

Caracterización bromatológica de especies forrajeras nativas (pastos y arbustos) de la ecoregión del altiplano, esenciales en la alimentación de los camélidos

Genaro Condori Choque^{1*}

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Departamental Oruro, Calle Santa Cruz N° 345. Oruro, Bolivia.

* e-mail: gencond@hotmail.com

Resumen

Se ha realizado la caracterización bromatológica de muestras de especies nativas (pastos y arbustos) de cinco regiones del altiplano, cuyas variables analizadas fueron: materia seca (%MS), proteína bruta (%PB), fibra cruda (%FC) extracto etéreo (%EE), energía, Fibra detergente Neutro (%FDN) y Fibra detergente ácido (%FDA). El análisis estadístico se realizó bajo los métodos de Componentes Principales (ACP) y el Análisis de Conglomerados Jerárquico (ACJ). El análisis de correlaciones demostró que las especies que presentan altos valores de %MS, muestran alto %FC, %FDN y %FDA. Las especies que presentan altos valores %PB muestran altos %Cz. Las correlaciones inversamente proporcionales indican que a mayor valor de %PB menor valor de %FC, %FDN y FDA. Las variables de mayor aporte positivo al primer componente principal (CP1) son %FC, %FDA y %FDN y con una contribución opuesta %EE y energía. La variable de mayor aporte al CP2 son %PB y %Cz y de manera opuesta las variables %MS y Energía. El ACJ diferenció 6 Clases, la Clase 1 agrupa a las especies que contienen altos % de EE y energía y son *B. incarum*, *P. lepidophylla*, *P. quadrangularis* y *L. Castellani*. La Clase 3, agrupa a las especies que presentan un nivel intermedio de fibra, proteína bruta, %FDA y %FDN, y agrupa a *A. pinnata*, *P. tubulosa*, *O. andina*, *A. spinosissima* y *A. melanthes*. Las especies con altos %PB son *T. pasacana* y *D. muscoides*, y pertenecen a la Clase 5. Las especies más fibrosas pertenecen a la Clase 6 representados por *D. vicunarum*, *Stipa obtusa*, *F. rigescens*, *Festuca sp.*, *F. orthophylla* y *S. ichu*. En conclusión las especies que presentan una calidad de nutrientes promisorio para la alimentación de camélidos pertenecen a la Clase 3.

Palabras clave: Caracterización, Bromatológica, Pastos y Arbustos Nativos, Componentes principales, ACJ.

Abstract

Was realized the bromatological characterization of samples of native species (grasses and shrubs) in five regions of the Altiplane, the variables analyzed were: dry (% MS), crude protein (% PB) crude PB), crude fiber (%FC) ether extract (%EE), energy, detergent fiber neutral (%NDF) and acid detergent fiber (%ADF). The statistical analysis used was principal components analysis (PCA) and the hierarchical cluster analysis (HCA). Correlation analysis showed that the species that have high values of %MS, show high %FC % NDF and %ADF. The species that have high values %PB shows high %Cz. Inversely proportional correlations indicate that higher value %PB lower value %FC, % NDF and %ADF. The biggest positive contribution to the first principal component (PC1) variables are % FC, FDA % and %NDF and with an opposite contribution %EE and energy. The biggest contribution to the CP2 variable are %PB and %Cz and in a way opposite the variable %MS and energy. The HC analysis differed 6 Classes, Class 1 brings together species that contain high %EE and energy and are: *B. incarum*, *P. lepidophylla*, *P. quadrangularis* and *L. Castellani*. Class 3, gathers the species that have an intermediate level of fiber, crude protein, % FDA and % NDF, and brings together *A. pinnata*, *P. tubulosa*, *O. andina*, *A. spinosissima* and *A. melanthes*. Species with high PB % are *T. pasacana* and *D. muscoides*, and belong to the Class 5. The more fibrous species belong to the Class 6, represented by *D. vicunarum*, *Stipa obtusa*, *F. rigescens*, *Festuca sp.*, *F. orthophylla* and *S. ichu*. In conclusion the species that have promising quality of nutrients for feeding camelids belong, to the Class 3.

Keywords: Characterization, Bromatological, Grasses and shrubs natives, Principal components, Hierarchical cluster.

Introducción

La producción animal alcanza su máximo rendimiento biológico cuando el ganado responde de manera positiva a tres factores, la potencialidad genética de la población, el aporte de nutrientes de los recursos alimenticios y el medio ambiente que rodea a la población. En el ganado el proceso fisiológico de ingestión, procesamiento, asimilación, transformación, síntesis de tejido y excreción son factores que están relacionados con la calidad del forraje y el aporte de nutrientes de los alimentos.

En el altiplano boliviano se presenta como un potencial económico productivo importante la crianza de camélidos sudamericanos domésticos, cuya alimentación se basa exclusivamente en pastos y arbustos nativos que en diferentes regiones está constituido por especies de crecimiento bajo o postrado sobre todo en bofedales que contienen espacios inundados de agua. En otras regiones la alimentación se basa en arbustos de porte erecto o semierecto, el consumo de estos pastos y/o arbustos por parte de los camélidos son selectivos, las llamas prefieren pastos más toscos, macollados y de porte alto los mismos que son generalmente de baja calidad nutritiva, mientras que el comportamiento de la alpaca depende de las circunstancias, en algunas ocasiones es más parecido a la llama y en otras más parecido al ovino lo cual lo hace más versátil, sin embargo tiene preferencia por especies herbáceas (Yaranga 2009), el mismo autor señala que la calidad nutricional de los alimentos consumidos varía de acuerdo a la época del año, siendo de mejor calidad en época lluviosa y de baja calidad en época seca.

La calidad de los forrajes varía en función a la especie época y nutrientes del suelo, Baldelomar *et al.* (2010), establecen que desde el punto de vista práctico, el valor nutritivo de

una especie forrajera depende básicamente de los porcentajes de proteína y de carbohidratos, o bien de la disponibilidad de ambos nutrientes en términos de digestibilidad, Swift y Sullivan (1970) citado por Baldelomar *et al.* (2010).

Existen otras especies vegetales forrajeras que son muy fibrosas y por tanto su digestibilidad estará en función de la cantidad y calidad de fibra que posee. Por tanto a mayor contenido de fibra y a menor calidad de la misma, menor será la digestibilidad del forraje (Bassi 2008). Según el mismo autor establece que cuanto mayor sea el contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN) de un forraje menor será su digestibilidad. Sin embargo también dependerá del grado de lignificación de la pared celular de la planta forrajera. De manera que la digestibilidad estará determinada por la cantidad de Lignina en Detergente Acido (LDA) y Fibra Detergente Acido (FDA).

De la amplia diversidad de especies vegetales, algunas tienen la particularidad de fijar nitrógeno atmosférico, entre estas existen arbustos forrajeros que han sido escasamente investigados, pese a la urgente necesidad de proteína para los animales domésticos. Es importante este grupo de especies vegetales pues han desarrollado distintos mecanismos biológicos para la captación del nitrógeno atmosférico que circula en los poros del suelo y de otros minerales, los cuales después del proceso de asimilación están disponibles en las partes aéreas de la planta como proteína vegetal que puede ser consumido por los animales y estos sintetizar sus propias proteínas a partir de estas especies vegetales.

Todas las especies animales buscan en la cadena trófica las fuentes aminadas como algo insustituible para la supervivencia del individuo y del grupo genético que representan. Por lo tanto, los herbívoros perseguirán

preferiblemente a las plantas que mayor oferta de sustancias nitrogenadas tengan en sus tejidos (Nuñez *et al.* 2013).

Se puede considerar entonces que las especies vegetales forrajeras pueden clasificarse en grupos de alta y baja calidad, la diferencia entre ambas están determinadas por el contenido de proteína en el tejido consumible (Lascano *et al.* 2002, citado por Canchila *et al.* 2009).

El análisis bromatológico de las especies permite conocer la calidad de cada una de las mismas como forraje y su oferta potencial en función a sus propiedades y calidad de nutrientes. Por tanto el objetivo del presente estudio es caracterizar especies de pastos y arbustos nativos, de cinco regiones del altiplano (5 Unidades Productivas de Conservación), en función a la calidad nutritiva de sus componentes presentes determinado a través de un análisis bromatológico, asimismo

determinar especies promisorias y potenciales para la alimentación de los camélidos.

Materiales y métodos

Localización

Para el estudio se ha realizado la colecta de muestras de especies nativas de las Unidades Productivas de Conservación de camélidos y pastos nativos que el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) a través de la Dirección Nacional de Investigación y la Unidad de Recursos Genéticos ha implementado en distintas regiones del altiplano. Las UPC's se localizan específicamente en cuatro lugares, Llica - Potosí, Sajama - Oruro, Quetena – Potosí, y Calientes – Cochabamba. Adicionalmente se colectó muestras de Rosario – Potosí. Las características climáticas y altitudes son detalladas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características climáticas y altitud de las zonas de recolección de muestras

Comunidad	Municipio y Departamento	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m.)	Temperatura media (°C)	Precipitación media (mm)
		Latitud sur	Longitud oeste			
Challacollo	Llica – Potosí	19°46'14.02"	68° 21'40.29"	3693	8.8*	135.9*
JilaUta Collana - Sajama	Curahuara de Carangas - Oruro	18° 8'41.51"	68° 57'51.70"	4245	5.3*	331.9*
Quetena Grande	San Pablo de Lípez – Potosí	22° 16'46.94"	67° 21'49.79"	4249	5.8*	294.6*
Rosario	San Agustín – Potosí	21° 34'35.79"	67° 17'3.34"	3837	7.7*	170.9 *
Calientes	Cocapata - Cochabamba	16° 58'33.85"	66° 33'20.66"	4430	8.5†	485.4†

* SENAMHI Est. Llica (1993-1998), Est. Sajama (1975-1985), Est. Sn Pablo de Lípez (2002 – 2013), Est. San Agustín (2003 – 2013)

† AGRUCO (2006).

Metodología de análisis de laboratorio

La recolección de muestras se realizó en época húmeda entre los meses de diciembre 2013

a febrero del 2014. Se ha recolectado partes apicales de ramas y hojas terminales de cada especie, tratando de simular al ramoneo y consumo de los camélidos adultos, en el caso

de la especie *Trichocereus pasacana*, se ha colectado la parte floral pues resulta ser muy palatable para las llamas de la región.

Posteriormente para el análisis bromatológico las muestras fueron trasladadas a los laboratorios de nutrición animal de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias de la Universidad Mayor de San Simón.

Variables analizadas

Se ha realizado el análisis bromatológico en veintiséis muestras de especies vegetales para determinar la composición química nutricional de las especies, para lo cual se han empleado los siguientes métodos:

- Análisis proximal o sistema de Weende, para

determinar materia seca, extracto etéreo, proteína bruta, ceniza y fibra cruda.

- Van Soest, para determinar la Fibra detergente neutro(FND) y la Fibra detergente acida (FDA)
- Bomba calorimétrica para determinación de la energía.

Las variables cuantitativas consideradas en el presente estudio son las siguientes: porcentaje de materia seca (%MS), porcentaje de proteína bruta (%PB), porcentaje de fibra cruda (%FC) porcentaje de extracto etéreo (%EE), energía en Kcal/100g (Energía), porcentaje de Fibra detergente Neutro (%FDN) y porcentaje de Fibra detergente ácido (%FDA). Las muestras fueron colectadas de las UPC's y regiones que se observan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Colecta de muestras por región y/o Unidad Productiva de Conservación

Especie	UPC y/o región	Especie	UPC y/o región
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	Llica, Potosí	<i>Distichia muscoides</i>	Sajama, Oruro
<i>Lampaya castellani</i>	Llica, Potosí	<i>Deyeuxia sp</i>	Sajama, Oruro
<i>Fabiana densa</i>	Llica, Potosí	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Sajama, Oruro
<i>Baccharis incarum</i>	Llica, Potosí	<i>Stipa obtusa</i>	Calientes, Cbba
<i>Adesmia spinosissima</i>	Llica, Potosí	<i>Alchemilla pinnata</i>	Calientes, Cbba
<i>Adesmia melanthes</i>	Llica, Potosí	<i>Festuca sp</i>	Calientes, Cbba
<i>Chuquiraga atacamensis</i>	Llica, Potosí	<i>Plantago tubulosa</i>	Calientes, Cbba
<i>Parastrephia lucida</i>	Llica, Potosí	<i>Deyeuxia vicunarum</i>	Calientes, Cbba
<i>Junellia seriphioides</i>	Llica, Potosí	<i>Stipa ichu</i>	Calientes, Cbba
<i>Trichocereus pasacana</i>	Llica, Potosí	<i>Festuca rigescens</i>	Calientes, Cbba
<i>Festuca orthophylla</i>	Sajama, Oruro	<i>Deyeuxia sp</i>	Quetena, Potosí
<i>Deyeuxia vicunarum</i>	Sajama, Oruro	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Rosario, Potosí
<i>Oxichloe andina</i>	Sajama, Oruro	<i>Parastrephia quadrangularis</i>	Quetena, Potosí

Análisis estadístico

La información primaria obtenida fue analizada a través del método multivariante de Componentes Principales (ACP) y la clasificación de los individuos mediante el Análisis de Conglomerados Jerárquico (ACJ) empleando como medida de disimilitud la distancia euclidiana y el método de Ward como algoritmo de ligamiento.

Las variables cuantitativas que se utilizaron para el ACP fueron aquellas que presentaron un coeficiente de variación superior al 20%. Debido a que esta medida de dispersión relativa define más intrínsecamente la magnitud de la variabilidad de los caracteres y facilita la comparación de la variabilidad de una misma característica en los grupos de accesiones o de caracteres medidos (Hidalgo 2003).

Resultados y Discusión

Al análisis de correlación de las variables cuantitativas los resultados muestran que existen una correlación positiva significativa entre %MS y %FC, lo cual significa que a mayor %MS las especies tienden a presentar también mayor %FC. A mayor %PB mayor % de Ceniza, y a mayor %FC las especies presentan mayores concentraciones de %FDA y %FDN. Asimismo a mayor %EE (grasa) mayor es la energía que desprende a la bomba calorimétrica (Cuadro 3).

Existen correlaciones negativas significativas entre %MS y %PB, significa que las especies que presentan altos porcentajes de MS presentarían bajas concentraciones de %PB y % Cz. Por otro lado a mayor %FC menor es la proporción de %EE y de Energía y por tanto a menor %EE mayores son los valores de %FDA y %FDN lo que significa que las especies con bastante fibra tienen menor grasa y por tanto baja energía siendo una relación inversamente proporcional (Cuadro 3).

Cuadro 3. Matriz de correlación (Pearson)

Variables	% MS	% PB	% FC	% EE (grasa)	Energía (Kcal/100g)	% Cz	%FDA	%FDN
% MS	1							
% PB	-0,713	1						
% FC	0,491	-0,352	1					
% EE (grasa)	-0,046	-0,030	-0,474	1				
Energía (Kcal/100g)	0,154	-0,214	-0,567	0,567	1			
% Cz	-0,601	0,413	-0,107	-0,176	-0,626	1		
%FDA	0,347	-0,272	0,858	-0,518	-0,661	-0,003	1	
%FDN	0,286	-0,157	0,913	-0,547	-0,689	0,085	0,831	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

El Análisis de Componentes Principales (ACP) permitió establecer un total de tres factores que explican el 86.7% de la variabilidad total entre las diferentes especies nativas

(Cuadro 4) destacándose el primer y segundo componente que aportan con un 47% y 31% respectivamente.

Cuadro 4. Valores propios y proporción de la varianza explicada por CP

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valor propio	3,839	2,485	0,614	0,521	0,241	0,185
Variabilidad (%)	47,982	31,059	7,669	6,508	3,018	2,315
% acumulado	47,982	79,041	86,710	93,218	96,236	98,551

La Componente Principal 1 (CP1), explica la variabilidad existente entre las especies nativas según el contenido de fibra y energía analizadas en sus partes consumibles, así las variables %FC, %FDA y %FDN contribuyen en mayor medida a la CP1 porque presentan una alta correlación con la misma, también contribuyen aunque en sentido opuesto, las variables %EE y Energía (Cuadro 5). La CP2 explica la variabilidad que se presenta entre especies de acuerdo al contenido de proteína, materia seca, cenizas totales y energía, las

variables %PB y %Cz contribuyen de manera significativa a la CP2, por la alta correlación con la misma, asimismo las variables %MS y Energía aportan a la CP2 pero de manera contraria (Cuadro 5).

El análisis de conglomerados con base en el análisis de componentes principales permite diferenciar 6 Clases diferentes del grupo analizado de acuerdo a la composición química nutricional de cada especie (Figura 1 y 2).

Cuadro 5. Correlaciones entre las variables y los factores

Variables	F1	F2
% Materia Seca Total	0,398	-0,825
% Proteína bruta	-0,284	0,769
% Fibra Cruda	0,940	-0,178
% Extracto Etéreo (grasa)	-0,661	-0,277
Energía (Kcal/100g)	-0,735	-0,607
% Ceniza	0,069	0,854
%FDA	0,926	-0,036
%FDN	0,937	0,063

Las especies que pertenecen a la Clase 1, están estrechamente relacionados con la variable energía (Figura 1) y a la comparación de valores medios estos se caracterizan por presentar el valor más alto de energía desprendida (520.1 Kcal/100g). Asimismo este grupo presenta

5.1% de EE y 16.3% de FC. (Cuadro 6). En esta Clase se encuentran las especies denominadas tólas *B. incarum*, *P. lepidophylla* (con sus dos ecotipos: Rosario y Sajama), *P. quadrangularis* (con sus dos ecotipos: Llica y Quetena) y *L. Castellani* (Figuras 1 y 2).

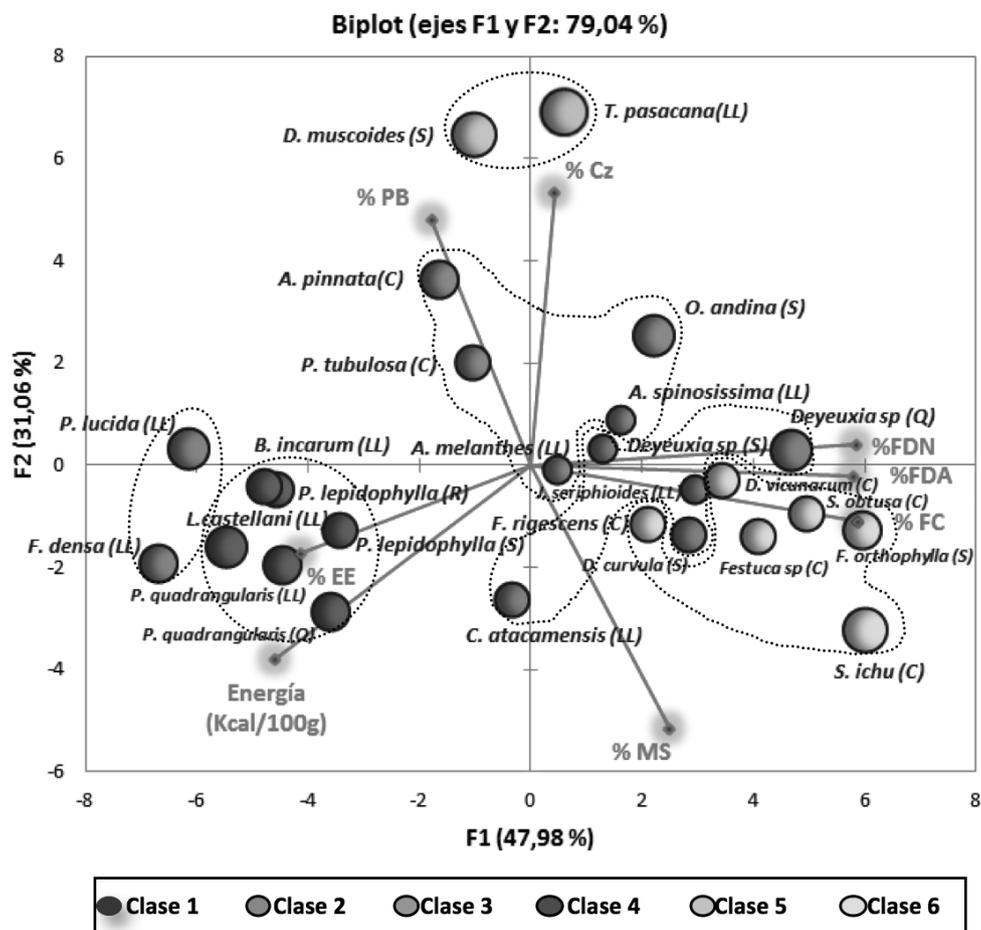


Figura 1. Distribución de especies según el análisis bromatológico y su relación con las variables

De acuerdo al Cuadro 7, se determina un valor de 521.2 Kcal/100g para la *B. incarum* ecotipo Llica, este valor es superior a 400 Kcal/100g reportado por Ayangma y Herve (1995) para la misma especie. Para la *P. lepidophylla* ecotipos Sajama y Rosario se ha determinado un valor de energía bruta de 525.3 y 521.8 Kcal/100g respectivamente (Cuadro 7), los cuales son levemente superiores al reporte de Ayangma y Herve (1995) que indican un valor de 506.3 Kcal/100g para esta especie de la comunidad de Pumani, situada en la provincia Aroma, del departamento de La Paz.

Con referencia a las astereaceas para la *P. quadrangularis* ecotipo de Llica y Quetena se han obtenido valores de 6.8 y 6.0 de %EE,

respectivamente (Cuadro 7), estos valores son superiores a 3.5% de EE, reportado por Genin *et al.* (1995) e inferior a 14.9% de EE reportado por Paca *et al.* (2003). Para la *P. lepidophylla* ecotipos Sajama y Rosario se ha obtenido 3.1 y 5.6 %EE respectivamente (Cuadro 7), estos son valores superiores a 2.7% de EE reportado por Genin *et al.* (1995) y Abasto (1993) referido por Alzerreca *et al.* (2002) e inferior a 18.9 %EE reportado por Paca *et al.* (2003). Asimismo para la especies *B. incarum* ecotipo de Llica se ha obtenido un valor de 4.3 %EE (Cuadro 7), el cual es inferior a 20.8%EE, valor reportado por Paca *et al.* (2003) y superior al valor promedio de 3.6 %EE reportado por Genin *et al.* (1995). El reporte de los últimos autores refiere un muestreo de las tres especies

en la región de Turco, Oruro para la época húmeda. Las diferencias bien marcadas con Paca *et al.* (2003) se deben probablemente al método de determinación del %EE o grasa, a la

época de recolección de la muestra y al medio ambiente que influye en los componentes de las especies

Cuadro 6. Valores promedios de variables estudiadas por Clase o grupo

Clases	%MS	%PB	%FC	%EE (grasa)	Energía (Kcal/100g)	%Cz	%FDA	%FDN
C-1	61,67	7,16	16,36	5,15	520,18	4,88	24,55	31,98
C-2	54,24	8,62	14,04	16,87	499,67	6,79	25,12	30,54
C-3	50,37	10,66	25,77	2,54	413,91	7,30	41,32	52,37
C-4	80,07	5,16	32,96	4,43	417,14	9,04	42,00	61,45
C-5	15,59	12,37	22,31	2,13	367,52	17,43	34,40	59,86
C-6	77,76	6,57	41,61	2,11	425,99	4,56	47,51	80,37

Para la *P. quadrangularis* ecotipo de Llica se ha obtenido un valor de 18.5% de FC (Cuadro 7) el cual es inferior al reportado por Genin *et al.* (1995) que indican un valor promedio de 21.9 para esta especie sin embargo es similar a la *P. quadrangularis* ecotipo de Quetena (22,1 %FC) (Cuadro 7). Los valores hallados para los ecotipos de Llica y Quetena (*P. quadrangularis* ecotipo) son inferiores al reporte de Paca *et al.*

(2003) quienes indican un valor promedio de 27.7 %FC. Para la *P. lepidophylla*, ecotipos Sajama y Rosario se han obtenido valores de 16.4 y 18.2 %FC respectivamente (Cuadro 7), los cuales son inferiores a los reportados por Genin *et al.* (1995) y Abasto (1993) citado por Alzerreca *et al.* (2002), que indican un valor de 19.1%FC así como el reporte de Paca *et al.* (2003) cuyo valor es 32.8 %FC.

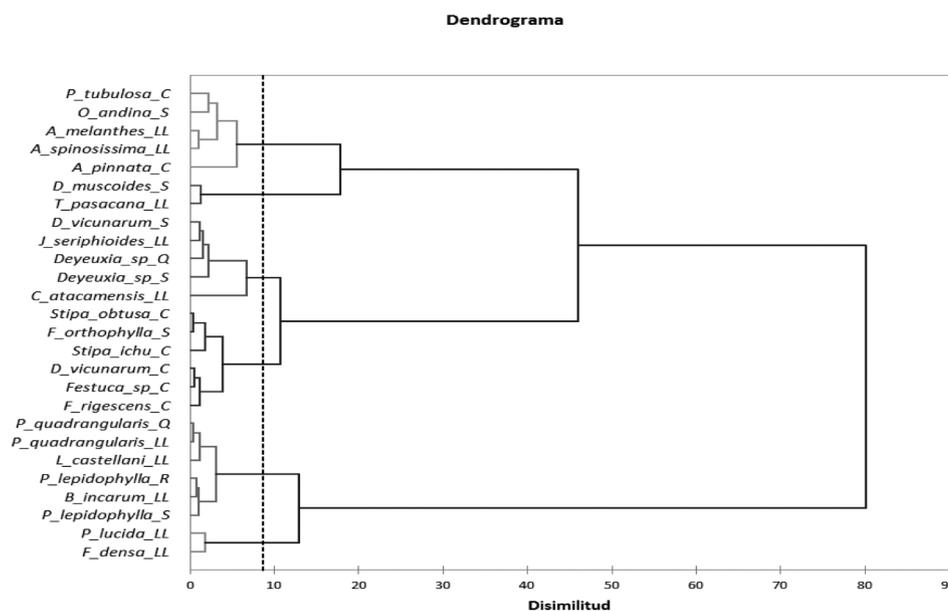


Figura 2. Clasificación jerárquica de pastos y arbustos nativos

Cuadro 7. Valores promedios del análisis bromatológico de especies

Especie	%PB	%FC	%EE (grasa)	Energía (Kcal/100g)	%Cz	%FDA	%FDN
<i>P. quadrangularis</i> (Llica)	6,2	18,3	6,3	520,2	4,4	23,4	30,4
<i>P. quadrangularis</i> (Queten)	4,4	22,1	6,0	524,8	4,3	26,1	30,4
<i>P. lepidophylla</i> (Sajama)	8,6	16,4	3,1	525,3	3,9	25,2	47,5
<i>P. lepidophylla</i> (Rosario)	10,3	18,2	5,6	521,8	5,2	24,5	30,2
<i>B. incarum</i> (Llica)	7,8	12,2	4,3	521,2	6,7	27,2	30,9
<i>A. spinosissima</i> (Llica)	10,0	32,5	2,1	420,1	5,2	48,4	52,1
<i>D. muscoides</i> (Sajama)	12,6	21,8	2,7	362,8	17,4	29,7	50,7
<i>A. pinnata</i> (Calientes)	15,3	20,0	3,4	403,6	9,3	30,5	51,1
<i>P. tubulosa</i> (Calientes)	9,2	17,6	2,5	422,9	7,5	39,9	45,8
<i>F. orthophylla</i> (Sajama)	6,2	46,3	2,0	418,8	6,2	51,2	90,6
<i>S. ichu</i> (Calientes)	2,6	43,0	1,6	428,2	2,6	54,2	86,4

Para la especie *B. incarum* ecotipo Llica se ha obtenido un valor de 12.2 %FC el cual es inferior a 22.3 %FC según Paca *et al.* (2003) y 15.3 % de FC reportado por Genin *et al.* (1995). Los valores indicados por los últimos autores se basan en un muestreo de las tres especies en la región de Turco, Oruro para la época húmeda. Las diferencias observadas entre los componentes químico - nutricionales son atribuibles al efecto del medio ambiente que influye de manera directa en los componentes de cada ecotipo.

La Clase 2, está estrechamente relacionado con la variable %EE, pues presentan los valores más altos (16.8%) (Cuadro 6), en esta Clase se encuentran las especies *P. lúcida* y *F. densa*. Estas dos primeras clases presentan como propiedad intrínseca de las especies el potencial en cuanto a ser considerados como fuentes energéticas en la alimentación por el alto valor de %EE (Figuras 1 y 2).

La Clase 3, es un grupo que presenta cierta relación con las variables de %PB y %Cz.

Agrupar a especies que se caracterizan por presentar un promedio de 10.6% de PB, 25.7% de FC y 2.5% de EE, dentro de esta Clase se encuentran las especies *A. pinnata*, *P. tubulosa*, *O. andina*, *A. spinosissima* y *A. melanthes* (Figuras 1 y 2).

Al respecto de las especies de la familia fabáceas, se ha determinado un valor de 10.0 %PB para la *A. spinosissima* (Cuadro 7) el cual es levemente inferior al reporte de Genin *et al.* (1995) que indican un promedio de 11.4 %PB. Respecto al %FC para la misma especie se ha obtenido un valor de 32.5% el cual es superior a 29.6 de %FC reportado por Genin *et al.* (1995). Para la misma especie se ha obtenido un valor de 2.1% de EE el cual es similar a 2.2% EE valor reportado por Genin *et al.* (1995).

Para la especie *A. pinnata* ecotipo Calientes se ha obtenido un %PB de 15.3 (Cuadro 7), este valor es levemente superior a 14.7% de PB según Villarroel (1997) citado por Siguyro (2008), para la misma especie se ha obtenido

un 20.0% de FC que es superior al reportado por el autor anterior, que indica 18.4% de FC. Para la especie *P. tubulosa* ecotipo de Calientes, Cochabamba se ha obtenido un valor de 9.2% de PB este valor es inferior a 17.7, valor reportado por Apaza (2006). Para la misma especie se ha obtenido un %FC de 17.6, este valor es inferior al reporte de Apaza (2006) quien indica 20.8% de FC. De acuerdo a los valores obtenidos y comparados se deduce que las especies que presentan altos valores de %PB asimismo no son fibrosas de acuerdo a los valores reportados, por tanto las especies de la Clase 3 son un grupo que se encuentran en una escala intermedia en cuanto a los valores extremos hallados en las especies consideradas.

La Clase 4, es un grupo de individuos que tienen cierta relación con las variables de FC, FDN y FDA (Figura 1) con excepción de la *C. atacamensis* que escapa a esta relación, comprende a las especies que presentan altos valores de %Cz (9.0), así como 32.96 % de FC, 42.0 %FDA y 61.4% de FDN. Agrupa a las especies *Deyeuxia sp*, (Ecotipos de Sajama y Quetena) *J. seriphioides*, *D. vicunarum* en su ecotipo de Sajama y *C. atacamensis*.

La Clase 5, comprende a especies que están relacionados estrechamente con la variable %PB (Figura 1), este grupo que presentó el promedio más alto de %PB (12.3) y un valor moderado de FC de 22.3%, agrupa a la *D. muscoides* y *T. pasacana*. Para la *D. muscoides* se ha obtenido un valor promedio de %PB de 12.6 el cual es superior al reportado por Mayta (2009), que indica un valor de 8.6 %PB para la época húmeda.

La Clase 6 está conformado por las especies más fibrosas, con un valor de 41.6% de FC en promedio así como valores promedios de 47.5% de FDA y 80.3% de FDN, con un promedio de %PB bajo (6.5) (Cuadro 6), esta

Clase agrupa a las especies *D. vicunarum* en su ecotipo de Calientes – Cbba, *Stipa obtusa*, *F. rigescens*, *Festuca sp*, *F. orthophylla* y *S. ichu* (Figura 1 y 2).

Al respecto de especies fibrosas para la *F. orthophylla* se ha obtenido 46.3% de FC (Cuadro 7) este valor es superior contrastado con el reporte de Genin *et al.* (1995), cuyo valor promedio para la época húmeda es 42.4% de FC. Según los mismos autores para la *S. ichu* reportan 37.2 % de FC. Alzérreca y Cardozo (1991) citado por Espinoza (2008) reporta valores de 38.9% de FC ambos valores son inferiores al obtenido en el presente estudio, 43.0 % de FC (Cuadro 7). Para la especie *F. orthophylla* ecotipo de Sajama se han obtenido un valor de 6.2 %PB el cual es superior al reportado por Genin *et al.* (1995) cuyo valor es 4.5 %PB para la época húmeda de Turco, Oruro. Para la *S. ichu* se ha obtenido un valor de 2.6 %PB el mismo que es inferior al reporte de Genin *et al.* (1995) cuyo valor es 7.5 %PB. Pero es similar al reporte de Alzérreca y Cardozo (1991) citado por Espinoza (2008) que indican 2.8 %PB para esta especie.

La FDN es la pared total de la célula comprendida por la celulosa, hemicelulosa y lignina. En cuanto al FDA refiere a las porciones de pared de las células del forraje constituidos por celulosa y lignina (Bassi 2008). Estos valores son importantes porque están relacionados con la habilidad del animal para digerir el forraje. A medida que aumenta el FDA la digestibilidad del forraje disminuye. Para la *F. orthophylla* ecotipo de Sajama se ha determinado un valor de 51.2% de FDA (Cuadro 7) el cual es superior a 32.8%FDA, valor reportado por Prieto y Yazman (1995). Para la misma especie se ha determinado el %FDN cuyo valor es 90.6 (Cuadro 7), el mismo que es muy superior a 52.6%FDN, reportado por Prieto y Yazman (1995) para la *F. orthophylla*, para época húmeda.

En la Figura 4, se observa la distribución espacial en tres dimensiones de cada uno de las especies nativas que se agrupan en 6 Clases.

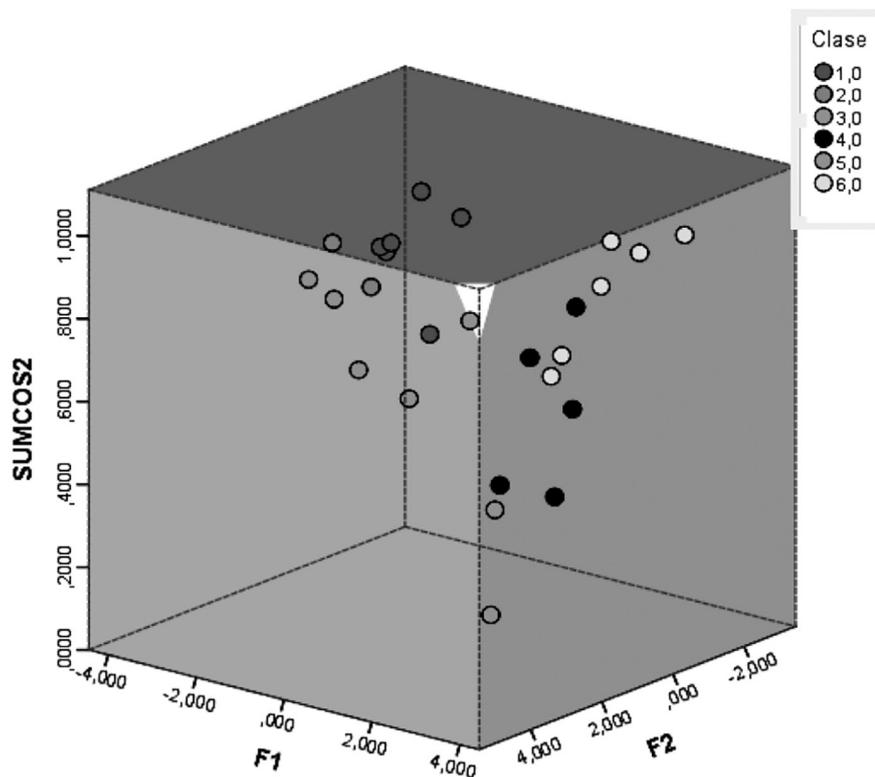


Figura 4. Distribución espacial de las especies nativas según el análisis bromatológico

Conclusiones

Por las correlaciones existentes las especies que presentan altos valores de %MS asimismo presentan altos valores de %FC, %FDN y %FDA. Así como las especies que presentan altos valores %PB presentan también altos valores de %Cz. Las correlaciones inversamente proporcionales indican que a mayor valor de %PB menor es el valor de %FC, %FDN y %FDA.

Las variables de mayor aporte al CP1 de manera positiva son el %FC, %FDA y %FDN y con una contribución opuesta %EE y energía. La variable de mayor aporte al CP2 son %PB y %Cz y el aporte significativo pero de manera opuesta son las variables %MS y Energía.

El análisis de conglomerados jerárquico diferenció 6 Clases, La Clase 1 agrupa a las especies que contienen altos % de EE y energía cuyas especies son *B. incarum*, *P. lepidophylla* (con sus dos ecotipos: Sajama y Quetena), *P. quadrangularis* (con sus dos ecotipos: Llica y Quetena) y *L. Castellani*. La Clase 3, agrupa a las especies que se encuentran en un nivel intermedio en cuanto a la calidad de los nutrientes no son tan fibrosas y tienen un nivel de proteína bruta regular, así como niveles intermedios de %FDA y %FDN respecto a las otras Clases, agrupa a las especies *A. pinnata*, *P. tubulosa*, *O. andina*, *A. spinosissima* y *A. melanthes*.

Las especies con altos %PB son flor de *T. pasacana* y *D. muscoides*, pertenecientes a la

Clase 5. Las especies más fibrosas pertenecen a la Clase 6 que agrupa a las especies *D. vicunarum* en su ecotipo de Calientes, *Stipa obtusa*, *F. rigescens*, *Festuca sp*, *F. orthophylla* y *S. ichu*. Por el alto valor de %FC y bajo %PB estas especies son consideradas como de baja calidad nutritiva.

El análisis bromatológico para *T. pasacana* ha sido realizado en la parte floral, muy palatable para los camélidos, sin embargo es muy escaso en los campos de pastoreo. Por otro lado la *D. muscoides*, es una especie dura y es consumida por los animales como último caso es decir no hay preferencia por esta especie. Por tanto si bien estas dos especies tienen altos porcentajes de PB no son consideradas como promisorias para el consumo de los camélidos. Entonces las especies que presentan una calidad de nutrientes promisorias para la alimentación de camélidos pertenecen a la Clase 3.

Referencias Citadas

- Alzérreca A.H., Laura J. Prieto G. C., Céspedes J. E., Calle M. P., Vargas A., Cardozo, G. A. y Zarate, V. 2002. Estudio de la tola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito boliviano del sistema T.D.P.S. (Subcontrato 21.07), Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). AIGACAA. La Paz, Bolivia.
- Apaza, R. 2006. Efecto del estercolado, frecuencias y alturas de corte en el rendimiento de forraje en el bofedal de Islapampa de la subcuenca alta del río Keka. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia.
- Ayangma, S. y Herve, D. 1995. Producción y utilización de combustibles en una comunidad agro pastoril del altiplano boliviano. Comité “Sistemas Ecológicos y Acciones del Hombre” (SEAH) del programa Medio Ambiente del CVRS. IBTA-ORSTOM. La Paz, Bolivia.
- Baldelomar, Z., E., Rojas, C.A., Cortéz, M. 2010. Producción y análisis bromatológico de tres gramíneas tropicales (*B. decumbens*, *Panicum maximum*, cv *Tanzania* y cv *Gatton*), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia U.A.G.R.M. Santa Cruz, Bolivia.
- Bassi, T. 2008. Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes. Laboratorio NIRS – Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Buenos Aires, Argentina.
- Canchila, E.R., Soca, M., Ojeda, F. y Machado, R. 2009. Evaluación de la composición bromatológica de 24 accesiones de *Brachiaria* spp. In Revista Pastos y Forrajes, Vol. 32, No. 4. Est. Exp. de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba.
- Espinoza, A.M. 2008. Evaluación del balance de nitrógeno y energía en llama (*Lama glama*) en la provincia Ingavi, Departamento de La Paz. Tesis de Grado. UMSA, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia.
- Genin, D. Abasto, P. y Tichit, M. Uso de los recursos forrajeros por llamas y ovinos, II. Composición química y degradabilidad de los forrajes nativos. In Dinámicas de los sistemas de producción en el altiplano boliviano. ORSTOM. CONPAC-Oruro. IBTA. Oruro, Bolivia.

- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad Genética y Caracterización de Especies Vegetales *In*: Análisis estadístico de datos de caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico N°8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia.
- Yaranga, C. R. M. 2009. Alimentación de Camélidos Sudamericanos y Manejo De Pastizales, Facultad de Zootecnia – UNCP, Huancayo, Facultad de Zootecnia Consorcio Andino para el Desarrollo Huancayo, Perú.
- Mayta, H. F. 2009. Cultivo y manejo de pastos. Universidad José Carlos Mariategui Carrera Ingeniería Agronómica Moquegua – Perú.
- Paca, F., Paca R., Palao, A., Canaza D. y Bustinza, H. 2003. Estudio de la t'ola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito peruano del sistema TDPS. *In* conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca -
- Desaguadero – Poopo – Salar de Coipasa (TDPS). Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico T.D.P.S. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). PROYECTO PER/98/G-32. Puno, Perú.
- Prieto, G. y Yazman, J. A. 1995. Disponibilidad y calidad forrajera en pastizales naturales del altiplano central de Bolivia. IBTA 175/ Boletín Técnico 43/ SR-CRSP 41. USAID Programa de apoyo a la investigación colaborativa en rumiantes menores. Small Ruminant Collaborative Research Support Program (SR-CRSP), Convenio MACA/ IBTA/USAID/SR-CRSP. La Paz, Bolivia.
- Siguayro, R. 2008. Evaluación agrostológica y capacidad receptiva estacional en bofedales de puna seca y húmeda del altiplano de puno. Tesis de Grado. Universidad Nacional del Altiplano (UNA), Puno. Perú.