

**PRODUCTIVIDAD DE UN REBAÑO DE CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS  
DOMÉSTICOS EN UN SECTOR DE LA PROVINCIA DE PARINACOTA,  
CHILE: I. VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA,  
DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA, VALOR PASTORAL  
Y VALOR NUTRITIVO DE LOS BOFEDALES<sup>1</sup>**

**Productivity of domestic South American camelids flock in an area of Parinacota  
province, Chile: I. Seasonal variation of botanical composition, dry matter  
availability, pastoral value and nutritive value of bofedales**

**Giorgio Castellaro G.<sup>2</sup>, Cristián Gajardo A.<sup>3</sup>, Víctor H. Parraguez G.<sup>4</sup>,  
Roberto Rojas C.<sup>5</sup> y Luis Raggi S.<sup>4</sup>**

**A B S T R A C T**

Seasonal variation of qualitative and quantitative productive characteristics of "bofedales" (dwarf herbaceous forbs and cushion plants growing in areas of moderate to high water content) was studied in an area of Parinacota province (18°10' L.S. 69°20' L.W. elevation 4400 m over sea level). A floristic inventory and vegetation mapping was made, identifying different vegetational types. Pastures corresponding to "bofedales" type and in suitable condition to be used by animals were selected. From these, it was determined herbage botanical composition and dry matter availability, metabolizable energy and crude protein content, pastoral and forage value. Evaluations were carried out during winter-dry season (August and July) and summer – rainy-season (November and February). Vegetational dynamic of "bofedales" showed important differences between rainy-season and dry season. The most important species of pasture botanical composition were *Oxichloe andina*, *Festuca nardifolia*, *Carex incurva* and *Distichia muscoides*. Herbage dry matter availability varied from 1.382 kg DM ha<sup>-1</sup> in the dry-season to 3.089 kg DM ha<sup>-1</sup> in the rainy-season. The herbage metabolizable energy content was 7,7 Mj kg<sup>-1</sup> in the dry season and 7,1 Mj kg<sup>-1</sup> in the rainy-season. The protein content varied from 6,8% in the dry season and 11,5% in the rainy season. According to these data values, the main restriction to animal production is the herbage metabolizable energy content, being crude protein only limitative during winter-dry season and early rainy-season. In function to pastoral value data of "bofedales", it was estimated a theoretic grazing capacity varying between 0,31 and 0,36 AU ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>.

**Key words:** camelids, bofedales, botanic composition, nutritive value, North of Chile.

<sup>1</sup>Recepción de originales: 2 de enero de 1996.  
Trabajo financiado por FONDECYT, Proyecto N°  
1940292 y Fundación Andrew W. Mellow.

<sup>2</sup>Actividad Privada, Apolo - 6 1843, Vitacura, Santiago,  
Chile.

<sup>3</sup>Actividad Privada, Raúl Cisternas 533, Ñuñoa, Santiago,  
Chile.

<sup>4</sup>Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias  
y Pecuarias, Casilla 2, Correo 15, Santiago, Chile.

<sup>5</sup>Corporación Norte Grande, Borgoño 135, Arica, Chile.

**INTRODUCCIÓN**

La Primera Región de nuestro país ha planteado al hombre, desde tiempos históricos, una serie de limitantes que ha debido superar para poder establecerse en los distintos sectores que la conforman. Uno de estos sectores corresponde al altiplano. En esta zona las especies de camélidos

sudamericanos, alpaca (*Lama pacos* Linn.) y llama (*Lama glama* Linn.), constituyen como actividad ganadera un pilar importante en el desarrollo de las comunidades altoandinas de la región, desplazando la actividad agrícola que se ve imposibilitada por las características climáticas de la zona.

Es importante considerar que la nutrición de los animales depende exclusivamente del uso de formaciones vegetales naturales, las que forman parte de un ecosistema frágil, desarrollado entre los 3.500 a 4.500 m.s.n.m. y que está sometido a condiciones climáticas rigurosas, tales como un extenso período seco (abril a noviembre), bajas temperaturas e intensa radiación solar. Dentro de estas formaciones vegetales, el “bofedal”, el “pajonal” y el “tolar” son los recursos forrajeros más importantes, siendo el “bofedal» (formación herbácea constituida por plantas que crecen formando densos cojines sobre suelos generalmente orgánicos e hidromórficos) el que constituye la base alimenticia del ganado doméstico y de los herbívoros silvestres. Sin embargo, es escasa la información en cuanto a su composición florística, producción de materia seca, su valor nutricional y, especialmente, con las fluctuaciones que estas variables presentan a través del año.

El presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar en términos cualitativos y cuantitativos los pastizales de un predio representativo de la región altiplánica de Parinacota, con el fin de determinar el porcentaje ocupado por bofedales, evaluar la influencia de la variación entre época seca y lluviosa en la composición botánica, disponibilidad de materia seca, valor nutritivo y el valor pastoral, como una aproximación a la capacidad de sustentación de estos pastizales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área del estudio

El estudio fue llevado a cabo en el campo ganadero “Suma Uywaña”, perteneciente a la

Corporación Norte Grande, ubicado en la localidad de Chingani, aproximadamente a 3 km del poblado de Parinacota, I Región, Chile, (18°12' Latitud S. 69°16' Longitud O, a 4.390 m.s.n.m.), dentro del Parque Nacional Lauca. La precipitación promedio anual es de 315,2 mm, concentrándose en un 96% entre los meses de diciembre a marzo, con una evapotranspiración potencial anual de 451,8 mm. Julio es el mes más frío (-1,2°C) y enero el más caluroso (6,3°C). En la Figura 1 se puede observar la temperatura y precipitación media mensual, registradas durante el período experimental (agosto de 1994 a julio de 1995).

Según CORFO (1982), los suelos ocupados por “pajonales” y “tolares” se caracterizan por ser delgados a medianamente profundos, frecuentemente pedregosos, con texturas medias a gruesas, bajos contenidos de materia orgánica (0,5-2%) y pH que varía entre 6,8 y 8,8, siendo clasificados como Inceptisoles, Cryochrepts (Soil Survey Staff, 1992). Por otra parte, los “bofedales” se desarrollan sobre suelos orgánicos, generalmente profundos, en un medio hidromórfico. El contenido de materia orgánica es alto (hasta un 42%) y el pH varía entre 5,6 y 8,6 (Histosoles, Cryofibrists (Soil Survey Staff, 1992)).

La vegetación del área del estudio está representada en una gran proporción por “pajonales” (formación herbácea dominada por *Festuca orthophylla* Pilgert) y “tolares” (formación leñosa baja, cuya especie dominante es *Parastrephia lucida* Wedd.). En los “bofedales” (formación herbácea hídrica), las especies dominantes pertenecen a la familias Cyperaceae (*Oxichloe andina*, *Distichia muscoides*, *Carex incurva*), Poaceae (*Festuca nardifolia*, *Deyeuxia spp.*) y Asteraceae (*Werneria spp.*) (Troncoso, 1982; Lailhacar, 1990).

### Evaluaciones

Con el propósito de determinar las variaciones entre la época seca (otoño-invierno) y lluviosa (primavera-verano), se procedió a evaluar algu-

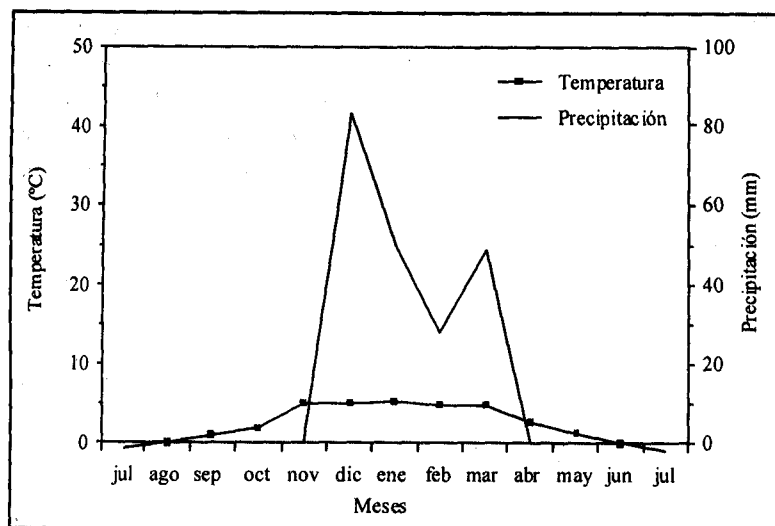


Figura 1. Temperatura y precipitación media mensual durante el período experimental. Parinacota, Chile. Agosto 1994 a julio 1995 (Fuente: Dirección General de Aguas, 1995).

Figure 1. Average monthly temperature and precipitation during experimental period. Parinacota, Chile. August 1994 to July 1995 (Source: Dirección General de Aguas, 1995).

nos atributos de las praderas del predio experimental, las que estuvieron continuamente pastreadas por un rebaño de camélidos domésticos, constituido por 95 alpacas y 122 llamas. Las evaluaciones se efectuaron en cuatro épocas (agosto 1994, noviembre 1994, febrero 1995 y julio 1995), confeccionando primeramente un inventario florístico del sector. Luego se efectuó una carta de ocupación de tierras (Etienne y Prado, 1982), la cual sirvió de base para la estratificación del muestreo en las evaluaciones cuantitativas de los bofedales.

En cada uno de los elementos vegetacionales y en cada fecha de evaluación, se determinó la composición botánica a través de la determinación de la contribución específica de contacto (CEC), mediante el método "Point Quadrat", leyendo cien puntos en dos líneas permanentes de 4 m cada una (Etienne *et al.*, 1979). En cada línea, paralelamente se evaluó la disponibilidad de materia seca bajo pastoreo, cosechando un área de 0,25 m<sup>2</sup>. Las muestras obtenidas se

deshidrataron en estufa de aire forzado a 60°C por 48 horas. Posteriormente, se les determinó la concentración de energía metabolizable, la cual fue estimada a partir del valor "D" usando el coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (Garrido y Mann, 1981). También se determinó la concentración de proteína cruda, usando el método Kjeldhal, según AOAC (1960). Estas determinaciones fueron efectuadas por el Laboratorio de Bromatología del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Remehue, Osorno, Chile.

Con la información de composición botánica de cada línea y su respectivo valor de disponibilidad de materia seca, se calculó el Valor Pastoral (VP) y el Valor Forrajero (VF) (Daget et Poissonet, 1971). En el cálculo del VP se utilizaron los Índices Específicos (Is) propuestos por Troncoso (1982), y para el caso del VF, la constante energética (Ke) de las diferentes especies fue estimada a partir de información de análisis químicos, utilizando diferentes fuentes bibliográficas (Troncoso, 1983; Lailhacar, 1990; Flórez y Bryant, 1989; Alzérreca y Cardozo, 1991), calculando la concentración promedio de energía metabolizable y expresándola en términos de Unidad Forrajera (INRA, 1981).

El valor medio de las variables antes mencionadas fue determinado ponderando el valor obtenido en cada elemento, por la proporción en relación a la superficie total de los bofedales descritos en la carta de ocupación de tierras (COT), sin considerar aquellos que estaban muy degradados o muertos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Inventario florístico

El Cuadro 1 resume las especies vegetales, con sus familias, forma biológica y el ecosistema en que fueron recolectadas en el área del estudio.

Como se aprecia en el cuadro, el 85% de las especies vegetales censadas corresponden a especies presentes en los bofedales. La mayoría de las especies presentes pertenecen a las familias *Asteraceae* y *Poaceae*, siendo también importantes las especies de las familias *Cyperaceae*, *Juncaceae*, *Rosaceae* y *Plantaginaceae*. Lo anterior demuestra la mayor riqueza florística que existe en este tipo de pastizales, en comparación a los pajonales y tolares. Troncoso (1982) indica que los tolares son comunidades casi puras de *Parastrephia lucida*, y los pajonales a su vez son dominados por *Festuca orthophylla*.

### Carta de ocupación de tierras

Dentro del área cartografiada (221,2 ha) se identificaron 16 formaciones vegetales, de las cuales 13 correspondieron a "bofedales" en diferentes estados, representando un 19,82% de la superficie total. El resto de la superficie correspondió a "pajonales" (formación herbácea escasa con coberturas no superiores al 10% dominados por *Festuca orthophylla* Pilgert), "tolares" (formación leñosa baja con coberturas entre 1 y 10%, cuya especie dominante es *Parastrephia lucida* Wedd.), formaciones mixtas "pajonal-tolar" y áreas desprovistas de vegetación correspondientes a zonas de bancos de arena, roqueríos y lagunas (Cuadro 2).

### Composición botánica

En general, las principales asociaciones vegetales encontradas dentro de los bofedales correspondieron a: *Oxichloe andina* - *Festuca nardifolia*; *Distichia muscoides* - *O. andina* - *Juncus* sp.; *F. nardifolia* - *Carex incurva* - *O. andina* - *Werneria pygmaea*. Estas asociaciones son co-

munes en los bofedales de regular a buen estado. La contribución específica de contacto (CEC) de *O. andina* varió entre 50% y 80%. En el caso de *F. nardifolia* y *D. muscoides*, la CEC observó valores entre 13% a 48% y entre 7% a 20%, respectivamente. El recubrimiento de la vegetación (REC) fue siempre superior al 96%. En los bofedales muy salinizados, en mal estado, las asociaciones más comunes fueron *F. nardifolia* - *Carex incurva*, cuya CEC varió entre 47% a 81% y entre 0% a 53%, respectivamente. En este caso el REC varió entre 40% y 74%. Finalmente, en bofedales muy degradados la asociación característica fue *Deyeuxia jamesonii* - *Festuca orthophylla* - *Werneria popposa*, con CEC entre 42 a 62%, 26 a 40% y 15 a 18%, respectivamente. El REC en estos bofedales osciló entre 50 a 74%.

Estos pastizales se caracterizan por estar constituidos por una gran variedad de especies vegetales. Esto se aprecia especialmente durante la época lluviosa, aumentando claramente el número de especies presentes en los bofedales. Las especies que comienzan a aparecer en esta época, según la clasificación de Flores (1992), corresponden a "hierbas", tales como *Gentiana prostrata*, *Arenaria rivularis* y *Alchemilla diplophylla*. El aumento de las precipitaciones y las temperaturas representan las principales causas que originan el enriquecimiento en la composición botánica.

### Disponibilidad de Materia Seca (MS) bajo pastoreo

Los valores de disponibilidad de m.s. de cada elemento vegetal se presentan en el Cuadro 3.

Se observaron tres elementos vegetacionales que a lo largo de todo el estudio presentaron la mayor disponibilidad de MS por hectárea del predio. El elemento N° 11, con 3.364 kg MS ha<sup>-1</sup> como promedio anual; el elemento N° 1 con 2.981 kg MS ha<sup>-1</sup> en promedio al año, y el elemento N° 5, con una disponibilidad de 2.857 kg MS ha<sup>-1</sup> promedio anual. Se debe tener en cuen-

**Cuadro 1. Inventario florístico del área de estudio. Parinacota, Chile****Table 1. Floristic inventory of study area. Parinacota, Chile**

| <b>Especie<sup>1</sup></b>       | <b>Familia</b>  | <b>Forma biológica</b>    |
|----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| <b>Hidrosere del bofedal</b>     |                 |                           |
| <i>Aa nervosa</i>                | Orchidaceae     | Hemicriptófito en roseta  |
| <i>Alchemilla diplophylla</i>    | Rosaceae        | Hemicriptófito en roseta  |
| <i>Liliaeopsis andina</i>        | Apiaceae        | Hidrófito                 |
| <i>Miriophyllum acuaticum</i>    | Haloragaceae    | Hidrófito sumergida       |
| <i>Nostoc</i> sp.                | Nostocaceae     | Hidrófito sumergida       |
| <i>Ranunculus uniflorus</i>      | Ranunculaceae   | Hidrófito flotante        |
| <i>Scirpus</i> sp.               | Cyperaceae      | Geófito                   |
| <b>Mesosere del bofedal</b>      |                 |                           |
| <i>Agrostis tolucensis</i>       | Poaceae         | Hemicriptófito en macolla |
| <i>Alchemilla pinnata</i>        | Rosaceae        | Hemicriptófito en roseta  |
| <i>Anthochloa lepidula</i>       | Poaceae         | Hemicriptófito en macolla |
| <i>Arenaria rivularis</i>        | Caryophyllaceae | Terófito                  |
| <i>Astragalus</i> sp.            | Leguminosae     | Caméfito                  |
| <i>Carex incurva</i>             | Cyperaceae      | Geófito                   |
| <i>Carex</i> sp.                 | Cyperaceae      | Geófito                   |
| <i>Cotula mexicana</i>           | Asteraceae      | Hemicriptófito en roseta  |
| <i>Distichia muscoides</i>       | Juncaceae       | Geófito                   |
| <i>Eleocharis albibracteata</i>  | Cyperaceae      | Geófito                   |
| <i>Festuca nardifolia</i>        | Poaceae         | Hemicriptófito en macolla |
| <i>Gentiana postrata</i>         | Gentianaceae    | Hemicriptófito en roseta  |
| <i>Hypochoeris etcheagarayii</i> | Asteraceae      | Hemicriptófito en roseta  |
| <i>Juncus</i> sp.                | Juncaceae       | Geófito                   |
| <i>Oxichloe andina</i>           | Juncaceae       | Geófito                   |
| <i>Plantago barbata</i>          | Plantaginaceae  | Hemicriptófito en roseta  |
| <i>Plantago</i> sp.              | Plantaginaceae  | Hemicriptófito en roseta  |
| <i>Pratia repens</i>             | Campanulaceae   | Geófito                   |
| <i>Werneria popposa</i>          | Asteraceae      | Caméfito                  |
| <i>Werneria pygmaea</i>          | Asteraceae      | Hemicriptófito en roseta  |
| <i>Werneria sphenulata</i>       | Asteraceae      | Hemicriptófito en roseta  |
| <i>Werneria</i> sp.              | Asteraceae      | Hemicriptófito en roseta  |
| <b>Xerosere del bofedal</b>      |                 |                           |
| <i>Deschampsia caespitosa</i>    | Poaceae         | Hemicriptófito en macolla |
| <i>Deyeuxia curvula</i>          | Poaceae         | Hemicriptófito en macolla |
| <i>Deyeuxia jamesonii</i>        | Poaceae         | Hemicriptófito en macolla |
| <b>Pajonal</b>                   |                 |                           |
| <i>Deyeuxia antoniana</i>        | Poaceae         | Hemicriptófito en macolla |
| <i>Deyeuxia curta</i>            | Poaceae         | Hemicriptófito en macolla |
| <i>Festuca orthophylla</i>       | Poaceae         | Hemicriptófito en macolla |
| <i>Poa lilloi</i>                | Poaceae         | Hemicriptófito en macolla |
| <i>Stipa leptostachia</i>        | Poaceae         | Hemicriptófito en macolla |
| <b>Tolar</b>                     |                 |                           |
| <i>Parastrephia lucida</i>       | Asteraceae      | Nanofanerófito            |

<sup>1</sup>Determinaciones botánicas efectuadas por el Ingeniero Agrónomo Luis Faúndez Y. Laboratorio de Botánica, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile.

## Cuadro 2. Formaciones vegetacionales y sus características relevantes

Table 2. Vegetational types and its relevant characteristics

| Elemento     | Área (ha)    | Formación vegetal <sup>1</sup> | Especies dominantes <sup>2</sup> | G.A. <sup>3</sup> | Suelo desnudo (%) | Observaciones                    |
|--------------|--------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| 1            | 4,7          | Hd                             | oa; fn                           | 3,0               | 15                | Bofedal en buen estado           |
| 2            | 3,2          | Hpd                            | fn; oa; dm                       | 3,1               | 35                | Bofedal en regular estado        |
| 3            | 2,2          | Hme                            | —                                | 3,3               | 95                | Bofedal muerto                   |
| 4            | 3,9          | Hc                             | fn; oa                           | 3,3               | 65                | Bofedal salino                   |
| 5            | 10,5         | Hd                             | oa; fn                           | 3,0               | 15                | Bofedal en buen a regular estado |
| 6            | 2,1          | Hmc                            | fn; oa                           | 3,3               | 80                | Bofedal en mal estado            |
| 7            | 2,1          | Hmc                            | dj; fo; wp                       | 3,3               | 80                | Bofedal en mal estado            |
| 8            | 2,7          | He                             | dj; wp                           | 3,3               | 92                | Bofedal en mal estado            |
| 9            | 1,4          | Hpd                            | fn; oa                           | 3,1               | 35                | Bofedal en regular estado        |
| 10           | 5,3          | Hme                            | —                                | 3,3               | 95                | Bofedal muerto                   |
| 11           | 3,1          | Hmd                            | oa; fn                           | 3,0               | 5                 | Bofedal en muy buen estado       |
| 12           | 0,8          | Lbe                            | Pl                               | 3,1               | 95                | Tolar                            |
| 13           | 1,9          | Hc                             | fn; dm; oa                       | 3,3               | 50                | Bofedal en mal estado            |
| 14           | 10,6         | Hpd                            | dm; oa                           | 3,0               | 25                | Bofedal en regular estado        |
| 15           | 88,5         | He                             | fo                               | 3,0               | 95                | Pajonal                          |
| 16           | 13,9         | Lbme Hme                       | Pl; fo                           | 3,1               | 95                | Pajonal – tolar                  |
| Lagunas      | 2,9          | —                              | —                                | —                 | —                 |                                  |
| Arenas       | 1,7          | —                              | —                                | —                 | —                 |                                  |
| Roqueríos    | 59,7         | —                              | —                                | —                 | —                 |                                  |
| <b>Total</b> | <b>221,2</b> |                                |                                  |                   |                   |                                  |

<sup>1</sup>Hme: Herbácea muy escasa, entre 0 – 25 cm de altura, cobertura entre 1 – 5%.

He: Herbácea escasa, entre 0 – 25 cm de altura, cobertura entre 5 – 10%.

He: Herbácea escasa, entre 25 – 50 cm de altura, cobertura entre 5 – 10%.

Hmc: Herbácea muy clara, entre 0 – 25 cm de altura, cobertura entre 10 – 25%.

Hc: Herbácea clara, entre 0 – 25 cm de altura, cobertura entre 25 – 50%.

Hpd: Herbácea poco densa, entre 0 – 25 cm de altura, cobertura entre 50 – 75%.

Hd: Herbácea densa, entre 0 – 25 cm de altura, cobertura entre 75 – 90%.

Hmd: Herbácea muy densa, entre 0 – 25 cm de altura, cobertura entre 90 – 100%.

Lbe: Leñosa baja escasa, entre 25 – 50 de altura, cobertura entre 5 – 10%.

Lbme Hme: Leñosa baja – herbácea muy escasa, entre 25 – 50 cm, cobertura entre 1 – 5%.

<sup>2</sup>oa: *Oxichloe andina*.

fn: *Festuca nardifolia*.

dm: *Distichia muscoides*.

dj: *Deyeuxia jamesonii*.

fo: *Festuca orthophylla*.

wp: *Werneria pygmaea*.

Pl: *Parastrephia lucida*.

<sup>3</sup>G.A.: Grado de artificialización.

3,0: Pradera natural en buen estado.

3,1: Pradera natural degradada.

3,3: pradera natural muy degradada.

**Cuadro 3. Disponibilidad de materia seca promedio (kg ha<sup>-1</sup>) de cada uno de los bofedales utilizados por el ganado, en las diferentes épocas de muestreo****Table 3. Herbage dry matter availability (kg ha<sup>-1</sup>) in each "bofedal" used by animals, according to different sampling dates**

| Elemento                    | Agosto<br>1994 | Noviembre<br>1994 | Febrero<br>1995 | Julio<br>1995 | Promedio<br>anual |
|-----------------------------|----------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------|
| 1                           | 1.854          | 2.513             | 4.761           | 2.795         | 2.981             |
| 2                           | 704            | 1.882             | 2.055           | 1.117         | 1.440             |
| 4                           | 228            | 1.876             | 1.847           | 1.254         | 1.301             |
| 5                           | 1.614          | 3.277             | 3.528           | 3.007         | 2.857             |
| 6                           | 846            | 920               | 1.627           | 1.204         | 1.149             |
| 7                           | 1.656          | 2.823             | 4.277           | 1.805         | 2.641             |
| 8                           | 1.533          | 2.091             | 2.518           | 2.073         | 2.054             |
| 9                           | 1.240          | 1.854             | 2.068           | 2.102         | 1.816             |
| 11                          | 3.009          | 2.715             | 4.110           | 3.622         | 3.364             |
| 13                          | 870            | 799               | 1.688           | 637           | 999               |
| 14                          | 147            | 562               | 1.527           | 848           | 771               |
| <b>Promedio<sup>1</sup></b> | <b>1.382</b>   | <b>2.362</b>      | <b>3.089</b>    | <b>2.238</b>  |                   |

<sup>1</sup>Promedio ponderado por la superficie que ocupa cada uno de los elementos.

ta que los elementos que destacan por su mayor disponibilidad de materia seca, fueron los mismos que están constituidos por la asociación vegetal *Oxichloe andina - Festuca nardifolia*, que corresponde a la asociación que presentó el mejor estado.

En la Figura 2 se presenta la variación del promedio ponderado de disponibilidad de MS de los bofedales, de acuerdo a la época de evaluación. La menor disponibilidad de MS en estos pastizales se midió en la época seca invernal, con 1.382 y 2.238 kg ha<sup>-1</sup> de MS, en agosto de 1994 y julio de 1995, respectivamente. Los mayores valores fueron determinados en los meses de noviembre de 1994 y febrero de 1995, que corresponde a la época lluviosa estival, con valores de 2.362 y 3.089 kg ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente. Los resultados obtenidos indican que durante la época de lluvias existen mejores

condiciones ambientales, especialmente de humedad y temperatura, lo que favorece el crecimiento del pastizal y se traduce en una mayor disponibilidad de MS (Reiner y Bryant, 1986).

Troncoso (1982) menciona un promedio de 2.814 kg ha<sup>-1</sup> de MS, para una asociación vegetal correspondiente a bofedal, en exclusión. Este valor está dentro del rango de valores obtenidos en esta investigación. Sin embargo, en exclusiones de bofedal de 1,5 años, en la misma zona en que se efectuó este estudio, se han medido valores de 9.833 kg ha<sup>-1</sup> de MS (Castellaro, datos no publicados). Por su parte Alzérreca (1990) menciona para el altiplano boliviano valores de disponibilidad de MS en bofedales del orden de 2.450 kg ha<sup>-1</sup>. Lo anterior indica que existiría una alta variabilidad desde el punto de vista de producción de MS en estas praderas, en función del sitio y la condición de ésta.

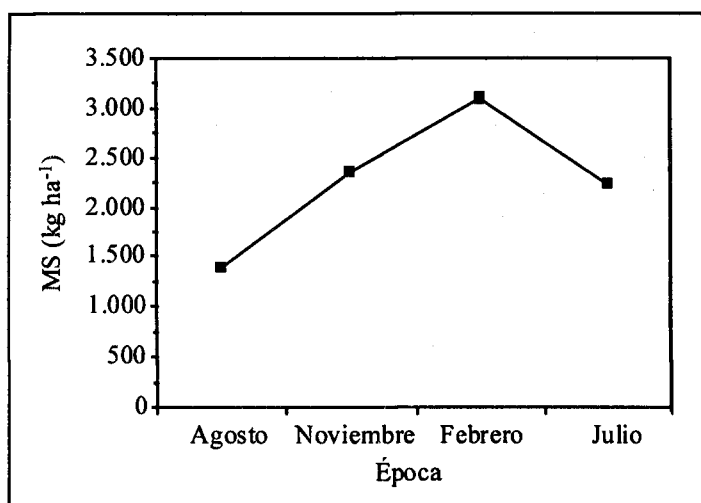


Figura 2. Variación en la disponibilidad de materia seca bajo pastoreo en los bofedales, de acuerdo a las diferentes épocas de evaluación.

Figure 2. Variations of dry matter availability under grazing of bofedales, according to different evaluation dates.

### Valor Pastoral (VP) y Valor Forrajero (VF)

Los índices específicos (Is) y constantes energéticas (Ke) para cada una de las especies vegetales de los bofedales, utilizados en la determinación del VP y el VF, se presentan en el Cuadro 4. Los valores obtenidos en estos indicadores para cada elemento vegetacional, en las diferentes épocas de medición, se observan en el Cuadro 5.

En el caso del VP, los elementos Nº 1, 5, 9, 11 y 14 destacaron, presentando prácticamente en todas las épocas los valores más altos. Los mayores valores pastorales en estos elementos se deben

**Cuadro 4. Índice específico (Is) y constante energética (Ke) de las principales especies vegetales presentes en los bofedales**

**Table 4. Specific index (Is) and energetic constant (Ke) of main plant species presents in "bofedales"**

| Especie                         | Is <sup>1</sup> | Ke <sup>2</sup> | Especie                         | Is | Ke  |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----|-----|
| <i>Aa nervosa</i>               | 2               | 0,5             | <i>Hypochoeris etchegarayii</i> | 3  | 0,5 |
| <i>Agrostis tolucensis</i>      | 3               | 0,8             | <i>Juncus sp.</i>               | 1  | 0,6 |
| <i>Alchemilla diplophylla</i>   | 2               | 0,6             | <i>Liliaeopsis andina</i>       | 4  | 0,7 |
| <i>Alchemilla pinnata</i>       | 2               | 0,6             | <i>Miriophyllum acuaticum</i>   | 3  | 0,6 |
| <i>Anthochloa lepidula</i>      | 1               | 0,5             | <i>Nostoc sp.</i>               | 4  | 0,7 |
| <i>Arenaria rivularis</i>       | 1               | 0,3             | <i>Oxichloe andina</i>          | 2  | 0,4 |
| <i>Carex incurva</i>            | 2               | 0,6             | <i>Parastrephia lucida</i>      | 1  | 0,6 |
| <i>Carex sp.</i>                | 2               | 0,5             | <i>Plantago barbata</i>         | 3  | 0,6 |
| <i>Cotula mexicana</i>          | 2               | 0,5             | <i>Plantago sp.</i>             | 3  | 0,6 |
| <i>Deschampsia caespitosa</i>   | 2               | 0,5             | <i>Poa lilloi</i>               | 3  | 0,5 |
| <i>Deyeuxia antoniana</i>       | 2               | 0,6             | <i>Pratia repens</i>            | 1  | 0,6 |
| <i>Deyeuxia curta</i>           | 2               | 0,5             | <i>Ranunculus uniflorus</i>     | 2  | 0,3 |
| <i>Deyeuxia curvula</i>         | 2               | 0,4             | <i>Scirpus sp.</i>              | 2  | 0,6 |
| <i>Deyeuxia jamesonii</i>       | 2               | 0,5             | <i>Stipa leptostachia</i>       | 1  | 0,3 |
| <i>Distichia muscoides</i>      | 2               | 0,5             | <i>Werneria popposa</i>         | 0  | 0,0 |
| <i>Eleocharis albibracteata</i> | 1               | 0,6             | <i>Werneria pygmaea</i>         | 4  | 0,6 |
| <i>Festuca nardifolia</i>       | 2               | 0,5             | <i>Werneria sphenulata</i>      | 4  | 0,6 |
| <i>Festuca orthophylla</i>      | 1               | 0,5             | <i>Werneria sp.</i>             | 4  | 0,6 |
| <i>Gentiana postrata</i>        | 2               | 0,3             |                                 |    |     |

<sup>1</sup>Índices Específicos propuestos por Troncoso (1982).

<sup>2</sup>Valores estimados a partir de información de análisis químicos, utilizando diferentes fuentes bibliográficas (Troncoso, 1983; Lailhacar, 1990; Flores y Bryant, 1989; Alzérreca y Cardozo, 1991).



**Cuadro 5. Valor pastoral (VP) y valor forrajero (VF) de cada elemento vegetacional de acuerdo a las diferentes épocas de muestreo**

**Table 5. Pastoral value (VP) and Forage Value (VF) in each vegetational types, according to different sampling dates**

| Elemento              | Agosto 1994 |        | Noviembre 1994 |         | Febrero 1995 |         | Julio 1995 |         | Promedio anual |         |
|-----------------------|-------------|--------|----------------|---------|--------------|---------|------------|---------|----------------|---------|
|                       | VP          | VF     | VP             | VF      | VP           | VF      | VP         | VF      | VP             | VF      |
| 1                     | 18,9        | 790,4  | 21,3           | 1.132,9 | 20,8         | 2.088,3 | 20,1       | 1.195,2 | 20,3           | 1.301,7 |
| 2                     | 15,0        | 333,3  | 18,6           | 962,4   | 19,7         | 1.042,2 | 13,4       | 529,3   | 16,7           | 716,8   |
| 4                     | 9,5         | 108,7  | 14,1           | 974,9   | 15,2         | 994,8   | 7,9        | 627,3   | 11,7           | 676,4   |
| 5                     | 19,4        | 682,2  | 20,5           | 1.389,1 | 20,0         | 1.515,9 | 20,0       | 1.264,7 | 20,0           | 1.213,0 |
| 6                     | 11,2        | 408,7  | 12,9           | 445,1   | 16,7         | 800,1   | 10,8       | 582,2   | 12,9           | 559,0   |
| 7                     | 8,0         | 677,7  | 10,3           | 1.174,9 | 9,9          | 1.789,8 | 9,9        | 739,5   | 9,5            | 1.095,5 |
| 8                     | 6,4         | 448,8  | 7,5            | 731,5   | 9,0          | 894,6   | 8,7        | 590,0   | 7,9            | 666,2   |
| 9                     | 9,9         | 609,1  | 20,8           | 1.022,0 | 23,4         | 1.078,1 | 20,9       | 1.102,9 | 18,8           | 953,0   |
| 11                    | 19,6        | 1321,1 | 20,6           | 1.200,0 | 20,2         | 1.855,9 | 20,0       | 1.608,9 | 20,1           | 1.496,5 |
| 13                    | 13,1        | 423,1  | 16,7           | 424,6   | 18,6         | 878,4   | 13,4       | 318,7   | 15,5           | 511,2   |
| 14 <sup>1</sup>       | 18,8        | 72,3   | 18,5           | 293,8   | 21,2         | 815,2   | 18,2       | 417,0   | 19,2           | 399,6   |
| Promedio <sup>2</sup> | 15,3        | 585,6  | 17,6           | 1.051,8 | 18,2         | 1.384,0 | 16,0       | 962,0   |                |         |

<sup>1</sup>Es importante aclarar, que el índice asignado a cada especie, obtenido del estudio de Troncoso (1983), está basado en aspectos tales como aceptabilidad, valor nutritivo y recuperación al corte (Etienne *et al.*, 1979). En los bofedales evaluados, el elemento N° 14 presenta un VP relativamente alto, lo que se debe principalmente al alto valor de CEC de *Distichia muscoides*. Esta especie posee un Is de 2, sin embargo, aparentemente esto no sería así, ya que ésta es poco apetecida por los animales y, por lo tanto su Is estaría sobrestimado (Castellaro, datos no publicados).

<sup>2</sup>Promedio ponderado por la superficie que ocupa cada uno de los elementos.

básicamente a su composición botánica; dentro de los que destacan, se encuentran aquellos que se presentaban como los bofedales en mejor estado (Cuadro 2).

Al hacer un análisis generalizado, se obtuvo valores promedio de 15,3; 17,6; 18,2 y 16,0 en los meses de agosto, noviembre, febrero y julio, respectivamente (Figura 3). El VP de los bofedales presentó los mayores valores durante la época estival, coincidiendo estos resultados con una mayor riqueza florística en los pastizales y a la vez una mayor disponibilidad de materia seca. Los valores obtenidos son superiores al valor determinado por Troncoso (1983) para un bofedal ubicado también dentro del Parque Nacional Lauca.

Respecto al VF, los elementos correspondientes a bofedales que presentaron permanentemente

los más altos valores fueron los N° 1, 5, 7, 9 y 11. Tras el análisis generalizado de los datos, se observó que los máximos valores se presentaron en los meses de noviembre y febrero, alcanzando las 1.051,75 y 1.383,98 VF ha<sup>-1</sup>, respectivamente, lo que indica una mayor disponibilidad energética total en este período. En los meses de julio y agosto se observaron los menores valores, con 962,0 y 585,6 VF ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3). Los valores anteriores indican una mayor disponibilidad energética total durante la época lluviosa, siendo ésta mucho menor durante la época seca. No obstante lo anterior, al expresar dichos valores en términos relativos a la disponibilidad de MS, se obtienen valores de 0,42; 0,45; 0,45 y 0,43 unidades de VF por kilogramo de MS, para los meses de agosto, febrero, noviembre y julio, respectivamente, lo que indica valores energéticos relativamente uniformes del forraje en este tipo de pastizales.

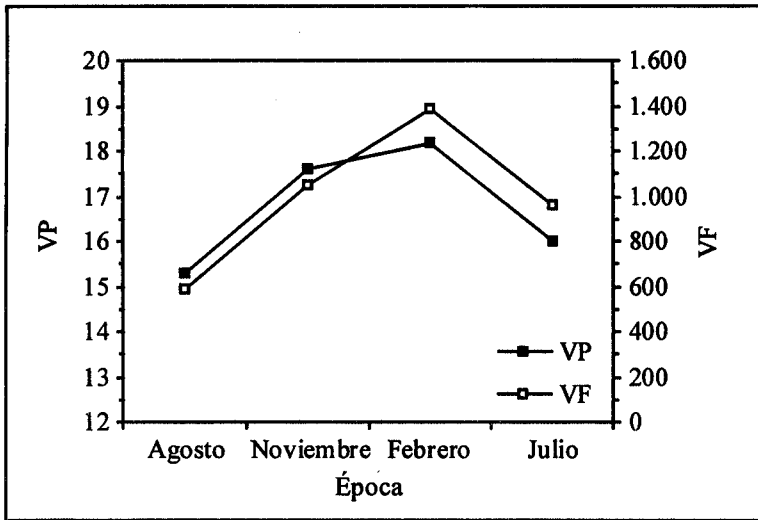


Figura 3. Variación del Valor Pastoral (VP) y el Valor Forrajero (VF) de los bofedales, de acuerdo a las diferentes épocas de evaluación.

Figure 3. Variations of Pastoral Value (VP) and Forage Value (VP) of bofedales, according to different evaluation dates.

Al analizar en conjunto los promedios de composición botánica y de VP de los bofedales más importantes (elementos Nº 1, 2, 13, 6 y 8), fue posible observar una relación que indica la dinámica de las principales especies según el grado de calidad del bofedal (Figura 4).

En la figura anterior se aprecia claramente una disminución en el porcentaje de *Oxichloe andina* en la medida que el VP disminuye, sucediendo lo contrario con la especie *Festuca nardifolia*. *Distichia muscoides* sólo aparece en bofedales en regular a buen estado, y *Carex incurva* aparece en un porcentaje importante en bofedales de regular a mal VP, pero la contribución de esta

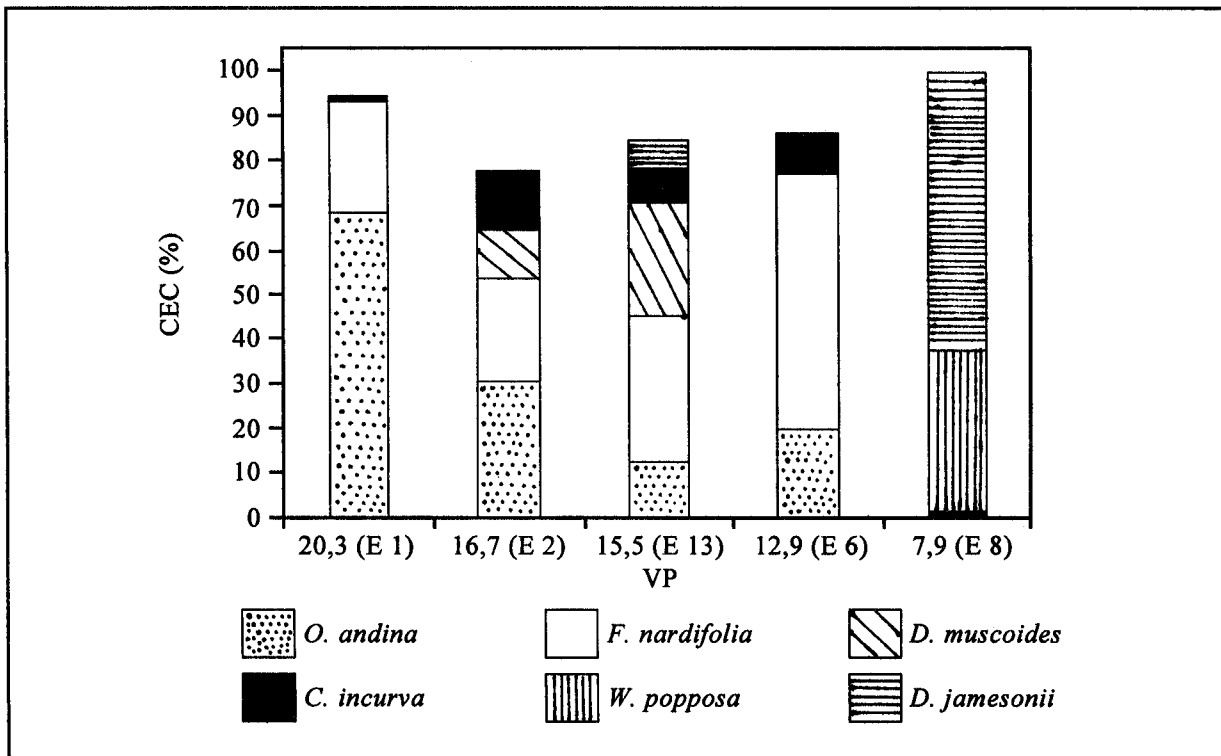


Figura 4. Variación en la Contribución Específica de Contacto (CEC) de algunas especies vegetales, en función del Valor Pastoral (VP) del pastizal (entre paréntesis se indica el número del elemento vegetal).

Figure 4. Specific Contact Contribution (CEC) variations according to Pastoral Value (VP) of some range plant species (in parenthesis is indicated the number of vegetational type).

última especie, tiende a disminuir cuando el VP baja notablemente. Las especies *Deyeuxia jamesonii* y *Werneria popposa* son las especies dominantes en los bofedales degradados de muy bajo VP. Si se toma en cuenta la clasificación citada por Holechek et al. (1989), la cual se ha aplicado a pastizales altoandinos del Perú (Flores, 1992), se podría definir a *O. andina* y *D. muscoides* como especies decrecientes; a *F. nardifolia* como especie acrecentante tipo I; a *C. incurva* como una especie invasora tipo I y a *D. jamesonii* y *W. popposa* como especies invasoras tipo II.

Tomando en cuenta los aspectos antes indicados, especialmente lo referido a los valores obtenidos en el índice de Valor Pastoral para este tipo de pastizales y, basándose en la equivalencia dada por Daget y Poissonet (1972), se puede estimar una capacidad teórica de sustentación, expresada en Unidades Animales (UA), que varía entre 0,31 y 0,36 UA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

### Valor Nutritivo

La concentración promedio de energía metabolizable de los bofedales se presenta en la Figura 5. Esta variable presentó una escasa variación de acuerdo a la época del año, obteniéndose valores entre 7,1 y 7,7 Mj kg<sup>-1</sup> de MS (0,62 y 0,68 UF kg<sup>-1</sup> de MS). El valor más bajo se observó en febrero (época lluviosa - estival) y el más alto en julio (época seca - invernal).

La proteína cruda (Figura 5) varió en una forma más pronunciada, obteniéndose valores en el rango de 6,8 y 11,5%. Los menores valores fueron determinados en la época seca - invernal, y los más altos correspondieron al período lluvioso - estival, lo que coincide con lo obtenido por Reiner y Bryant (1986) en bofedales del altiplano de la sierra peruana. El estudio realizado por estos autores muestra en general mayores valores de proteína cruda en la época lluviosa. Es probable que estas diferencias radiquen en los cambios en la composición botánica, que se produce entre una época y otra, además de los cambios en la fenología y el contenido de tejidos vivos de las especies. De hecho se observa claramente,

que durante el verano aumentan las especies denominadas "hierbas" (*Werneria spp.* y *Plantago spp.*, entre otras), las que presentan en general un mayor tenor proteico que las gramíneas y pseudogramíneas (Alzérreca y Cardozo, 1991; CORFO, 1982; Lailhacar, 1990), por lo cual es de esperar que su mayor aporte a la composición botánica del bofedal contribuya a disminuir la concentración energética y a aumentar el tenor proteico.

Sin duda los aspectos analizados afectan la productividad del ganado camélido que hace uso de ellos. Si se considera la concentración de energía metabolizable promedio del forraje obtenida en

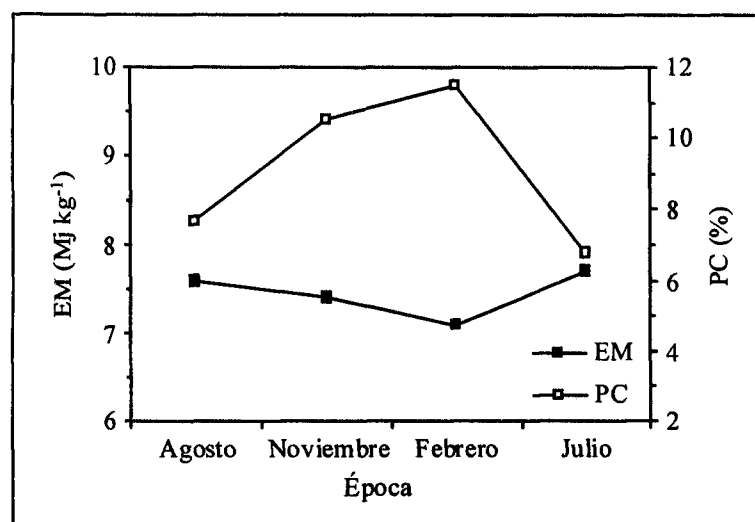


Figura 5. Variación de la concentración de energía metabolizable (EM) y el porcentaje de proteína cruda (PC) de la materia seca, de acuerdo a las diferentes épocas de evaluación.

Figure 5. Variations in metabolizable energy concentration (EM) and crude protein percentage (PC) of dry matter, according to different evaluation dates.

este estudio (7,5 Mj kg<sup>-1</sup>), y que una hembra alpaca de 52 kg de peso promedio tiene un requerimiento de energía metabolizable de 8,4 Mj día<sup>-1</sup> y un consumo de 2% del peso vivo (San Martín, 1991), el consumo de energía metabolizable no alcanzaría para satisfacer los requerimientos de mantención, y menos los asociados a los procesos de gestación y lactancia. Lo anterior indicaría que en estas circunstancias, fuera de hacer uso de sus reservas corporales el camélido emplea estrategias de pastoreo, tales como una mayor capacidad de selección, consumiendo una dieta compuesta por plantas de un mayor valor nutritivo que el promedio de la pradera (Castellaro *et al.*, datos no publicados) y, probablemente, aumentaría también la capacidad de ingestión, sobre todo en el período de lactancia (CSIRI, 1990).

Respecto de la proteína, Huasasquiche (1974) citado por San Martín (1991), menciona que para satisfacer el requerimiento proteico de mantención este tipo de animal debiera obtener una dieta con un porcentaje de proteína cruda de 6,5%, valor más bajo que el reportado por Adam (1990), el que menciona cifras entre 7 a 8%. Este último autor también menciona las concentraciones mínimas de proteína cruda del forraje necesarias para satisfacer los requerimientos de la gestación tardía y la lactancia, las cuales ascienden a 12-14%. Considerando estos valores y contrastándolos con los datos obtenidos en este estudio, es muy probable que los requerimientos proteicos de mantención sean cubiertos en una gran parte del año, pero durante la época seca e inicios de la época lluviosa, la pradera no aportaría la proteína necesaria para satisfacer los procesos de gestación y lactancia, afectándolos negativamente. De hecho San Martín (1991), señala que en los bofedales el contenido proteico alcanza niveles limitantes principalmente durante los meses de junio y julio.

## CONCLUSIONES

Existe una alta heterogeneidad en la condición de los bofedales del sector estudiado. Los que presentan grados de deterioro mayor, son dominados por la asociación *Festuca nardifolia* - *Oxichloe andina* - *Carex incurva*, lo que contrasta con aquellos en buena condición donde las especies dominantes son *Oxichloe andina* - *Festuca nardifolia* - *Distichia muscoides*.

Las variaciones de la proporción en la composición botánica de las especies anteriormente señaladas, constituye un claro indicador del estado en que se encuentran los bofedales del área, estando ello directamente relacionado con la calidad del pastizal.

En general existe una gran estacionalidad del crecimiento en estas praderas, lo que se refleja en mayores disponibilidades de MS en la época lluviosa. La proteína cruda sigue una tendencia similar, pero la concentración de energía metabolizable se mantiene relativamente constante a lo largo del año. De acuerdo con los valores encontrados en estas variables, la principal limitante para la producción animal lo constituye la concentración de energía metabolizable del forraje, siendo la proteína limitante sólo durante el período invernal e inicios del período estival.

Dadas las restricciones nutricionales antes mencionadas, los animales probablemente deban seleccionar forraje de una mayor calidad que el promedio presente en el pastizal, de forma que cubran sus requerimientos de mantención y además sean capaces de generar una cría y alimentarla.

Integrando los aspectos antes indicados en el índice de Valor Pastoral, para los pastizales del área, se puede estimar una capacidad teórica de sustentación que varía entre 0,31 y 0,36 UA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

## RESUMEN

Se estudiaron las variaciones anuales, tanto cualitativas como cuantitativas, que ocurren en los bofedales altioplánicos, de un sector de Parinacota, ubicados aproximadamente a 4.400 m.s.n.m. en 18°10' Latitud S. y 69°20' Longitud O. Se confeccionó un inventario florístico y se identificaron elementos vegetacionales, a través de la realización de una Carta de Ocupación de Tierras. En los elementos que correspondieron a bofedales y que estaban en condiciones de ser utilizados por el ganado, se determinó la composición botánica, disponibilidad de materia seca, concentración de energía metabolizable y proteína cruda, valor pastoral y valor forrajero. Las evaluaciones fueron llevadas a cabo durante la época seca - invernal (agosto y julio) y en la época lluviosa - estival (noviembre y febrero). La dinámica de la vegetación del bofedal mostró importantes diferencias entre la temporada de lluvias y la temporada seca. En composición botánica destacaron especies como: *Oxichloe andi-*

*na*, *Festuca nardifolia*, *Carex incurva* y *Distichia muscoides*. La disponibilidad de materia seca varió entre 1.382 y 3.089 kg ha<sup>-1</sup>, entre la época seca y la lluviosa, respectivamente. El contenido de energía metabolizable fue de 7,7 Mj kg<sup>-1</sup> en la temporada seca y 7,1 Mj kg<sup>-1</sup> en la temporada lluviosa. El porcentaje de proteína cruda varió entre 6,8% y 11,5% en los meses secos y lluviosos, respectivamente. De acuerdo a los valores encontrados en estas variables, la principal limitante para la producción animal lo constituye la concentración de energía metabolizable del forraje, siendo la proteína limitante sólo durante el período seco-invernal y a principios del período lluvioso-estival. A partir de los datos de Valor Pastoral de los bofedales, se estimó una capacidad teórica de sustentación que varía entre 0,31 y 0,36 UA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

**Palabras claves:** camélidos, bofedales, composición botánica, valor nutritivo, norte de Chile.

## LITERATURA CITADA

- ADAM, C. 1990. Camelids feeding. *In*: Rowett Research Institute and Macaulay Land Use Research Institute (Ed.) South American camelids. Aberdeen, Scotland. p. 11-18.
- ALZÉRRECA, H. 1990. Descripción y análisis de los ecosistemas altioplano y altoandino de Bolivia. *In*: Puignau J. (Ed.). Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el cono sur. IICA-PROCISUR. Montevideo, Uruguay. p. 145-161.
- ALZÉRRECA, H. Y CARDOZO, A. 1991. Valor de los alimentos para la ganadería andina. Serie técnica. IBTA/SR-CRSP/001. La Paz, Bolivia. 82 p.
- AOAC. 1960. Official methods of analysis. 11<sup>th</sup> ed. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C. William Harwist. 1.015 p.
- CORFO. 1982. Análisis de los Ecosistemas de la Primera Región de Chile. Soc. Agrícola Corfo Ltda.-U. de Chile. Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile. 195 p.
- DAGET, PH. ET POISSONET, J. 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies, criteres d'application. *Annales Agronomiques* 22: 5-41.
- DAGET, PH. ET POISSONET, J. 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages* 49: 31-39.

- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. 1995. Registros climatológicos. Estación Parinacota (ex Endesa). Ministerio de Obras Públicas. Departamento de Hidrología.
- ETIENNE, M.; CAVIEDES, E. Y CONTRERAS, D. 1979. Nuevo enfoque en la evaluación de la productividad de las praderas. IREN. CORFO. Seminario Metodología para el Desarrollo Zonas en Desertificación. Tomo II. p. 1-12.
- ETIENNE, M. Y PRADO, C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras: conceptos y manual de uso práctico. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Ciencias Agrícolas Nº 10. 120 p.
- FLORES, E. 1992. Manejo y evaluación de pastizales. Boletín divulgativo. Proyecto TTA. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial, Fundación para el Desarrollo del Agro, Organización Nacional Agraria. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 27 p.
- FLÓREZ, A. 1991. Pastos y forrajes. *In*: Novoa C. y Flórez A. (Eds.). Producción de rumiantes menores: alpacas. Lima, Perú. p.29-71.
- FLÓREZ, A. Y BRYANT, F. 1989. Manual de Pastos y Forrajes. Dirección General de Investigación Pecuaria. Programa de Investigación Pastos y Forrajes. Texas Tech University. Lima, Perú.
- GARRIDO, O. Y MANN, E. 1981. Composición química, digestibilidad y valor energético de una pradera permanente de pastoreo a través del año. Tesis Ingeniero Agrónomo, Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 63 p.
- HOLECHEK, J. L.; PIEPPER, R.D. AND HERBEL, C.H. 1989. Range management. Principles and practices. Englewood Cliffs, New Jersey. USA. 501 p.
- INRA. 1981. Alimentación de los rumiantes. Institut National de la Recherche Agronomique. Mundi-Prensa. Madrid, España. 697 p.
- LAILHACAR, S. 1990. Evaluación nutritiva de los recursos forrajeros naturales y naturalizados de la Iª Región. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Avances Producción Animal 15(1-2): 61-80.
- REINER, R.J. AND BRYANT, F.C. 1986. Botanical composition and nutritional quality of alpaca diets in two Andean rangeland communities. *J. Range Manag.* 39: 424-427.
- SAN MARTÍN, F. 1991. Alimentación y nutrición. *In*: Fernández-Baca, S. (Ed.) Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. Santiago, Chile. p. 213-261.
- SOIL SURVEY STAFF. 1992. Keys to soil taxonomy. 5<sup>th</sup> ed. SMSS Technical Monograph Nº 19. Pocahontas Press. Blacksburg, Virginia. USA. 541 p.
- CSIRO. 1990. Feeding standards for australian livestock. Ruminants. Standing committee on agriculture, ruminants subcommittee. East Melbourne, Victoria, Australia. 266 p.
- TRONCOSO, R. 1982. Evaluación de la capacidad de carga del Parque Nacional Lauca. CONAF. 1ª Región. Santiago, Chile. Informe de consultoría. 222 p.
- TRONCOSO, R. 1983. Caracterización ambiental del ecosistema bofedal de Parinacota y su relación con la vegetación. Tesis Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 252 p.