cm/min}$ ) ( $P < 0.0001$ ). Los años de evaluación influyeron sobre la tasa de infiltración ( $P < 0.0001$ ), con una tendencia a incrementar conforme transcurrían los años 2011 ( $0.14 \pm 0.03\ \text{cm/min}$ ), 2012 ( $0.17 \pm 0.04\ \text{cm/min}$ ) y 2013

( $0.19 \pm 0.05$  cm/min). Hubo diferencias significativas entre la interacción sistema de pastoreo por año sobre la tasa de infiltración del suelo ( $P = 0.0003$ ). En pastoreo, la tasa de infiltración encontrada para los años 2011, 2012 y 2013 fueron  $0.11 \pm 0.01$ ,  $0.13 \pm 0.02$  y  $0.14 \pm 0.02$  cm/min, respectivamente. En descanso, la tasa de infiltración encontrada para el año 2011 fue de  $0.17 \pm 0.02$  cm/min y ésta incrementó progresivamente en los siguientes años 2012 ( $0.22 \pm 0.02$  cm/min) y 2013 ( $0.24 \pm 0.02$  cm/min).

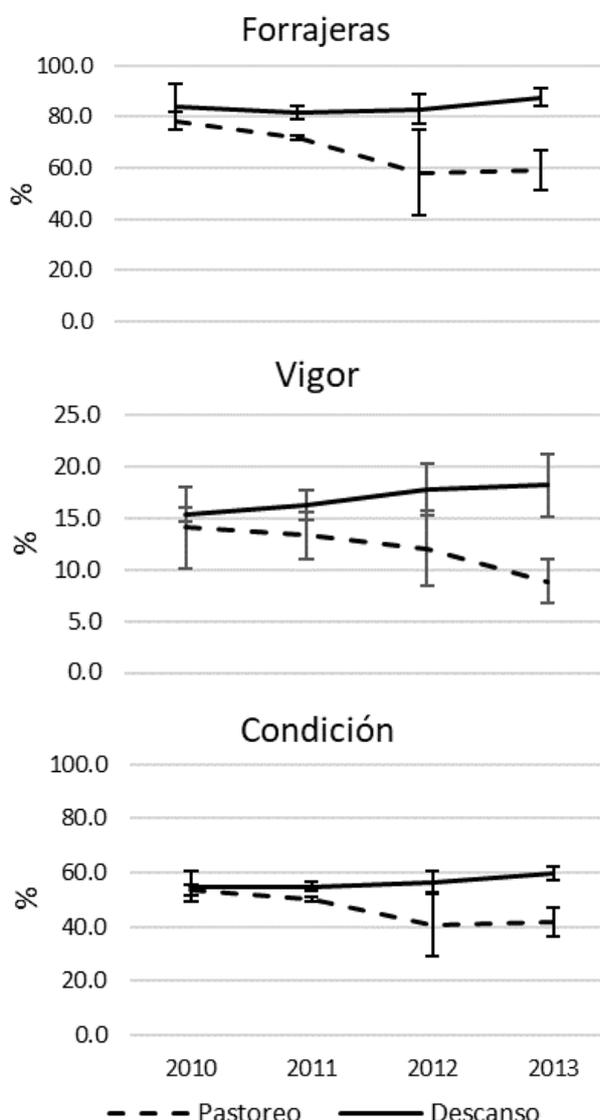


**Figura 4.** Variación Temporal de la Función Hidrológica.

La humedad del suelo fue estadísticamente inferior con el pastoreo ( $14.7 \pm 1.2\%$ ) que con el descanso ( $19.6 \pm 1.3\%$ ) ( $P < 0.0001$ ). Los años de evaluación tuvieron un efecto sobre la humedad del suelo ( $P < 0.0001$ ), con una tendencia a incrementar conforme transcurrían los años 2011 ( $15.7 \pm 4.0\%$ ), 2012 ( $17.3 \pm 2.8\%$ ) y 2013 ( $19.9 \pm 2.5\%$ ). Hubo diferencias significativas entre la interacción sistema de pastoreo por año sobre la humedad del suelo ( $P=0.0041$ ). En pastoreo, la tasa de infiltración encontrada para los años 2011, 2012 y 2013 fueron  $11.7 \pm 0.7\%$ ,  $14.5 \pm 1.2$  y  $17.4 \pm 1.5\%$  respectivamente. En descanso, la tasa de infiltración encontrada para el año 2011 fue de  $19.7 \pm 1.5\%$  y ésta incrementó progresivamente en los siguientes años 2012 ( $20.1 \pm 1.5\%$ ) y 2013 ( $22.3 \pm 1.6$  cm/min).

Variación Temporal de la Condición Ecológica del Pastizal

El impacto final de ambos sistemas de pastoreo y los años de evaluación se resumió en la estimación de la condición ecológica en respuesta a la variación de los indicadores ecológicos que la determinan (Figura 5). El sistema de pastoreo influyó sobre el valor forrajero ( $P = 0.008$ ), donde el pastoreo fue significativamente inferior ( $67.0 \pm 5.0\%$ ) con respecto al descanso ( $84.2 \pm 1.3\%$ ). El año de evaluación no tuvo influencia sobre el valor forrajero de las plantas en el pastizal ( $P = 0.4596$ ), lo cual quedó demostrado con la ausencia de interacción entre ambos factores ( $P = 0.3082$ ).



**Figura 5.** Variación Temporal de la Condición Ecológica del Pastizal.

El sistema de pastoreo influyó sobre el vigor de la planta clave *Festuca humilior* ( $P = 0.0004$ ), donde el pastoreo redujo significativamente el vigor de las

plantas ( $12.1 \pm 1.1\%$ ) con respecto al descanso ( $16.9 \pm 0.7\%$ ). El año de evaluación no influyó sobre el vigor de las plantas de *Festuca humilior* ( $P = 0.578$ ) y se encontró diferencias significativas en la interacción entre el sistema de pastoreo por año sobre el vigor de las plantas ( $P = 0.035$ ). En pastoreo, el vigor de las plantas encontrada para los años 2011, 2012 y 2013 fueron  $13.4 \pm 2.3\%$ ,  $12.1 \pm 3.7\%$  y  $8.9 \pm 2.1\%$ , respectivamente. En descanso, el vigor de las plantas para los años 2011, 2012 y 2013 fueron  $16.3 \pm 1.5$ ,  $17.8 \pm 2.5$  y  $18.2 \pm 3.0$ , respectivamente. Finalmente, el sistema de pastoreo influyó sobre la condición ecológica del pastizal ( $P = 0.0157$ ). El descanso evidenció una mejor respuesta sobre el puntaje que determina el estatus ecológico del pastizal ( $56.5 \pm 1.1\%$ ) en comparación con el pastoreo ( $46.5 \pm 3.1\%$ ). El año de evaluación no influyó sobre la condición ecológica del pastizal ( $P = 0.6438$ ), lo cual quedó demostrado en la ausencia de interacción entre ambos factores ( $P = 0.2677$ ).

### Discusión

Los resultados sugieren que la estructura de la vegetación del pastizal es fuertemente influenciada por la práctica de manejo realizada, siendo estos efectos más notorios conforme transcurren los años (Yates *et al.*, 2000). Sin embargo, información sobre la autoecología de las especies de plantas nativas del área de estudio aún se desconoce; como también los efectos hallados podrían deberse, por un lado, a la variación ambiental local (humedad del suelo, variación de temperatura durante el día, horas de luz, etc.) y por otro, a la duración del experimento hasta encontrar una respuesta del ecosistema (Loydi & Distel, 2010).

El pastoreo continuo produjo una reducción de las gramíneas perennes, lo cual afectó su persistencia y capacidad competitiva contra otros grupos funcionales de plantas como hierbas, pseudogramíneas y arbustos (De Villalobos & Zalba, 2010). La reducción del vigor de las gramíneas por efecto del pastoreo, permitió la apertura de la comunidad vegetal para el ingreso y la expansión progresiva de especies invasoras de porte bajo menos apetecibles para el ganado, como las *Baccharis caespitosa* y *Aciachne pulvinnata* (Loydi & Distel, 2010). Esto se tradujo en un aumento en la diversidad de especies al finalizar el estudio (Zhang *et al.*, 2017), evidenciado por el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) para el pastoreo: 3.76 y el descanso: 3.18 (Tabla 1).

Por otro lado, el descanso favoreció la persistencia y dominancia de las gramíneas perennes en respuesta a la restricción de toda actividad de pastoreo (De Villalobos & Zalba, 2010). Esta situación mejoró el vigor de las gramíneas mediante el engrosamiento de sus coronas sobre el suelo y la estimulación de la producción de semilla botánica, determinante para favorecer la recuperación del pastizal. Nuestros hallazgos coinciden con lo reportado por Lezama *et al.*

(2014), quienes encontraron que el pastoreo continuo conllevó a una disminución en la proporción de gramíneas y a la aparición de otros grupos funcionales de plantas como hierbas, pseudogramíneas y arbustos, representados por especies perennes y anuales. Zhang *et al.* (2017) determinaron que, en los campos con descanso, la proporción de gramíneas aumentó o bien, en determinadas ocasiones se mantuvo inalterado.

El descanso favoreció un mayor crecimiento y desarrollo de la vegetación evidenciado por una mayor cobertura vegetal. La cobertura vegetal protege al suelo contra la erosión, previene el escurrimiento de nutrientes y mejora la acumulación de material orgánico (Liu & Shao, 2014). Al respecto, Yainshet *et al.* (2009) coinciden en mayores aumentos de cobertura vegetal en potreros descansados, atribuidos a la eliminación de la defoliación por parte del ganado y al crecimiento intacto de la comunidad vegetal durante varios años.

El pastizal mostró un buen potencial de recuperación al encontrarse protegido contra el pastoreo. El descanso permitió que la vegetación acumulará mayor biomasa como parte de su ciclo de vida y esto favoreció también la liberación y deposición del material senescente sobre el suelo, incrementando el nivel de mantillo (Liu & Shao, 2014). Al respecto, Rong *et al.* (2014) coincidieron en recomendar el descanso como método para mejorar la capacidad del ecosistema y en consecuencia producir más biomasa y mantillo que permiten renovar el ciclo de nutrientes y mejorar el almacenamiento de materia orgánica.

Existe suficiente evidencia que demuestra la relación entre el nivel de protección del suelo generada por la vegetación y la función hidrológica del pastizal (Jia *et al.*, 2006). La cobertura vegetal sobre el suelo cumple un rol protector contra la erosión, evaporación y la radiación. El pastoreo continuo reduce la cobertura vegetal limitando el almacenamiento y disponibilidad de agua en el suelo (Shi *et al.*, 2013) debido a que se promueve la remoción frecuente de la biomasa vegetal. Por otro lado, un aumento en la cobertura vegetal a causa del descanso, permitió mejorar la función hidrológica del pastizal evaluado a través de la tasa de infiltración y la humedad en el suelo. Estos resultados son similares a los obtenidos por Jia *et al.*, (2006) y Shi *et al.*, (2013) quienes demostraron el rol determinante de la cobertura vegetal para restablecer la función hidrológica del pastizal, en el cual los campos en descanso tienen adecuados niveles de humedad del suelo.

Con el transcurrir del tiempo, el pastoreo descontrolado desmejoró el valor de los componentes que definen la condición ecológica del pastizal, como son la cantidad de especies deseables para el ganado vacuno, el valor forrajero, la cobertura vegetal y el vigor de la planta clave *Festuca humilior* (Call & Roundy, 1991). Por el contrario, el descanso mejoró el valor de la condición ecológica en respuesta a la

reducción al mínimo de los efectos negativos del pastoreo como son la defoliación, pisoteo y la perturbación física del suelo (Yates *et al.*, 2000), lo cual incrementó el vigor de la planta nativa clave *Festuca humilior* y favoreció la cantidad de especies forrajeras deseables para el ganado vacuno.

Nuestros resultados indicarían cambios reversibles en la condición ecológica del pastizal dentro de un estado estable de la vegetación, debido a que sólo el retiro de los animales produjo una mejora en la condición del pastizal (Distel, 2013). Probablemente, cuando se dio inicio al experimento, el ecosistema de pastizal todavía no había cruzado el umbral crítico de degradación por pastoreo irreversible. De ser así, es posible que sólo con el descanso no hubiese sido suficiente para que se produzca una transición al estado deseable (Distel, 2013). Si bien el estatus ecológico se mantuvo en regular con la aplicación del descanso por tres años, su tendencia a mejorar fue bastante clara, lo cual nos lleva a inferir que sería posible mejorar el estatus ecológico del pastizal con un periodo de descanso más prolongado. Nuestros resultados coinciden con Yayneshet *et al.* (2009) y Weinert & Williams (2018), quienes reportaron la mejora de la condición del pastizal en el mediano plazo al aplicar el descanso.

### Conclusiones

El presente estudio demostró que el manejo del pastoreo aplicado al pastizal es un factor que puede inducir cambios a corto plazo en la estructura de la vegetación, la función hidrológica y la condición ecológica. El pastoreo continuo produjo una disminución considerable en la cobertura vegetal y de ese modo alteró detrimentalmente los indicadores que determinan la función hidrológica y el estatus ecológico del pastizal. El descanso permitió la recuperación natural del ecosistema de pastizal, por lo que su impacto sobre todos los atributos evaluados siempre fue favorable al ser comparado con el pastoreo descontrolado. Nuestros resultados sugieren la necesidad de diseñar más estudios específicos para evaluar el impacto del incremento en biomasa de la vegetación sobre la capacidad de carga, realizar diferentes ensayos de pastoreo a fin de evaluar la respuesta del pastizal bajo distintos esquemas de manejo y finalmente realizar estudios a largo plazo para evaluar el impacto del descanso sobre la calidad nutricional del pasto y la nutrición animal.

### Agradecimientos

La presente investigación fue financiada con aporte de la Fundación Mc Knight en colaboración con el Instituto de Montaña y la Comunidad Campesina Cordillera Blanca, Ancash. Los autores agradecen los valiosos comentarios y sugerencias efectuadas al manuscrito por el PhD. Roberto Distel (Universidad Nacional del Sur y CONICET, Argentina).

### Literatura citada

- Aboling S., Sternberg M., Perevolotsky A. & Kigel J. 2008. Effects of cattle grazing timing and intensity on soil seed banks and regeneration strategies in a Mediterranean grassland. *Community Ecology*, 9: 97-106. DOI: <https://doi.org/10.1556/ComEc.9.2008.S.14>.
- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. 13th Edition. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Washington DC. <https://archive.org/details/gov.law.aoc.methods.1980/page/n3/mode/2up>.
- Bouwer H. 1986. Intake Rate: Cylinder Infiltrometer. In: Page A.L., Miller R.H. & Keeney D.R. Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. 825-844. Second edition. American Society of Agronomy & Soil Science Society of America Publisher. Number 9 (Part 1) in the series AGRONOMY. Madison, Wisconsin / USA. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2136/sssabookser5.1.2ed.frontmatter>.
- Call C.A. & Roundy B.A. 1991. Perspectives and processes in revegetation of arid and semiarid rangelands. *Journal of Range Management*, 44(6): 543-549. DOI: <https://doi.org/10.2307/4003034>.
- De Villalobos A.E. & Zalba S.M. 2010. Continuous feral horse grazing and grazing exclusion in mountain pampean grasslands in Argentina. *Acta Oecol.*, 36(5): 514-519. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2010.07.004>.
- Distel R.A. 2013. Manejo del pastoreo en pastizales de zonas áridas y semiáridas. *Revista Argentina de Producción Animal*, 33(1): 53-64. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/3566>.
- Elzinga C. L., Salzer D.W. & Willoughby J.W. 1998. Measuring and monitoring plant populations. Bureau of Land Management. Denver, CO. [http://msuinvasiveplants.org/documents/archives\\_cism/BLM\\_Measuring\\_and\\_monitoring.pdf](http://msuinvasiveplants.org/documents/archives_cism/BLM_Measuring_and_monitoring.pdf).
- Flores E.R. 1999. Tambos alpaqueros y pastizales II: Mejoramiento de praderas naturales. Proyecto especial tambos alpaqueros. Boletín técnico LUP N° 12. Lima, Perú.
- Jia B.R., Zhou G.S., Wang Y., Wang F. & Wang X. 2006. Effects of temperature and soil water-content on soil respiration of grazed and ungrazed *Leymus chinensis* steppes, Inner Mongolia. *J. Arid Environ.*, 67: 60-76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.002>.
- Josse C., Cuesta F., Navarro G., Barrera V., Cabrera E., Chacón-Moreno E., Ferreira W., Peralvo M., Saito J. & Tovar A. 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/39336>.
- Kent M. 2012. Vegetation description and data analysis. A practical approach. 2nd. Edition Wiley-Blackwell.
- Lezama F., Baeza S., Altesor A., Cesa A., Chaneton E.J. & Paruelo J.M. 2014. Variation of grazing-induced vegetation changes across a large-scale productivity gradient. *Journal of Vegetation Science*, 25(1): 8-21. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.12053>.

- Liu B. & Shao M. 2014. Estimation of soil water storage using temporal stability in four land uses over 10 years on the Loess Plateau, China. *J. Hydrol.*, 517: 974-984. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.06.003>.
- Loydi A. & Distel R.A. 2010. Diversidad florística bajo diferentes intensidades de pastoreo por grandes herbívoros en pastizales serranos del Sistema de Ventania, Buenos Aires. *Ecol. Austral*, 20(3): 281-291. [http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia\\_Austral/article/view/1307](http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1307).
- Merritt D.M. & Bateman H.L. 2012. Linking stream flow and groundwater to avian habitat in a desert riparian system. *Ecol. Appl.*, 22(7): 1973-1988. DOI: <https://doi.org/10.1890/12-0303.1>.
- Milchunas D.G., Sala O.E. & Lauenroth W.K. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist*, 132(1): 87-106. <https://www.jstor.org/stable/2461755>.
- Parker K.W. 1951. A method for measuring trend in range condition on national forest ranges. Forest Service / U.S. Dept. Agr. Washington, D.C.
- Pierson F.B., Spaeth K.E., Weltz M.A. & Carlson D.H. 2002. Hydrologic response of diverse western rangelands. *Journal of Range Management*, 55(6): 558-570. <http://hdl.handle.net/10150/643700>. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/4003999>.
- Rong Y., Yuan F. & Ma L. 2014. Effectiveness of enclosures for restoring soils and vegetation degraded by overgrazing in the Junggar Basin, China. *Grassland Science*, 60(2): 118-124. DOI: <https://doi.org/10.1111/grs.12048>.
- Ruppert J.C., Harmoney K., Henkin Z., Snyman H.A., Sternberg M., Willms W. & Linstädter A. 2015. Quantifying drylands' drought resistance and recovery: the importance of drought intensity, dominant life history and grazing regime. *Global Change Biology*, 21(3): 1258-1270. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12777>.
- SAS Institute. 2004. Statistical Analysis System SAS/STAT 9.2 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- SENAMHI. 2015. Precipitación total anual, según departamento, 2000 - 2015. SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorológicos>.
- Shi Z.H., Yue B.J., Wang L., Fang N.F., Wang D. & Wu F.Z. 2013. Effects of mulch cover rate on interrill erosion processes and the size selectivity of eroded sediment on steep slopes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 77: 257-267. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0273>.
- Weinert J.R. & Williams C.A. 2018. Recovery of Pasture Forage Production Following Winter Rest in Continuous and Rotational Horse Grazing Systems. *Journal of Equine Veterinary Science*, 70: 32-37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.06.017>.
- Yates C.J., Norton D.A. & Hobbs R.J. 2000. Grazing effects on plant cover: soil and microclimate in fragmented woodlands in south-western Australia: implications for restoration. *Aust. Ecol.*, 25: 36-47. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2000.01030.x>.
- Yayneshet T., Eik L.O. & Moe S.R. 2009. The effects of exclosures in restoring degraded semi-arid vegetation in communal grazing lands in northern Ethiopia. *J. Arid Environ.*, 73(4-5): 542-549. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.12.002>.
- Zhang C., Dong Q., Chu H., Shi J., Li S., Wang Y. & Yang X. 2017. Grassland Community Composition Response to Grazing Intensity Under Different Grazing Regimes. *Rangeland Ecology & Management*, 71(2): 196-204. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rama.2017.09.007>.

CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN POR DESCANSO DEL PASTIZAL

Julio - Diciembre 2021

**Tabla 1.** Composición florística por tratamiento (%).

Grupo Funcional	Clave	Especie	Deseabilidad Vacuno	Pastoreo				Descanso			
				2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013
Arbusto	Baca	<i>Baccharis caespitosa</i>	Indeseable	0.0	0.0	1.7	1.8	0.0	0.0	1.0	0.9
	Mapi	<i>Margirycarpus pinnatus</i>	Indeseable	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Gramínea	Acpu	<i>Aciachne pulvinnata</i>	Indeseable	1.0	3.5	3.4	3.6	1.0	1.0	0.0	0.0
	Caan	<i>Calamagrostis antoniana</i>	Poco Deseable	6.7	7.8	7.6	5.4	17.0	16.2	15.2	15.1
	Cama	<i>Calamagrostis macrophylla</i>	Deseable	15.4	14.8	14.3	13.5	19.0	21.2	21.0	20.8
	Cavi	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Poco Deseable	0.0	0.9	1.7	2.7	0.0	2.0	2.9	3.8
	Fehu	<i>Festuca humilior</i>	Deseable	25.0	24.2	22.5	22.5	19.0	19.2	21.0	22.6
	Mufa	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Poco Deseable	9.6	7.0	5.9	5.4	1.0	1.0	4.8	4.7
Hierba	Stibra	<i>Stipa brachiphylla</i>	Poco Deseable	5.8	3.5	4.2	1.9	11.0	11.1	10.2	9.5
	Alpi	<i>Alchemilla pinnata</i>	Poco Deseable	3.8	3.5	5.0	6.3	2.0	3.0	1.9	1.9
	Gaco	<i>Galium coronborum</i>	Indeseable	1.9	3.5	5.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gese	<i>Geranium sedifolia</i>	Poco Deseable	0.0	0.9	1.7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gewe	<i>Geranium weedeli</i>	Indeseable	1.9	1.7	1.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hyta	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	Poco Deseable	2.9	5.2	3.4	3.6	2.0	1.0	1.9	1.9
	Plase	<i>Plantago sericeae</i>	Poco Deseable	2.9	3.5	3.4	2.7	4.0	3.0	2.9	2.8
	Platu	<i>Plantago tubulosa</i>	Poco Deseable	1.9	0.9	0.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0
	Wenu	<i>Werneria nubigena</i>	Poco Deseable	5.8	5.2	5.0	3.6	6.0	5.1	3.8	3.8
	Pseudo gramínea	Caec	<i>Carex ecuadorica</i>	Poco Deseable	7.7	5.2	3.4	4.5	6.0	5.1	3.8
Elal		<i>Eleocharis albibracteata</i>	Poco Deseable	0.0	0.0	0.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Sciri		<i>Scirpus rigidus</i>	Deseable	5.8	6.1	5.9	6.3	7.0	8.1	7.6	6.6
Siju		<i>Sisyrinchium junceum</i>	Poco Deseable	0.0	0.9	1.7	2.7	1.0	1.0	1.0	0.9
Índices de Vegetación	Xysu	<i>Xyris subulata</i>	Deseable	1.9	1.7	1.7	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9
		Diversidad Shannon - Wiener		3.58	3.75	3.76	3.76	3.34	3.20	3.19	3.18
		Dominancia Gramíneas		0.54	0.54	0.54	0.50	0.55	0.55	0.58	0.58

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales / Departamento de Producción Animal / Facultad de Zootecnia / Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n La Molina, Lima, Casilla Lima 12, Perú. lab\_pastizales@lamolina.edu.pe.

<sup>2</sup> Investigador Asociado.

<sup>3</sup> Profesor Principal.