

RELACIONES SUELO-COMUNIDAD VEGETAL EN PASTIZALES DEL ALTIPLANO SUR PERUANO

SOIL-PLANT COMMUNITY RELATIONSHIPS IN NATIVE GRASSLANDS OF THE SOUTHERN PERUVIAN ALTIPLANO

J.B. Astorga- Neira¹¹

¹ Departamento de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

RESUMEN

Las comunidades vegetales representativas de los pastizales nativos del Altiplano encima de los 3900 m. de altitud, en la zona norte del Lago Titicaca (14° 17' L.S. 70° 45' L.W.) son diferenciadas en consideración al tipo de cobertura vegetal predominante y a la importancia que representan para el pastoreo tradicional de la ganadería regional. No obstante, la información referente a su capacidad productiva y las características de los suelos que mantienen a estos pastizales, es escasa o aun inexistente. El presente estudio se condujo en cuatro comunidades vegetales dominadas por *Festuca dolichophylla* "Chilliguar", *Calamagrostis antoniana* "Phorke", *Festuca dichoclada* "Yurac ichu" y *Calamagrostis amoena* "Kheña", para determinar las características físico químicas de los suelos y sus relaciones con la productividad de la vegetación nativa evaluada en términos del forraje que aportan las diferentes especies del pastizal a la biomasa aérea anual y total, disponible para el pastoreo en una base productiva estacional; en la perspectiva de incrementar su potencial productivo. Los resultados del estudio permiten concluir, que la composición vegetal y la producción en cada sitio de pastoreo, guarda relación con las características del suelo; sin embargo, la producción forrajera es variable y está en relación directa con la composición botánica, la proporción de biomasa permanente, las condiciones climáticas y la acumulación de humedad en los suelos. La biomasa promedio (Kg MS /Ha) de forraje anual, registrado a través de la estación de crecimiento para el espectro total de las especies del pastizal, fue variable tanto en la aportación por especies como en la materia seca epigea total acumulada. Registrando al final de la estación de crecimiento una producción promedio de 1958 kg/ha para el pastizal de "Phorke"; 1238 kg/ha para el pastizal de "Chilliguar"; 1341 kg/ha para el pastizal de "Yurac ichu" y una producción de sólo 626 kg/ha para el pastizal de "Kheña".

Palabras clave: Altiplano, Tititacaca, suelos, pastizales, composición vegetal, materia seca anual.

ABSTRACT

The representative vegetation of native grasslands communities in the high plateau above 3900 m of altitude, at the northern zone of Lake Titicaca (14° 17' L.S. 70° 45' L.W.) are differentiated by the type of the predominant vegetation and their importance for traditional grazing of regional livestock. Even though, the information related to their productivity and the characteristics of soils that preserve these grasslands, is scarce or even non-existent. The

¹¹ Juan B. Astorga Neira, PhD. Docente Principal a D.E. del Departamento de Agronomía y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional del Altiplano, Av. Sesquicentenario N° 1150 - Puno, Puno-Perú. (051) 599430, E-mail: jbastorganei@hotmail.com

present study was conducted in four plant communities dominated by *Festuca dolichophylla* "Chilliguar", *Calamagrostis antoniana* "Phorke", *Festuca dichoclada* "Yurac ichu" and *Calamagrostis amoena* "Kheña"; to determine the physico-chemical characteristics of the soils and their relationships with the productivity of the native vegetation, evaluated in terms of the forage with which contribute the different species of the grassland to the annual and total aboveground biomass available for grazing in a seasonal productive basis; in the prospect of increasing their productive potential. The results of the study allow to conclude, that the plant composition and production of each grazing site, is related to the characteristics of the soil; however, forage production is variable and is in direct relation to the plant species composition, the ratio of standing biomass, the climatic conditions and the accumulation of moisture in the soil. Average biomass (Kg DM /Há) of annual forage, registered through the growing season for the total spectrum of grassland species, was variable both in the contribution by species and the total dry matter accumulated aboveground. At the end of the growing season the average annual production was 1958 kg/ha for the grassland of "Phorke"; 1238 kg/ha for the grassland of "Chilliguar"; 1341 kg/ha for the grassland of "Yurac ichu" and a production of only 626 kg/ha for the grassland of "Kheña".

Key words: High plateau, Tititacaca, soils, grasslands, plant composition, annual dry matter.

1. INTRODUCCIÓN

Los paisajes son formados procesos que tienen un contexto planetario, regional y local, que es consecuente con la fisiografía y la cobertura vegetal de las tierras, influenciadas por fenómenos que actúan tanto a escalas espaciales diferenciadas y sobre periodos de tiempo que varían desde unos pocos segundos hasta miles de años para algunos procesos geológicos y evolutivos. (Ritcher, 2009).

Para el caso de esta investigación es necesario focalizar sobre la presencia y adaptación de las especies vegetales nativas que conforman las cuatro comunidades (sitios) de pastizales del Altiplano Sur Peruano, cuyos orígenes y prevalencia tienen que ver con el aislamiento biogeográfico de América del Sur del continente Africano que se habría iniciado hace 135 Ma y completado hace 65Ma, con la formación y ensanchamiento del fondo marino del Atlántico (Press, F. and Siever, R. 1978).

Aislamiento que habría concluido según la revisión reciente de Schmitd (2007) con la emergencia del Istmo de Panamá, que ocurrió hace 2.5 Ma, cerrándose así la conexión de las aguas superficiales de ambos océanos Atlántico y Pacífico; y permitiendo en cam-

bio el paso de la fauna y flora entre los continentes Norteamericano y Sudamericano, dando lugar a la migración terrestre de mayor significancia de mamíferos desde el hemisferio norte hacia Sud América.

Referente a la vegetación, el contacto entre América Central y América del Sur, es aparente que disminuyó el endemismo en ambas áreas y la Paleo flora perdió sus rasgos diferenciales entre ambos continentes (Burham, 1999). Esto explica la presencia de varios géneros de especies de las zonas templadas de América del Norte en los Andes Centrales de América del sur, específicamente sobre el Altiplano Sur Peruano.

El presente artículo documenta el efecto de los suelos y las variaciones de los patrones climáticos en la productividad estacional de cuatro sitios de pastoreo del Altiplano Sur Peruano: 1) sitio dominado por *Festuca dolichophylla* "Chilliguar", sobre áreas de planicie y suelos de la serie de Pucará (profundos pardos rojitos, de textura arcillo-arenosa y estructura granular); 2) sitio dominado por *Calamagrostis antoniana* "Phorke", en áreas depresionadas más bajas, sobre suelos de la serie Sorani (profundos, pardos oscuros, de textura limosa); 3) sitio denominado por *Fes-*

tuca dichoclada "Yurac ichu", cubriendo las áreas colinosas bajas sobre suelos de la serie Pusi (bien drenados pardo-rojizos y textura franco-arenosa); y 4) Sitio denominado por *Calamagrostis amoena* "Kheña" en áreas colinosas próximas a los contrafuertes cordilleros del este, sobre suelos de la serie Jacco (superficiales residuales, de textura franco-arenosa-arcilloso).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está localizado en los Centros Experimentales Chuquibambilla (3910 m) y La Raya (4300 m) de propiedad de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicados en el Departamento de Puno, Provincia de Melgar (14°17' L.S. 70°45' L.W.); con una extensión aproximada de 3000 y 5,470 ha respectivamente, dedicadas a la crianza de vacunos-ovinos y alpacas en forma correspondiente, mayormente al pastoreo sobre pastizales nativos. La condición de los pastizales puede ser considerada como buena en ambos Centros y sujetos a un pastoreo estacional continuo.

La fisiografía del área ha sido modelada por los movimientos tectónicos que ocurrieron durante el Cenozoico. El desarrollo de los suelos de planicie y aquellos con pendientes menores al 15% son mayormente de origen Cuaternario, formados a partir de material parental de origen aluvio lacustre y aluvial local (Series Pucará y Sorani). Los cerros y colinas (Serie Pusi y Jacco) corresponden en cambio a épocas geológicas más antiguas y están formadas por areniscas y suelos superficiales desarrollados sobre morrenas glaciares del Cuaternario. (ONERN-CORPUNO, 1965).

La clasificación Ecológica y el clima de los sitios de estudio corresponden en el caso de Chuquibambilla a la zona de vida Bosque Húmedo Montano Sub Tropical, con una biotemperatura media anual máxima de 12.9°C y una media anual mínima de 6.5°C, una precipitación total anual promedio entre 410 y 1,119 mm; la evapotranspiración

potencial se estima en 1/2 a 1.0 de la precipitación pluvial; el clima corresponde al tipo semi-seco frío (ONERN,1976). Para el caso de La Raya, según la misma fuente de referencia por su ubicación entre altitudes de 3900 a 4500 m., es clasificada dentro de la zona de vida Páramo Muy Húmedo-Sub Alpino Sub Tropical, con una biotemperatura media anual máxima de 6.9°C y mínima de 4.6°C, un rango de precipitación anual promedio variable entre 513.4 a 1088.5 mm. La evapotranspiración potencial se estima entre 1/4 a 1/2 de la precipitación anual. El clima es tipificado como extremadamente frío (ONERN-CORPUNO (1965).

La vegetación corresponde a cuatro comunidades de pastizales diferenciadas en base a la especie predominante: 1) Pastizal de "Chilliguar" dominado por *Festuca dolichophylla*, asociada con *Muhlenbergia*, *Carex* y *Trifolium*; 2) Pastizal de "Phorke" dominado por *Calamagrostis antoniana*, asociada con *Carex* y *Poa*; 3) Pastizal de "Yurac Ichu" dominado por *Festuca dichoclada*, asociada con *Stipa* y *Margiricarpus*; y 4) Pastizal de "Kheña" dominado por *Calamagrostis amoena* asociada con *Stipa*, *Valeriana* y otras hierbas. Todos los pastizales en condición buena y por esto con una capacidad de carga de 2 U.O/ha/año para los dos primeros y de 1 U.O/ha/año para los dos pastizales de áreas colinosas.

La identificación de las unidades de muestreo de vegetación para cada cosecha-corte se hizo al azar, cosechando un total de 30 unidades de muestreo por época (meses), correspondientes a 15 unidades por bloque dentro de una clausura exenta de pastoreo de 2500 m². El tamaño de bloques (2) fue de 361 m². El sorteo para la elección de las unidades de muestreo, incluyendo las seis épocas mensuales (Diciembre a Mayo) se hizo al inicio del experimento, identificando con una varilla metálica de un color diferente cada una de las 30 parcelas a cosechar por época en ambos bloques.

El muestreo de vegetación se hizo utilizando un marco metálico de 0.5 m² (1.0 x 0.5 m) de área y tijeras de esquila de ovinos. El procedimiento en cada caso fue como sigue: a) identificación de las 30 unidades de muestreo en los dos bloques y emplazamiento de las bolsas de polietileno numeradas en cada bloque; b) corte a 2 cm. De altura de la vegetación contenida en cada unidad de muestreo y colección de muestras individuales en cada bolsa c) selección al azar de dos muestras por bloque y determinación inmediata del peso de biomasa aérea anual y permanente por especies (estufa a 65°C hasta obtener peso constante) y registro d) determinación de la biomasa anual y permanente de las 26 muestras restantes siguiendo el procedimiento descrito en (c).

Las muestras de suelo fueron igualmente obtenidas al azar a una profundidad de 25cm, removiendo primero la cobertura vegetal cada sitio antes del muestreo. Se tomaron 12 muestras por época (enero a mayo) utilizando un cilindro muestreador de 145 cc. De estas muestras en cada una de las 5 épocas, cuatro se utilizaron para la

determinación de humedad, cuatro para la densidad aparente (DA) y densidad real (DR) y cuatro para la determinación del pH. Adicionalmente se construyeron calicatas para cada uno de los sitios con el fin de estudiar el perfil modal y determinar sus propiedades y clase textural.

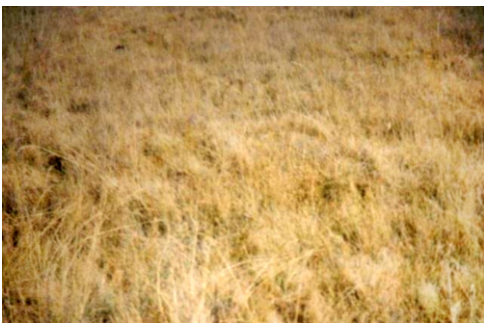
La serie del suelo, sus características y sus efectos sobre la vegetación fue determinado mediante la medición de materia seca epigea anual, total y por especies, disponible en cada época de evaluación y para cada tipo de pastizal. Para determinar la relación suelo-comunidad vegetal se utilizó el análisis de correlación entre las características del suelo (pH y humedad) y los rendimientos de materia seca por unidad de superficie. El grado de dependencia del rendimiento de materia seca respecto a las características del suelo, fue estimado en base al análisis de regresión. Para efectos de la confiabilidad de los resultados se realizaron pruebas de “t” para encontrar los límites de confianza para la disponibilidad forrajera utilizando las tres especies representativas de cada tipo de pastizal.



Fotografía 1. Chillihuar (*Festuca dolichophylla*)



Fotografía 2. Chillihuar (*Festuca dolichophylla*)



Fotografía 3. Phorke (*Calamagrostis antoniana*)



Fotografía -4. Phorke (*Calamagrostis antoniana*)



Fotografía 5. Yurac ichu (*Festuca dichoclada*)



Fotografía 6. Yurac Ichu (*Festuca dichoclada*)



Fotografía -7. Kheña (*Calamagostis amoena*)



Fotografía 8 -. Kheña (*Calamagostis amoena*)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Las condiciones climáticas

Son referidas a la precipitación pluvial registrada en las Estaciones Meteorológicas de Chuquibambilla y La Raya, permiten aseverar que la distribución de la precipitación promedio mensual durante el periodo de estudio fue similar en el sitio experimental de Chuquibambilla totalizando 769 mm para el año de 1982, frente al promedio de años previos (737 mm). Los mismos parámetros muestran para el sitio de La Raya donde la precipitación anual totalizó 887 mm frente al promedio de 943 mm, registrado en años previos, durante el periodo experimental las lluvias fueron disminuidas entre enero y febrero y se incrementaron en Marzo alcanzando 205 mm frente al promedio de 170 mm registrado en años previos.

El patrón de temperaturas registrado en Chuquibambilla alcanzó una máxima anual promedio de 16°C para el año de 1982, ligeramente superior al promedio de 15.8°C de los

años previos, en forma correspondiente las Temperaturas mínimas registradas fueron de -1.2°C frente a -2.0°C registrado en años previos. Los registros meteorológicos en La Raya, reportaron una máxima anual de 13.6°C y una mínima de -1.7°C para el año experimental ligeramente inferior a la máxima anual promedio 14.2°C y la mínima de -1.6°C de años previos.

3.2 Suelos y procesos edáficos

Los procesos geomorfológicos que dan forma a las características fisiográficas de las tierras se originan de la interacción de los patrones climáticos con los materiales groseros iniciales que son provistos por el tectonismo y el volcanismo. Los estudios de Clapperton (1993) señalan que encima de los 3500 m las formas fisiográficas de los Andes son el producto de las condiciones glaciales o periglaciales ocurridas durante el Pleistoceno, de modo que los glaciares esculpieron las rocas y formaron los valles glaciales en U; depositando además los materiales erosionados como morrenas; mientras que los

procesos fluvioglaciales formaron las planicies y el viento se encargó de transportar y depositar el material sedimentario particulado.

No obstante que la geología y el clima influyen la estructura física y los procesos químicos que ocurren en la estructura de la capa superficial del suelo; para el caso del presente estudio según los datos resumidos en la Tabla-1, no es posible realizar generalizaciones referente a los suelos bajo estudio, debido a que los resultados obtenidos del análisis físico químico realizado, no siempre son coincidentes con los reportados previamente por ONERN-CORPUNO (1965) al caracterizar las Series de suelos del Altiplano Sur Peruano.

Debido al rango extenso de afloramientos de rocas y las condiciones climáticas del área determinadas por la Altitud, Latitud, Longitud, y la orientación de la pendiente (Astorga, 1982); acaso es suficiente aceptar que los afloramientos de granitos, andesitas, calizas sedimentarias y rocas metamórficas están en el Altiplano ampliamente esparcidos y cada una de ellas provee elementos minerales diferentes para el desarrollo de los suelos. Al respecto Birkeland (1999) sobre las propiedades particulares de los suelos que causan efectos específicos sobre los organismos vivos, sostiene que son derivados a partir de las diferencias topográficas del sitio, los patrones de humedad y temperatura, y la influencia de la biota relacionada con tales regímenes. No obstante, es posible afirmar que los suelos de la serie Sorani según la caracterización realizada por ONERN-CORPUNO (1965) tienen mejores características físico-químicas-biológicas frente a los suelos más profundos y bien drenados de la serie Pucará ubicados en las zonas adyacentes de Planicie.

Respecto a los suelos colinosos de la Serie Pusi y Jacco, donde el último aparece según la Tabla-1, con mejores características físico-químicas, es obvio que por su ubicación en el borde cordillerano del Este en un ambiente frígido, tiene un desarrollo incipiente, tal que el horizonte A1, (10-15 cm) da paso a los

horizontes (AC)1 y (AC)2, que alcanzan unos 70 cm de profundidad a partir del cual se inicia en horizonte C. En forma relativamente diferente los suelos de las colinas bajas agrupados dentro de la serie Pusi, pardo rojizos y de textura franco arenosa, se muestran mejor desarrollados diferenciándose el Horizonte A1 (0-25 cm), horizonte B(25-50 cm) y el horizonte C(50-150cm) en el límite de la zona de enraizamiento, estas características adicionadas a las condiciones climáticas más benignas que ocurren el área, serían concurrentes para explicar la mayor producción de biomasa epigea obtenida de estos pastizales, considerando que ambas laderas de los últimos sitios colinosos están orientadas al sur-oeste.

3.3 La vegetación natural

Las plantas pertenecientes a la diversidad de especies vegetales existentes sobre una región, pueden autosegregarse, segregarse espacialmente: formando por esto comunidades y coberturas vegetales distintas sobre sitios específicos adyacentes, en correspondencia con las diferencias medio ambientales más prominentes, como el régimen de humedad de los suelos que aparte de generar y mantener comunidades vegetales diferenciadas mantienen también zonas de transición o ecotonos.

En forma colectiva, este conjunto de procesos biofísicos crean el patrón de distribución general de las comunidades de pastizales del presente estudio que se muestran en la Tabla -2; aclarando sin embargo, que las comunidades de pastizales naturales podrían mostrarse diferentes al reportado, para un patrón climático particular, elevación y tipo de suelo; si se ha ocasionado una perturbación reciente o sostenida sobre el área, lo cual incluye el efecto del uso de tierras por el hombre mediante el pastoreo racional, sobre pastoreo o la agricultura como es el caso de los pastizales de las planicies “Chilliguar” y “Phorke”; que sin lugar a dudas juega un rol importante, tanto en forma aislada como en conjunto con otros factores físicos y biológicos, para determinar el tipo de vegetación.

Tabla-1. Propiedades físicas y químicas de los suelos de Chuquibambilla y La Raya

VARIABLES	SERIES DE SUELOS			
	Pucara	Sorani	Pusi	Jacco
pH Serie (1)	5.8	7.6	6.4	6.7
Serie (2)	7.2	6.2	6.6	5.5
CaCO ₃ (%)	0.0	12.2	0.0	0.0
	0.17	3.25	0.0	0.0
M.O. (%)	4.02	9.65	1.79	3.24
	4.26	3.29	2.04	7.68
N. Total (%)	0.224	0.534	0.080	0.148
	0.136	0.157	0.090	0.349
CIC (me/100gr)	7.7	42.96	11.20	13.76
	42.0	25.10	21.00	19.50
Cationes cambiables:				
Ca (me/100 g)	5.40	38.10	7.20	12.10
Mg	30.00	25.00	15.80	10.80
	1.20	1.75	0.54	0.83
K (me/100 g)	9.20	7.80	3.26	2.80
Al	0.82	0.40	0.24	0.22
	0.00	0.00	0.00	2.10
Nutrientes disponibles:				
P ₂ O ₅ (Kg/ha)	37.0	180.0	80.0	120.0
(ppm)	5.5	3.5	5.0	3.0
K ₂ O (Kg/ha)	300.0	370.0	272.0	136.0
(lb/acre)	150.0	120.0	185.0	70.0
Análisis mecánico:				
Arcilla (%)	17.4	30.0	12.0	28.0
	36.5	31.5	24.9	16.5
Arcilla (%)	40.6	34.0	62.0	48.0
	53.4	56.3	64.3	65.0
Limo (%)	42.0	36.0	26.0	24.0
	10.2	11.8	10.7	18.5
Clase Textural	Franco	Franco	Fr- arenoso	Fr- arc-aren
	Arc-aren	Arc-aren	Fr-arc.arn	Fr-aren

Fuente: (1) ONERN-CORPUNO (1965)

(2) Presente estudio, Laboratorio de Análisis de suelos Convenio Perú- Canadá, Salcedo-Puno.

Tal es el caso del sobre pastoreo de los pastizales denominados por *Festuca dolichophylla* tipificados como “Chilliguares”, caracterizados por la presencia de gramíneas altas y cortas postradas que da el paso al incremento de gramíneas postradas C₄, como *Muhlenbergia fastigiata*, *Paspalum pigmaeun*, o algunas *Cyperaceas* como *Eleocharis*, que son de poco valor forrajero (ver Tabla-2) y provocar finalmente la invasión de especies nativas como el *Stipa ichu* o de especies introducidas como el *Pennisetum clandestinum* otra planta C₄. Esta situación se encuentra igualmente ligada a la posibilidad de la expansión de algunas especies nativas leñosas de *Margi-*

ricarpus, *Senecio*, *Parastrephia* o *Festuca orthophylla*, que por su carácter leñoso correo-so, no son consumidos por los animales y por esto tienden a expandirse rápidamente en las áreas sobre pastoreadas, debido a su reproducción vía vegetativa, por semillas o ambos.

Es posible que el pastizal de *Calamagrostis antoniana* “Phorke”, que alcanza la máxima productividad de biomasa epigea en el presente estudio, con un rango de “producción anual” de 828 kg MS/ha en Diciembre hasta 2983 kg MS/ha en la cosecha de Mayo (Tabla -2), constituya el mejor pastizal evaluado, cuya capacidad productiva sería expli-

Tabla -2. Disponibilidad forrajera anual promedio de seis cosechas mensuales (Dic-Mayo, 1982) (Kg/ha MS) en los Pastizales de planicies y áreas colinosas del Altiplano.

ESPECIE FORRAJERA	“Chilliguar”	“Phorke”	“Yurac ichu”	“Kheña”
Gramíneas:				
<i>Calamagrostis antoniana</i>	74.3	684.5	--	--
<i>Festuca dolichophylla</i>	981.3	605.3	--	--
<i>Festuca dichoclada</i>	--	--	1253.3	--
<i>Calamagrostis amoena</i>	--	--	--	485.5
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	72.1	20.1	5.7	--
<i>Poa gymnantha</i>	44.4	61.0	12.4	3.1
<i>Poa gilgiana</i>	--	266.7	--	--
<i>Stipa mexicana</i>	--	--	--	71.1
<i>Stipa brachiphylla</i>	--	--	0.7	--
<i>Agrostis tolucensis</i>	0.1	--	--	0.6
<i>Aciahe pulvinata</i>	--	--	--	4.7
<i>Muhlenbergia peruviana</i>	--	--	--	3.5
<i>Hordeum muticum</i>	10.2	11.2	--	--
Cyperaceas:				
<i>Carex ecuadorica</i>	49.1	272.2	13.3	--
<i>Scirpus rigidus</i>	--	--	--	8.8
Arbustos:				
<i>Margaricarpus strictus</i>	--	--	17.2	--
<i>Baccharis serpilifolia</i>	--	--	--	1.5
Hierbas:				
<i>Trifolium amabile</i>	5.4	--	10.8	--
<i>Gnaphalium sp.</i>	--	--	6.2	10.1
<i>Gnaphalium sp.</i>	--	--	--	1.2
<i>Luzula peruviana</i>	--	--	--	1.7
<i>Bidens andicola</i>	--	--	2.3	--
<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	--	--	--	1.5
<i>Valeriana sp.</i>	--	--	--	1.1
<i>Vicia andicola</i>	--	--	8.6	--
<i>Notoscordum sp</i>	--	--	0.3	--
<i>Werneria nubigena</i>	--	--	--	0.5
Otras gramíneas y hierbas	1.1	36.7	6.0	10.4
TOTAL(prom.Kg/ha MS anual)	1237.0	1957.7	1340.8	626.4
Rango de disponibilidad	668±5.3 (Dic)	828±7 (Dic)	1128±9(Dic)	457±8(Dic)7 3
Mensual MS anual Kg/Ha	1584±14 (Mar)	2983±14(My)	1538 ±8(Abr)	751±8 (Fbr)

Fuente: (1) ONERN-CORPUNO (1965).

(2) Presente estudio, Laboratorio de Análisis de suelos Convenio Perú.

cada por su composición vegetal que incluye plantas suculentas con una mayor capacidad fotosintética como *Poa spp.* y *Carex ecuadorica*, que constituyen algo de un tercio de la producción anual total, y por la mayor dotación de humedad que recibe, aparte del efecto atemperante de las superficies húmedas donde se establece, añadidos por condiciones fisicoquímicas que se muestran más favorables en los suelos que las subyacen (Tabla-1).

En el caso de la comunidad de *Festuca dichoclada* “Yurac ichu” el pastizal es virtualmente mono específico, puesto que esta especie contribuye con el 93.5 % de la producción de biomasa seca epígea. Sin embargo se trata de una especie xerófitica poco deseable para los herbívoros que se desarrolla en suelos relativamente superficiales con una limitada capacidad de retención de agua (9.09% en promedio para toda la estación de crecimiento en el presente estudio) de manera

que la precipitación de lluvias intensas no pueden ser retenida por el suelo, a lo cual contribuye su bajo contenido de materia orgánica según los datos de la Tabla-1 con un rango variable entre 1.79 a 2.04 % , el más bajo en los pastizales evaluados. Por estas condiciones es aparente que su desarrollo sea más favorecido en presencia de precipitaciones bajas y el consumo esporádico de los animales al pastoreo durante la época lluviosa.

En los flancos cordilleranos en la base de los nevados de La Raya, donde se estableció el campo experimental para el estudio de la comunidad de *Calamagrostis amoena* "Kheña", los sitios adyacentes se caracterizan por la presencia de sustratos rocosos. La vegetación sobre estos suelos es relativamente esparcida. A juzgar por el tipo de vegetación y los datos meteorológicos, las condiciones medioambientales físicas son más duras, debido a las temperaturas bajas, vientos fuertes, baja tensión del vapor de agua en la atmósfera y sobre todo las limitaciones en las tasas de evapotranspiración, que sólo alcanzan de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ de la precipitación pluvial que ocurre sobre el área. Con excepción de dos especies *Poa gilgiana* y *Gnaphalium* sp. que forman parte de la composición vegetal que ocurre en los pastizales de "Yurac ichu", de las colinas bajas (Tabla-2), las demás especies son diferentes y por esto ambas comunidades vegetales son similares.

Esta diferencia encuentra explicación para los pastizales de *Calamagrostis amoena* "Kheña" en los cambios extremos de temperaturas diarias que ocurren sobre el área y especialmente por la presencia de cristales de hielo que producen procesos localizados de crioturbación, dando lugar a un tipo de formas de vida y composición vegetal diferenciados (Monasterio, 1986; Perez, 1987). La misma explicación se hace extensiva para las tasas de producción disminuidas durante el periodo experimental (Tabla -2), alcanzando los rangos más bajos entre los cuatro pastizales evaluados con apenas 457 kg/ha de MS

(Dic.) a 751 Kg/ha de MS (Feb.), que en términos reales representa menos del 50% de la producción anual de Materia Seca anual obtenida en las áreas colinosas bajas en los pastizales de "Yurac ichu".

Respecto a la composición florística se hace referencia que tales elementos presentes actualmente en los altos Andes habrían inmigrado recientemente y tendrían alguna relación con los taxa de altitudes más bajas y con linajes de origen temperado o de distribución pan tropical (Tate and Simpson, 2003). Los géneros predominantes en estas altitudes corresponden a *Azorella*, *Baccharis*, *Draba*, *Gentianella*, *Lachemilla*, *Nototriche*, *Senecio*, *Valeriana*, *Calamagrostis*, *Festuca* y adicionalmente *Poa* como una especie gramínea importante para el pastoreo.

3.4 La acumulación de biomasa epigea

Es probable que una de las contribuciones más importantes del presente estudio, sea la determinación de las fracciones de biomasa anual y biomasa permanente de los pastizales, que explican en una forma fehaciente las diferencias en la productividad y el nivel de fertilidad de los suelos en función a la mayor o menor permanencia de los tejidos vegetales en la superficie del suelo. Según los datos incluidos en la Tabla-3, en los pastizales más productivos de *Calamagrostis antoniana*, la biomasa permanente acumulada (BP) promedio de cosechas mensuales sólo representa el 38.5 %, diferente al pastizal de *Festuca dolichophylla* en donde representa el 51.5 % y más aún en el caso de los pastizales de *Festuca dichoclada* y *Calamagrostis amoena*, excede o se aproxima al 60 % de modo que la fracción porcentual restante (48.46, 61.46;33.75 y 42.20%) corresponden a la biomasa anual producida sobre el pastizal. Aunque no existen estudios que expliquen estas diferencias en los pastizales nativos del Altiplano, las tasas disminuidas de descomposición de la biomasa muerta o curada en pie juegan un papel determinante en el aplazamiento del retorno de la materia orgánica y

de los nutrientes al suelo y con ello influyen la dinámica productiva de las especies vegetales. Este hecho se sustenta además con los cambios en la acumulación de biomasa total del pastizal de *Festuca dolichophylla*, registrados en el presente estudio, que permanece constante a través de 5 de las 6 épocas de evaluación e incluso disminuye respecto a la cosecha inicial, demostrando que sólo existe un reverdecimiento del pastizal pero no un incremento real de materia seca, como si ocurre en el pastizal de *Calamagrostis antoniana*.

4. CONCLUSIONES

Para las condiciones climáticas registradas durante el periodo de estudio en las dos zonas evaluadas, que se mostraron similares a las registradas en periodos previos tanto en cantidad y distribución de lluvias como en los patrones de temperaturas medias mensuales y anuales, que dan confiabilidad a los resultados reportados, se concluye,

1. Sobre características físicas y químicas de las cuatro series de suelos bajo estudio ubicados en las inmediaciones del Altiplano y el borde de la cordillera Andina del Este, debido a que los resultados de los análisis no son coincidentes in extenso con el referente estable-

cido previamente por ONERN-CORPUNO (1965), sólo se puede aseverar que los afloramientos de granitos, andesitas, calizas sedimentarias y rocas metamórficas se encuentran ampliamente esparcidas sobre el Altiplano, y cada uno de ellos provee elementos minerales diferentes para el desarrollo de los suelos.

2. Que la composición vegetal determinada en base a la contribución de biomasa anual y permanente de las especies que conforman los pastizales nativos en estudio, guardan similitud entre las comunidades de *Calamagrostis antoniana* y *Festuca dolichophylla* de las planicies con la única diferencia de que 1/3 de la composición vegetal de la primera está constituida por especies de alto valor forrajero, incluyendo especies de *Poa* y *Carex*. La comunidad de *Festuca dichoclada* ubicada en las áreas colinosas bajas puede ser tipificada como mono específica, en razón a que el 93 % de la biomasa anual corresponde a la especie referida. La comunidad de *Calamagrostis amoena* en el borde de la cordillera del Este no guarda similitud con ninguna de las comunidades del Altiplano, y es la menos productiva.

Tabla-3. Biomasa forrajera total (Kg/ha MS) y proporciones porcentuales de biomasa anual y permanente en cuatro comunidades de pastizales nativos del Altiplano. (Periodo de lluvias)

Pastizales con Predominio de	Biomasa	Dic.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Promedio
Festuca dolichophylla. "Chilliguar"	B.T.(Kg)	2599.7	2223.0	2449.2	3212.2	2456.1	2385.4	2554.10
	B.A. (%)	23.7	51.6	51.1	49.3	53.3	61.5	48.46
	B.P. (%)	74.3	48.4	48.9	50.7	46.7	38.5	51.54
Calamagrostis antoniana. "Phorke"		2491.1	2686.7	2801.6	3152.2	3911.0	4068.0	3185.20
		33.2	57.9	63.5	64.5	65.6	73.3	61.46
		66.8	42.1	36.5	35.5	34.4	26.7	38.54
Festuca dichoclada. "Yurac ichu"		5043.5	3940.5	4049.9	3681.3	3589.2	3529.0	3972.23
		22.4	32.0	31.9	38.2	42.9	40.1	33.75
		77.6	68.0	68.1	61.7	57.1	59.8	66.25
Calamagrostis amoena. "Kheña"		1135.9	1140.5	1767.1	1758.4	1529.1	1571.4	1483.70
		40.2	48.6	42.5	38.6	37.7	47.0	42.20 ⁷⁵
		59.8	51.4	57.5	61.4	62.2	53.0	57.78

Fuente: Velarde y Astorga (1984) B.T. _Biomasa total ; B.A. _Biomasa anual; B.P._Biomasa permanente

3. La comunidad vegetal de *Calamagostis antoniana* es la única de las cuatro evaluadas en donde la biomasa epigea permanente es menor al 39 % y la biomasa anual alcanza el 61 %, generando un incremento neto en la biomasa acumulada a través de las 6 épocas de evaluación, en el resto de las comunidades la biomasa permanente excede el 51 % y alcanza hasta el 61 % en la comunidad de *Festuca dichoclada* y los incrementos durante el periodo de crecimiento son negligibles o aun inexistentes cambiando sólo la fracción de la biomasa anual, significando que la tasa de reciclaje de la materia y de nutrientes al suelo es limitado, con implicancias para la productividad neta del pastizal.
- 5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**
- Astorga J.B.(1982) *Plant Adaptations Patterns in the Tropical Andes*, University of Wyoming, Laramie WYO. U.S.A.
- Birkeland P.W. (1999) *Soils and Geomorphology*. 3rd.Edition. Oxford University Press, New York.
- Burham, R. (1999) *The history of neotropical vegetation*. New developments and status. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 86:546-589.
- Clapperton C. (1993) *Quaternary Geology and Geomorphology of South America*. Elsevier. Amsterdam.
- Monasterio M. (1986) *Adapative strategies of Espeletia in the Andean desert paramo*. In F.Vuilleumier and M. Monasterio (Editors) *High Altitude Tropical Biogeography*. Oxford University Press, New York, 49-80.
- ONERN-CORPUNO (1965) Programa de Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales del Departamento de Puno.
- ONERN-PERU (1976) Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa-. ONERN, Lima.
- Perez, F.L. (1987) *Needle-ice activity and the distribution of stem-rossette species in a Venezuelan paramo*. *Arctic and Alpine Research*, 19: 135-153.
- Ritcher M. (2009) *To what extent do natural disturbances contribute to Andean Plant diversity A theoretical outline from the Wettest Wettest and driest parts of the tropical Andes*. *Adv Geosci*, 22 :95-105,2009.
- Tate, J. and B.B. Simpson (2003) *Paraphyty of Tarasa (Malvaceae) and diverse origins of polyploid species*, *Systematic Botany* 28: 723-737.
- Velarde, R. y J.B. Astorga (1984). *Relaciones Suelo-Planta en praderas Alto-andinas en el sur del Perú* (Vol I. pp. 17-35). Investigaciones sobre Pastos y forrajes de Texas Tech University en el Perú. Vol I: 17-35.