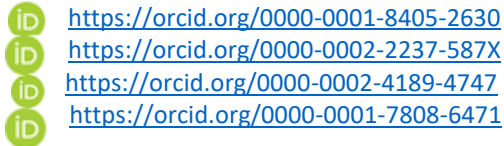


OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE *Festuca humilior* A DIFERENTES INTENSIDADES DE USO Y PRECIPITACIONES EN SIERRA CENTRAL

OPTIMIZATION OF THE PRODUCTIVITY OF *Festuca humilior* AT DIFFERENT INTENSITIES OF USE AND PRECIPITATION IN SIERRA CENTRAL

E. Tito Quispe¹, P. Beltrán Barriga¹, A. Canaza Cayo¹, E. Cañazaca-Choquehuanca*

¹Escuela Profesional de Ingeniería agronómica, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.



RESÚMEN

El objetivo del estudio fue optimizar los cambios en patrones de precipitaciones pluviales e intensidades de uso sobre la productividad de *Festuca humilior*. Se realizó sobre la base de los pesos y volúmenes que se elaboraron ecuaciones alométricas, análisis de regresión lineal y la metodología de superficies de respuesta. *Festuca humilior* mostró reducciones significativas en productividad a intensidades altas y moderadas (80% y 40%) con respecto al control, lo cual muestra una respuesta diferenciada a los niveles de precipitaciones pluviales siendo no significativos. En efecto, la respuesta óptima de 20.21 gMS/Planta en productividad guarda una relación de 0% de nivel de uso con 100% de precipitación pluvial, estos resultados mostraron consistencia debido a la influencia significativa de flujo subterráneo y por las intensidades altas durante la época de lluvia del segundo año. Por lo tanto, *Festuca humilior* es sensible a altas intensidades de uso y tolerante a niveles moderados de precipitaciones pluviales por ende estas características son muy sustancioso para su aplicación en procesos que requieran condiciones menos agresivas.

Palabras clave: *Festuca humilior* Pajonal, utilización, precipitación.

ABSTRACT

The objective of this research was to optimize changes in precipitation patterns and grazing intensities on the productivity of *Festuca humilior*. Based on the weights and volumes, allometric equations, linear regression analysis and response surface methodology were developed. *Festuca humilior* showed significant reductions in productivity at high and moderate intensities of grazing (80% and 40%) concerning the control, which shows a differentiated response to the levels of precipitation, being non-significant. Indeed, the optimal response of 20.21 gMS/Plant in productivity maintains a relationship of 0% grazing level with 100% precipitation, these results showed consistency due to the significant influence of groundwater flow and high intensities during the season. rain of the second year. Therefore, *Festuca humilior* is sensitive to high intensities of grazing and tolerant to moderate levels of precipitation, therefore these characteristics are very substantial for its application in processes that require less aggressive conditions.

Keywords: *Festuca humilior*, grasslands, grazing, precipitation.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la (Organización de las Naciones Unidas, 2005), los pastizales contribuyen dos roles principales como son servicios ambientales y seguridad alimentaria. Entre los servicios ambientales que proporciona el ecosistema de pastizal podemos mencionar que son fuente de alimento, forraje, energía y hábitat de numerosas especies, ya que actúan como regulador del clima, generador de oxígeno, regulador hídrico, reducen la pérdida de agua por escorrentía, y además son agentes importantes en el control de la erosión y de la recuperación de suelos. Por lo tanto, el porqué del estudio es en base a los roles que cumplen la integridad del ecosistema dependerá de los cambios en la estructura y función y como producto final se obtendrá la productividad de especies nativas, siendo evidente los cambios en los patrones de precipitaciones pluviales y el sobrepastoreo cada vez es más intenso.

En el contexto del cambio climático y particularmente los cambios en patrones de precipitación, se puede prever un impacto negativo en la productividad y sostenibilidad de este ecosistema; en consecuencia, es necesario generar información que nos permita estimar la magnitud de los cambios a nivel de la especie vegetal (Quiroga et al. 2005). Los pastizales altos andinos en general son pastoreados con cargas moderadas a pesadas lo que también impacta negativamente a la comunidad vegetal. Por lo tanto, es importante conocer el óptimo uso de precipitación y nivel de uso para poder plantear estrategias que contribuyan a la estabilidad sostenible de *Festuca humilior* en el ecosistema de los pastizales. Las proyecciones de reducción de precipitaciones pluviales para América del Sur, al año 2050 van desde 5-10% y hasta el año 2080 un 20-40% (Yahdjian & Sala, Climate change impacts on South American reingelands, 2008); mientras para los andes centrales del Perú, se prevé una reducción de los niveles de precipitación de 5 a 10% para el año 2030 (Marengo, 2011) y 30% para 2100 (SENAMHI, 2007). Los pastizales altos andinos al ubicarse en áreas de baja

disponibilidad de agua podrían ser impactados negativamente por la reducción de las precipitaciones. A este posible escenario se suman el sobrepastoreo y las prácticas inadecuadas de manejo de pastizales que contribuyen al deterioro del estado de conservación del ecosistema, en consecuencia, a reducir la productividad primaria, situación que representa un gran riesgo para el futuro de ecosistema que por sus características es propenso a desarrollar procesos de desertificación (Bandyopadhyay, 1992) y peligrar su rol ecológico, así como su rol económico y en la seguridad alimentaria por los bienes y servicios que proporciona a la sociedad (Flores, 2016).

La reducción en los patrones de precipitación y el sobre pastoreo puede generar sinergias negativas e impactar significativamente la estructura y su productividad del ecosistema, por lo que la respuesta de *Festuca humilior* contribuirá a diseñar estrategias para lidiar con los posibles escenarios futuros en los que la estructura y funcionalidad de los ecosistemas puedan cambiar considerablemente. En el presente estudio se planteó como objetivos: 1) Determinar el efecto de la intensidad de uso sobre la productividad óptima de *Festuca humilior*. 2) Determinar el efecto de los cambios de patrones de precipitaciones pluviales sobre la productividad óptima de *Festuca humilior*.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la Sociedad Agrícola de Interés Social (SAIS) Túpac Amaru, ubicada en la provincia de Jauja, departamento de Junín, ubicado en la zona central del país, sus coordenadas son 11°57' 16.47" S, 75°42'24.89" O a 4186 msnm, abarca territorios de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes en diversas altitudes, incluyendo valles y punas de la sierra. Pertenece a zona de vida de Paramo muy húmedo – subalpino tropical. La precipitación pluvial promedio anual observada es de 650 mm, a una altitud entre los 3,500 y 4,800 msnm

(Caballero, et al. 2018). La SAIS Tupac Amaru tiene como actividad principal la crianza de tipo extensivo de ganado ovino y vacunos lecheros de raza Brown Swiss (Caballero et al. 2018). Los sistemas extensivos de la SAIS ocupan áreas de pastos naturales. El sistema el pastoreo utilizado es el rotativo; las zonas de pastoreo (canchas) se caracterizan por un cercado parcial o total de las unidades de producción (Nuñez et al. 2006).

Patrones de precipitación pluvial y temperatura

Los patrones de temperatura ambiental corresponden a un clima templado a frío, muestran una temperatura máxima anual que oscilan de 8 a 14°C y temperatura mínima de -1 a 3°C (SENAMHI, 2007). A su vez en la zona de estudio se reportaron temperaturas de suelo 15.6°C promedio para los meses de febrero a mayo, mientras, para los meses de junio a agosto fue de 11°C (Avalos, 2006). Existe una variación significativa de la temperatura del suelo entre la temporada de lluvias y la temporada seca; en cambio, la humedad del suelo oscila entre 21 a 27% durante todo el año, siendo mayor en los meses de enero a mayo; y menor entre junio y noviembre; donde el mes de menor humedad fue junio con 21.3%.

En el estudio se utilizó un pluviómetro para registrar posteriormente graficar las precipitaciones pluviales y temperaturas mensuales durante el periodo (2016 y 2017) (Figura 1).

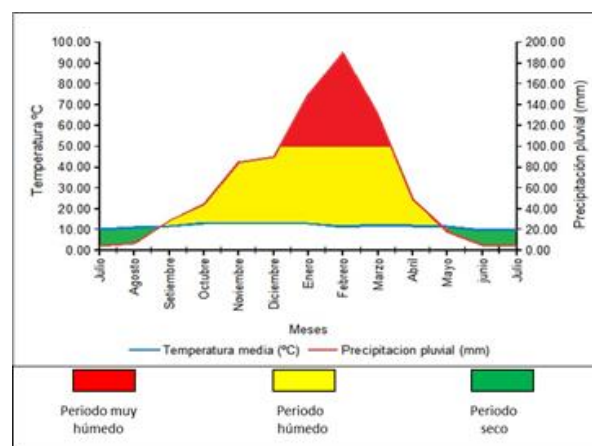


Figura 1. Clima diagrama periodo (2016 a 2017) área de estudio.

Características de la comunidad vegetal

La comunidad vegetal del área de estudio presenta una alta diversidad de especies, en el cual, durante el periodo de estudio, la composición florística estaba constituida de 38 especies vegetales, de los cuales 14 especies corresponderían el 37% a las gramíneas. Las especies más dominantes de la comunidad vegetal fueron: *Festuca humilior* y *Calamagrostis vicunarium*. Las herbáceas son el segundo grupo en importancia con 19 especies que representan el 50% en la estructura de la comunidad vegetal, y finalmente el grupo de pseudogramíneas con 5 especies representa el 13%.

En general los suelos de pastizales tienen una gran capacidad de retener agua gracias al alto contenido de materia orgánica, sin embargo, son deficientes en iones disponibles de nitrógeno debido a las bajas tasas de mineralización que son restringidas por las temperaturas bajas que predominan en estos ecosistemas, por ende, los pastizales de la región Junín, ubicados generalmente por encima de los 3400 msnm, presentan bajos niveles de potasio, fósforo y nitrógeno. En cuanto a la conductividad eléctrica, por lo general no presentan problemas de sales y presentan un pH entre 6.2 a 6.6 (Castañeda & Sanchez, 2007).

TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES

Recorte de la precipitación pluvial.

El estudio involucró la simulación de dos niveles de recorte de precipitación y su control, con este fin se construyeron los “rainout shelters” (interceptores de lluvia). En figura 2 muestran los modelos de interceptores, a través del cual se logra recortar el 30%, es decir llega a la parcela el 70% de la precipitación pluvial que está compuesto de 4 piezas de acrílico. El modelo que intercepta el 60% está formado por 8 piezas de acrílico para simular el escenario de sequía extremo.

Estos interceptores se confeccionaron utilizando piezas de acrílico transparente de 1.85 metros de largo por 11 cm de ancho con una concavidad en todo el largo para poder drenar el agua de lluvia. Los interceptores es una adaptación del modelo diseñado por (Yahdjian & Sala, 2002), se adecuaron a la altura potencial que puede llegar las gramíneas que en su periodo de máximo crecimiento pueden alcanzar 1.3 metros (Tovar, 1993).



Figura 2. Modelos de interceptores (A) 30% y (B) 60% de precipitación pluvial

Intensidad de uso.

Para evaluar la respuesta de *Festuca humilior*, se simularon dos intensidades de uso siendo el 40 y 80% más el control. Para lo cual se identificó una planta de *Festuca humilior* en las que se realizaron las simulaciones a través de cortes manuales en función de la altura de planta, por cuanto la especie difieren en tamaño. Los cortes al año fueron cada cuatro meses, el primer corte en marzo, el segundo en Julio y el tercero en noviembre del 2016, así mismo se repitieron en el año 2017 (figura 3).

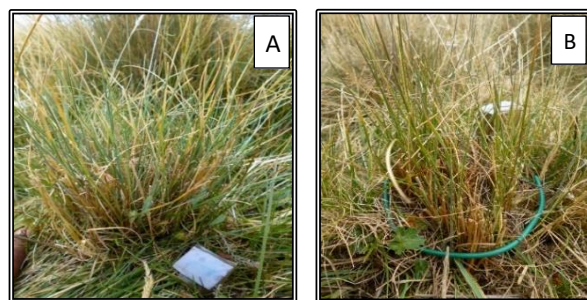


Figura 3. Ilustra la simulación de niveles de uso (A) 40% y (B) 80%

Tratamientos.

Los tratamientos experimentales involucran dos factores. El factor de precipitación pluvial con tres niveles: 100%, 70% y 40% y el factor de intensidad de uso con tres niveles: 0%, 40% y 80%. Los tratamientos que resultan de combinación de factores que vendrían ser 9 tratamientos experimentales.

VARIABLE DE RESPUESTA

Productividad

La productividad definida como peso acumulado por planta entre cortes, fue estimado por alometría a partir de los resultados obtenidos del vigor de *Festuca humilior*. El método indirecto y no destructivo utilizado ayudaron a hacer más eficiente el muestreo por corte directo y permitieron obtener una estimación rápida de la cantidad de biomasa presente en la pradera. El método utilizado se basó en mediciones de altura y peso, para ello se requirió una calibración por corte directo (Castillo et al. 2009).

Para generar la ecuación de predicción de la biomasa se colectaron 70 plantas de *Festuca humilior* que fueron secadas y pesadas en una balanza electrónica. En base a los pesos y los volúmenes se elaboraron ecuaciones alométricas a partir de un análisis de regresión:

$$\text{Peso} = b(\text{volumen}) \pm e$$

De esta forma, se pudo estimar la productividad de *Festuca humilior* en función a su relación peso-volumen. En la cual la ecuación de regresión es el siguiente: Productividad = 0.005*Fehu+2.6681

PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

El diseño experimental Plackett-Burman y el diseño de superficie de respuesta fueron generados y analizados en el software Minitab XIX y Statgraphics Centurión XVI.II (Statpoint Technologies Inc., VA, USA). Así mismo para la validación del modelo a aplicar en el estudio en esta etapa del análisis factorial nos muestran que las pendientes (curvaturas) para variable de respuesta productividad no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). Seguidamente la metodología del Plackett-Burman, nos permite evaluar los efectos de los factores principales, (Briefs, 2013). Finalmente, para la fase de optimización de la productividad se empleó el diseño de superficie de respuesta para lo cual las veinte siete corridas experimentales fueron realizadas en orden aleatorio, con cinco puntos centrales para la estimación de la suma de cuadrados del error (Myers et al. 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los principales factores

En el análisis estadístico, los valores estimados obtenidos fueron de 4.77 a 30.70 gMS/planta de productividad. En base al análisis de varianza y el diagrama de Pareto estandarizado, el factor nivel de uso mostró significancia ($p > 0.05$) mas no precipitación pluvial sobre la productividad como se observa en figura 3, la longitud de la barra y el efecto sobre la variable respuesta, aquella que cruza la línea vertical roja presentan significancia a un nivel de confianza del 95 por ciento (Jayasree et al. 2016).

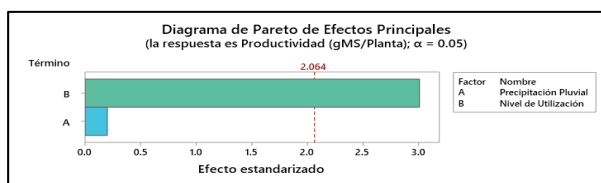


Figura 3. Diagrama de Pareto estandarizado en Productividad

En figura 4 se observa que los efectos principales, muestra sobre la variable respuesta predicha como una función de cada factor experimental. Se observa en productividad en

el cual la precipitación pluvial presenta una pendiente positiva desde nivel (-1 a +1) sin embargo, en nivel de utilización muestran una pendiente muy negativa. Por esta razón y sobre la base de los resultados obtenidos, no sería lógico considerar para la búsqueda de una región de máximo valor en la fase de optimización (Palvannan & Sathishkumar, 2010). El modelo lineal para este diseño, establece una relación entre la actividad de productividad y los factores precipitación pluvial y nivel de utilización; los cuales se representan en la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad (gMS/Planta)} = 19.09 + 0.0108 \text{ PP} - 0.1218 \text{ NU}$$

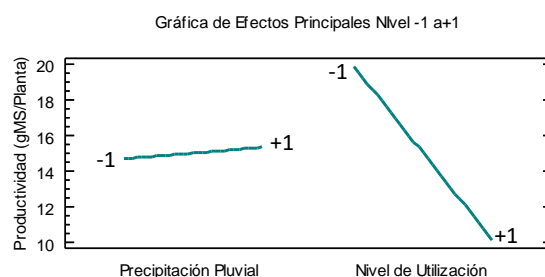


Figura 4. Efectos principales sobre productividad mediante el diseño Plackett-Burman.

La tabla 1 muestra que la productividad disminuyó significativamente a partir de intensidades altas (80%) lo que muestra que este parámetro es el más sensible para monitorear la respuesta al pastoreo en *Festuca humilior*, así mismo se observa que a un nivel de uso moderada (40%) *Festuca humilior* muestra una reducción de 18% en productividad con respecto a plantas no pastoreadas.

Las recomendaciones del nivel de utilización en pastizales sugieren un 50% de nivel de uso como moderado (Huss et al. 1986), intensidad a la cual la planta pastoreada en lugar de reducir su crecimiento, este es estimulado (McNaughton, 1985). Sin embargo, el hecho de que *Festuca humilior* muestre reducciones en productividad a partir de niveles moderados estaría sugiriendo que esta especie no tolera pastoreos intensos, por lo que *Festuca humilior* debería utilizarse en sistemas de baja intensidad y baja frecuencia, para no alterar sus

ritmos de crecimiento, productividad y presencia en el ecosistema. En función de los modelos de respuesta a la intensidad de pastoreo, (Bryske, 1991) plantea que, *Festuca humilior* corresponde al de las especies que reducen su productividad rápidamente al incrementarse la intensidad de uso, comparativamente a especies que mantienen su productividad hasta niveles de uso moderados (50%) y luego decaer.

Tabla 1. Efecto de los niveles de utilización en *Festuca humilior*

Variables de respuestas	Niveles de Utilización		
	0 (%)	40 (%)	80 (%)
Productividad (gMS/Planta)	19.07 ^(a)	15.6 ^(a)	9.32 ^(b)

Letras diferentes en la misma fila son significantes con la prueba Tukey (p<0.05)

Optimización de la productividad de *Festuca humilior*

En base a los valores estimados y observados de 4.77 a 30.70 gMS/planta respecto a las corridas experimentales empleadas. El modelo de la interacción obtenido para este diseño, establece una ecuación:

$$\text{Productividad (gMS/Planta)} = 19.00 + 0.0121 \text{ PP} - 0.120 \text{ NU} - 0.00003 \text{ PP*NU}$$

En el análisis de varianza las precipitaciones pluviales no presentaron significancia (p<0.05). De igual forma puede observarse que la suma de cuadrados del error presenta un valor menor en relación a la suma de cuadrados del total, lo cual indica la correcta reproducibilidad del punto central evaluado (Myers et al. 2009). Además, con respecto al coeficiente de determinación (R²) de la productividad se pudo establecer en 77.79 por ciento de la variabilidad de los resultados es explicado por el modelo de la interacción, mostrando la adecuación del modelo en predecir el efecto de la productividad de *Festuca humilior*. El valor del R² ajustado (72.50 por ciento) fue cercano al del R², indicando que existe correlación entre los valores estimados y observados de las variables de respuestas en la etapa de optimización (Soni et al. 2010)

Análisis de la superficie de respuesta

Se puede observar en Figura 5, para variable productividad, se estima en función del factor nivel de uso que presenta un efecto de tendencia negativa, sobre la base de sus niveles desde 0% hasta 80% generando un decrecimiento de los valores de productividad, por lo que los valores óptimos corresponderían a los más cercanos a su nivel (-1), a diferencia al factor de precipitación pluvial, genera un ligero aumento de los valores de productividad cuando varía desde 40% hasta 100%.

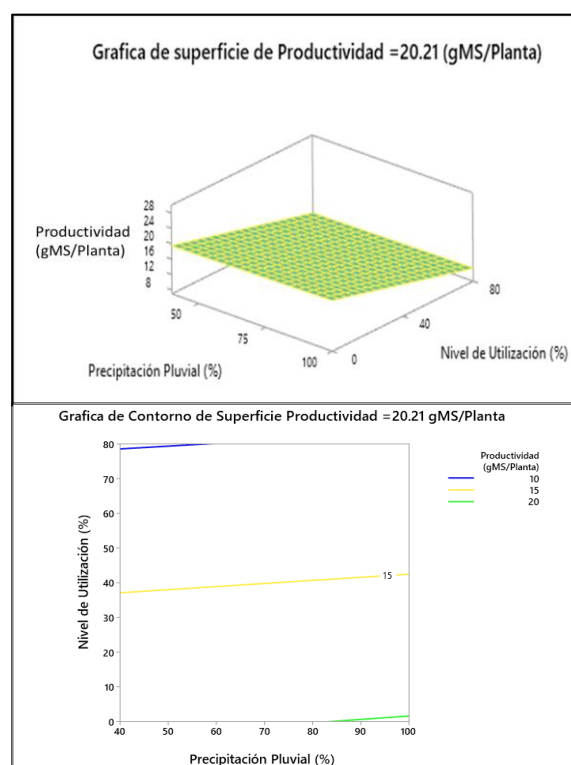


Figura 5. (A) superficie de respuesta y (B) contorno para efectos combinados en productividad de *Festuca humilior*.

Los gráficos de superficies de respuestas observados en conjunto con sus respectivos gráficos de contorno, presentaron formas lineales, lo cual indica los efectos simultáneos de los factores precipitaciones pluviales y nivel de uso sobre las variables respuestas (Myers et al. 2009). Los valores óptimos siendo máximos de la productividad, se dan en condiciones deseables con respecto a los factores como precipitaciones pluviales y niveles de uso. Para lo cual estudios realizados mostraron en la productividad de pastizal de género *Festuca*,

que está controlada por la disponibilidad de agua, así como la frecuencia y severidad de la defoliación. Estos afectan principalmente la estructura y la producción del pastizal (Scheneiter, 2018). Por ende, la humedad media del suelo se relacionó con un aumento de PPNA, pero una mayor variabilidad en la humedad del suelo llevó a la disminución de PPNA (Knapp et al. 2002). Así como en las gramíneas, el crecimiento vegetativo, está asociado a la humedad y solución del suelo, (Bertiller et al. 1991).

Estos resultados fortalecen el planteamiento de la hipótesis que *Festuca humilior* que es sensible a altas intensidades de pastoreo, y tolerantes a niveles moderados de humedad en el suelo. La combinación de estos dos factores de estrés (pastoreo y sequía) puede eventualmente modificar la estructura de la comunidad vegetativa en la que se encuentran las especies perennes. Así mismo, este comportamiento de *Festuca humilior* explicaría una tendencia en el decrecimiento de la composición florística en áreas sobre pastoreadas, lo cual tiene implicancias relacionadas con la calidad del forraje producido (McNaughton & Wolf, 1979). La riqueza de especies claves es un parámetro que se refiere al número de especies que existe en el área y está asociada positivamente con el grado de estabilidad y resiliencia del sistema ecológico, debido a que las especies allí presentes, son el resultado de un proceso de adaptación a las condiciones bióticas y abióticas prevalentes en el ecosistema (Minterio del Ambiente, 2020).

En Tabla 2. Los datos muestran valores óptimos ya sea máximo, mínimo y estimado para variable respuesta, en el cual para productividad requiere una humedad variable, en referencia a niveles de uso, En vista que los reportes de (Condori, 2017), indica que *Festuca dolichophylla* presentaron potenciales hídricos muy alto (muy negativos) de -0,903 MPa a -3,88 MPa, se desarrolla en temperaturas que están en rango de -4,31 a 7,83 °C, pero cabe mencionar que a mayor temperatura la planta presenta un potencial hídrico muy negativo. Lo cual guarda relación

con los resultados, que *Festuca humilior* su crecimiento son menores debido a que en la primera etapa las precipitaciones pluviales son menores con temperaturas altas, a diferencia en la segunda etapa con periodo muy húmedo y con temperatura bajas favoreciendo en el macollamiento y propicia que *Festuca humilior* acumule mayor cantidad de biomasa y que expresen su potencial de crecimiento a mayor porcentaje de humedad en el suelo.

Tabla 2. Valores óptimos en base a combinación de factores.

Parámetros	Estimaciones óptimas	Factores		Valores óptimos
		Precipitaciones pluviales (%)	Nivel de Uso (%)	
Productividad (gMS/Planta)	Máximo	100	0	20.21
	Objetivo	70	15	18.00
	Mínimo	40	80	9.81

Validación del modelo predictivo en la optimización de los efectos nivel de uso y precipitaciones pluviales sobre productividad de *Festuca humilior*.

El análisis de varianza del modelo de las interacciones y los coeficientes de determinaciones obtenido a partir del diseño experimental de superficie de respuesta mencionadas anteriormente. En Tabla 3. Los valores óptimos generados por el software, fueron una relación de 0% de nivel de uso con 100% de precipitaciones pluviales que generó una respuesta máxima de 20.21 gMS/planta de productividad. Para lo cual los valores observados siendo máximos demostraron ser cercanos al estimado por el modelo, los cuales indican que la optimización alcanzada en el presente estudio es confiable para su recuperación de los pastizales de condición pobre y regular (Oosterheld et al. 1999).

Estudios que muestran la magnitud de los efectos de la defoliación en plantas individuales en un pajonal, en el cual se reduce el 52% de la PPNA (Oosterheld et al. 1999). Así como en el estudio de Ferraro y Oosterheld, 2002 de los 85% de los datos de producción total correspondía a los efectos negativos de la defoliación, y en una comunidad de pastizales, el 72% de los sitios presentaban una PPNA reducida por pastoreo con respecto no pastoreo. Entre las similitudes,

tanto de especies individuales como los efectos del ecosistema son con mayor frecuencia negativas.

Tabla 3. Condiciones óptimas de nivel de uso y precipitaciones pluviales para productividad de *Festuca humilior*.

Factor	Valor óptimo (%)	Respuesta óptima
		Productividad (gMS/Planta)
Nivel de Utilización	0	20.21
Precipitación Pluvial	100	

Referente a los estudios simulando escenarios de sequía (Unsihuay, 2017) utilizando el 70% interceptando precipitación en *Festuca dolichophylla* al segundo año visualizó una reducción de 20% en producción. Estos resultados sugieren que *Festuca dolichophylla* serían sensibles a escenarios de sequía que cuando no interviene el factor de intensidad de uso. Así mismo, estudios en estepa Patagónica, experimentos manipulativos demostrando que una sequía de gran intensidad (80% de reducción de la lluvia) causó un 40% de disminución de la productividad primaria respecto de sitios que no sufrieron sequía (Yahdjian & Sala, 2006). Similarmente, según Hoover et al. (2014) al reducir la humedad media del suelo en un 43% y un 56% durante el crecimiento, se redujo la productividad primaria neta aérea en un 60% durante el segundo año en un pajonal.

Sin embargo, en un estudio de investigación de 3 años, mostraron en una disminución de 80% de precipitaciones pluviales dando lugar una reducción de 38% en PPNA con respecto a las parcelas que no habían experimentado una sequía (Lauenroth & Sala, 1992). Cuando las condiciones desfavorables se mantienen en el tiempo, el sistema no parece poder sostenerse, la productividad se reduce. En función de las precipitaciones pluviales del segundo año, la productividad responde de manera lineal, pero evidenciando una reducción de aproximadamente la mitad de la productividad primaria neta aérea en relación del primer año (Massara, 2003).

CONCLUSIONES

1. Los niveles de intensidades de uso presentaron reducciones de mayor magnitud en productividad de *Festuca humilior*, a su vez para su comportamiento óptimo necesitan que las plantas estén sin uso para su recuperación en condición.
2. *Festuca humilior* se comporta como una especie tolerante a niveles moderados de precipitaciones pluviales, además para su comportamiento óptimo de productividad requiere 100% de humedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávalos, O. P. (2006). *Dinámica de la producción forrajera y perfil alimentario de vacas lecheras al pastoreo en una asociación Gramínea – Leguminosa en la sierra central*. 117. Lima, Perú.
- Bandyopadhyay, J. (1992). *Sobre las percepciones de las características de Buenos Aires y de Regional FAO*. Santiago de Chile.
- Bertiller, M. B., Beeskov, A. M., & Coronato, F. (1991). "Seasonal environmental variation and plant phenology in arid Patagonia (Argentina)". *Journal of Arid Environments*, 21.
- Briefs, A. M. (2013). *Experimental design and optimization: Plackett-Burman designs*. Analytical Methods (Vol. 5).
- Bryse, D. (1991). *Developmental morphology and physiology of grasses*. En: *Grazing Management: An Ecological Perspective*. (P. K. Stuth, Ed.)
- Caballero, Z., Pantoja, C., Villacaqui, E., & Morales, S. (2018). *Prevalencia de anticuerpos contra virus de la Enfermedad de la Frontera en ovinos de la raza Junin de Crianza extensiva de la SAIS Tupac Amaru, Junín*. 19(6).

- Castañeda, A., & Sanchez, J. (2007). *“Efecto de una quema controlada en los artrópodos epigeos de pasturas en la Sais Túpac Amaru, Junín – Perú”*. Ecologia Alicada - UNALM.
- Castillo, G., Valles, E., & Jarillo, R. (2009). *En Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano* (págs. 47, 79 - 92). México.
- Condori, R. (2017). *Caracterización del uso de praderas de pastoreo y potenciales hídricos como adaptación al cambio climático en tres comunidades de patacamaya- la paz - Bolivia*.
- Flores, E. R. (2016). *Cambio climático: Pastizales altoandinos y seguridad alimentaria. Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, 2, 73 - 80*. Obtenido de <https://revista.inaigem.gob.pe>
- Hoover, D. L., Knapp, A., & Smith, M. D. (2014). *Resistance and resilience of a grassland ecosystem to climate extremes*.
- Huss, D. L., Bernardón, E. A., Anderson, L. D., & Brun, J. M. (1986). *Principios de Manejo de Praderas Naturales*. Santiago de Chile.
- Jayasree, D., Narasu, M. L., & Meruyu, R. (2016). *Plackett-Burman design for screening media components for alkaline protease production from Streptomyces pulveraceus through solid state fermentation*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 8, 763 - 769.
- Knapp, A. K., Fay, J. M., Blair, S., Collins, M. D., Smith, J. D., Carlisle, C. W., Carron, M. C. (2002). *Rainfall variability, carbon cycling and plant species diversity in a mesic grassland*. 2202 - 2205.
- Lauenroth, W. K., & Sala, O. E. (1992). *“Long-term forage production of north American shortgrass steppe”*. Ecology Applications, 397 - 403.
- Marengo, J. (2011). *“Regional climate modelling in CLARIS-LPB: a concerted approach towards twenty first century projections of regional temperature and precipitation over South America”*.
- Massara, V. (2003). *Efecto de la variabilidad interanual de las precipitaciones sobre la productividad primaria neta aérea en una estepa gramínea pastoreada por ovinos*. Buenos Aires, Argentina.
- McNaughton, S. J. (1985). *“Ecology of a grazing ecosystem: The Serengeti”*. Ecological Monographs .
- McNaughton, S. J., & Wolf, L. L. (1979). *General Ecology*. (2da. ed.).
- Ministerio del Ambiente. (2020). *Evaluación del estado de conservación y estrategias de manejo de los ecosistemas de la microcuenca Cojup – Huaraz*. Lima.
- Myers, R., Montgomery, D., & Anderson-Cook, C. (2009). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization using design experiments*. New Jersey: Wiley 1.
- Núñez, E.; Yaranga, R.; Zubieta, R.; (2006). *Antecedentes generales de la ganadería en el valle del Mantaro: Manejo de riesgos de desastres ante eventos meteorológicos extremos en el valle del Mantaro*. 2.
- Oesterheld, M., Loreti, J., Semmartin, M., & Paruelo, J. M. (1999). *Grazing, fire, and climate as disturbances of grasslands and savannas*. (E. o. ground, Ed.)
- Organización de las Naciones Unidas. (2005). *Sistema de las Naciones Unidas en el*

Peru. Recuperado el 09 de 10 del 2012, de objetivos del desarrollo del Milenio.

primary production response to water availability in the Patagonian steppe". Ecology, 952 - 962.

Palvannan, T., & Sathishkumar, P. (2010). *Production of laccase from Pleurotus florida NCIM 1243 using Plackett-Burman design and response surface methodology (Vol. 4).*

Quiroga, A., Ribera, J., & Morláns, M. (2005). *Efecto del sobrepastoreo en un pastizal de altura. Argentina.*

Scheneiter, J. O. (2018). *XVIII Reunión Anual de Festuca Forrajeras: El manejo del pastoreo para optimizar la productividad de pasturas de festuca alta.*

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Centro de Predicción Numérica – CPN., (2007). *“Escenarios de cambio climático en la Cuenca del río Mantaro para el año 2100”.*

Soni, R., Asiya, N., & Chadha, B. S. (2010). *Optimization of cellulase production by a versatile Aspergillus fumigatus Fresenius strain (AMA) capable of efficient deinking and enzymatic hydrolysis of solka floc and bagasse.*

Tovar, C. (1993). *“Las Gramíneas (Poaceae) del Perú”. Monografía del Real Jardín Botánico Ruizia: Real Jardín Series. CSIC Press.*

Unsihuay, P. F. (2017). *Respuesta de pastizales de la sierra central (Junín) a cambios en patrones de precipitación. Lima, Perú.*

Yahdjian, L., & Sala, O. E. (2008). *Climate change impacts on South American rangelands.*

Yahdjian, L., & Sala, O. E. (2002). *A rainout shelter design for intercepting different amounts of rainfall, august.*

Yahdjian, L., & Sala, O. E. (2006). *“Vegetation structure constrains*