

PARA UN MEJOR APROVECHAMIENTO DE LOS FORRAJES NATIVOS: EL TRATAMIENTO QUÍMICO DE LA PAJA BRAVA Y THOLA*

Severo CHOQUE y Didier GENIN

INTRODUCCIÓN

Si hubiera que citar dos plantas para describir la vegetación del altiplano árido (central y sur) sería sin duda alguna la thola (*Parastrephia lepidophylla*) y la paja brava (*Festuca orthophylla*). Alzerreca y Lara (1988) reportan que la paja brava es la especie dominante en casi el 30% de la superficie del altiplano central de Bolivia, mientras que la thola, o más bien dicho las tholas (arbustos de la familia de las compuestas de los géneros *Parastrephia*, *Baccharis*, *Fabiana*), conforman extensas áreas de tholares, tholar-pajonales e invaden las tierras en descanso. Su distribución es más amplia todavía que la paja brava. Estas plantas representan los dos primeros grupos de los tres dominantes en el altiplano: gramíneas duras, arbustos y herbáceas blandas. Tienen características morfológicas y fisiológicas propias que les confieren propiedades bien diferentes desde un punto de vista forrajero. Son usualmente consideradas como especies forrajeras poco deseables por los técnicos especialistas en praderas nativas, pero por diferentes razones. En efecto, estas dos plantas representan dos casos ejemplares y opuestos en cuanto a sus ligados con la ecofisiología animal:

— por un lado, la paja brava es una especie muy palatable en el altiplano árido (índices de selección siempre positivos que sea en llamas o en ovinos, ver artículo de Villca y Genin en este libro) a pesar de que es muy tosca. La paja brava llega a conformar, en situación en donde los animales tienen posibilidad de escoger entre diferentes tipos de plantas, hasta casi un 40% de la

* Trabajo realizado en el marco del convenio IBTA - ORSTOM " Dinámicas de los sistemas de producción en el altiplano boliviano ".

dieta en llamas y un 30 % en ovinos en período seco. En período húmedo, la importancia en la dieta de esta planta es todavía del orden de 25% en ambas especies. Genin et al (1994) mostraron que el nivel de consumo de la paja brava es significativamente superior en llamas que en ovinos. En zonas de pajonal su contribución a la dieta de llamas y ovinos es siempre superior a 50%. En cuanto a composición química, Abasto (1993) reporta un contenido en proteína cruda variando de 1,4% al final del período seco a 6,6% en el mes de febrero, y contenidos en fibra cruda entre 40 y 45% de la materia seca. Este espectro químico conlleva a niveles de digestibilidad bajos: en llamas una digestibilidad *in vivo* de 54,2% de la materia seca en período húmedo y de 41,3% en período seco; en ovinos de 41,4% en período húmedo y de 39,4% en período seco.

— por otro lado, la thola presenta contenidos en proteínas crudas interesantes (ver Genin et al. en este libro) pero es muy poco consumida : del orden de 4% de la dieta a la vez en llamas y ovinos durante todo el año. La razón primaria de esta baja palatabilidad es la presencia de constituyentes secundarios producidos por algunos tipos de plantas y que corresponden a adaptaciones para protegerse de la herbivoría (Palo y Robbins, 1991). Estos constituyentes secundarios incluyen una gran diversidad de compuestos químicos como taninos, aceites esenciales, terpenos glucosinolatos, alcaloides, etc... Estos productos tienen características metabólicas y organolépticas desfavorables para el consumo (Rosenthal y Janzen, 1979; Provenza et al., 1991). Los aceites esenciales son particularmente importantes en las plantas de la familia de las compuestas (Lebreton, 1982). En un arbusto muy común en América del norte, *Artemisia tridentata*, varios estudios mostraron que su baja palatabilidad es relacionada con una alta concentración en monoterpenoide (Welch et al., 1981) y que los aceites esenciales que contiene reducen la fermentación bacteriana del rumen y el apetito del venado y de la vaca (Nagy et al., 1964). En el caso de los arbustos compuestos de la zona andina, algunos estudios en farmacognosia pusieron en evidencia moléculas que podrían tener propiedades antiacáridas de alguna utilidad en medicina veterinaria y humana (Bohlmann et al., 1979; Gonzalez et al., 1990; Ayma et al. en este libro).

La alimentación de los rumiantes en pastoreo es en el altiplano el factor limitante de primera importancia para la producción pecuaria. Y las condiciones socio-económicas en las que viven los pastores del altiplano árido impiden prácticamente tener acceso a insumos foráneos a la región. Un mejor aprovechamiento de los recursos nativos de la zona es en estas condiciones prácticamente la única alternativa para mejorar la alimentación del ganado. En este sentido, las características de las dos plantas en estudio constituyen un reto para los investigadores. En este artículo presentaremos algunas referencias técnicas sobre el interés del tratamiento químico de la paja y la thola para incrementar su utilización forrajera. En el caso de la paja brava, se trata mejorar su valor nutritivo, mediante tratamiento con hidróxido de sodio (soda cáustica) y urea; en el caso de la thola, se trata aumentar su palatabilidad, intentando de sacar de manera sencilla los aceites esenciales que contiene, mediante ebullición.

EL TRATAMIENTO QUÍMICO DE FORRAJES: SUS FINALIDADES

El tratamiento químico de los forrajes toscos es una práctica que data de la década de 1920 (Escobar y Parra, 1980). Se trata de permitir una mejor accesibilidad de la celulosa constituyente de las paredes celulares a las enzimas celulolíticas de origen microbiana del rumen. La soda cáustica (NaOH) representa uno de los insumos químicos de mayor aplicabilidad en el mejoramiento del valor alimenticio de los forrajes fibrosos (Manterola y Cerda, 1994). La urea, además de su efecto químico (Yameogo-Bougouma et al., 1995) es generalmente utilizada como suplemento nitrogenado para forrajes de bajo contenido protéico (Siebert y hunter, 1983).

El tratamiento con soda cáustica implica una solubilización de la hemicelulosa. También, causa disrupciones de la lignocelulosa que permiten aumentar la digestibilidad de las paredes celulares. Concomitadamente, el tratamiento con álcali permite incrementar el consumo voluntario, la ganancia de peso y la conversión alimenticia (Escobar y Parra, 1980). Así, Rodríguez (1983) mostró un incremento del consumo voluntario en ovinos de heno de cebada tratada con 2% de NaOH de casi el 20%. Estos datos son comparables a los encontrados por Ramirez et al. (1992) en el caso de broza de maíz tratada con 4% de NaOH. Estos autores observaron también un incremento en la digestibilidad de la materia orgánica en un 17%. En cabras, Wilke (1992) observa un decremento del 12% en el consumo de broza de maíz tratada con 5% de NaOH. Sin embargo, observa un incremento de la digestibilidad de la materia seca en un 8%. De una manera general, Escobar y Parra (1980) mostraron incrementos de la digestibilidad en un 6 a 37% en 15 forrajes diferentes tratados con álcali, respecto a los testigos. Estos autores mencionan que el tratamiento químico es más eficiente cuando se trata de forrajes con mayores contenidos en paredes celulares.

La urea es una fuente de nitrógeno muy barata para la alimentación de rumiantes quienes son capaces utilizar este producto gracias a las bacterias presentes en el rumen. Así, el tratamiento con urea permite en general aumentar el contenido en nitrógeno de la dieta, aumentar la ingestión y la digestibilidad (Fauconneau et al., 1970; Mgheni et al., 1993), aunque en algunos casos el resultado es deterrente para el consumo (Ullrey et al., 1971). Wilke (1992) insiste sobre el interés de realizar simultáneamente un tratamiento con NaOH y con urea para obtener un alimento de buena calidad. En cabras consumiendo broza de maíz, esta combinación permite un incremento de 10% en el consumo voluntario y de 13% en la digestibilidad de la energía bruta.

El problema de los constituyentes secundarios presentes en algunos tipos de plantas ha sido estudiado principalmente en cuanto a sus efectos en el comportamiento alimenticio y la fisiología animal. Se ha tratado, en ciencias pecuarias, de seleccionar ecotipos que presentan altos contenidos en nutrientes (proteína cruda en particular) y bajas concentraciones en constituyentes secundarios (Welchet et al., 1981). El tema de la extracción de los componentes químicos deterrentes para una mayor utilización de especies vegetales en la alimentación animal ha sido poco abordado y está en un esta-

do embrionario. Involucra estudios complejos para determinar las moléculas que causan problemas, sus efectos, sus niveles de toxicidad y las posibilidades aplicables de extracción.

PROCEDIMIENTOS

Se realizaron tres tipos de ensayos en Turco y Andamarca :

- Un ensayo de digestibilidad *in vivo* en corderos de 1 año de edad, en el cual se evaluó la digestibilidad de dos dietas:
 - * paja brava tratada con 3% de NaOH y 3% de urea (PNU),
 - * una mezcla conformada por 2/3 de paja brava tratada (PNU) y 1/3 de thola hervida (TH).
- Un ensayo de degradabilidad *in situ* de la paja brava en llama :
 - * sin tratar (P0)
 - * tratada con 3% de NaOH (PN)
 - * tratada con 3% de urea (PU)
 - * tratada con 3% de urea y 15% de melaza (PUM)
- Un ensayo de suplementación de corderos en pastoreo con un suministro de paja brava tratada (PNU) en cantidad correspondiente al 40% de su capacidad de ingestión diaria.

Acondicionamiento de los forrajes

La paja brava se cosechó en estado verde (febrero-marzo) de manera a aprovechar al máximo la presencia de nutrientes en la planta. Fue picada con guillotina a una longitud de 5 a 10 cm. En una primera fase, fue tratada con hidróxido de sodio en proporción de 3% diluido en agua a razón de 40% de la cantidad de forraje. El producto obtenido fue embolsado en lonas de polietileno tipo manga y dejado al sol durante 3 días. Después se puso a orear durante dos días. En una segunda fase, se agregó el tratamiento con urea de manera a que ésta no este afectada por la fuerte acción corrosiva del hidróxido de sodio. Se preparó una solución (40 litros de agua / 100 kg de forraje) con 3% de urea la cual fue rociada en forma homogénea sobre el forraje. Se embolsó herméticamente y dejó al sol durante 21 días de manera a favorecer la ureólisis. Luego se dejó orear dos días. En el caso de un solo tratamiento (PN o PU), se siguieron los mismos pasos de referencia antes mencionados. En el tratamiento PUM, la melaza fue incorporada a la solución que contenía la urea y rociada en el forraje.

La thola fue hervida durante 10 minutos, secada, mezclada con paja brava tratada a una relación de 1:2 y molida en un molino de martillos. Un ensayo preliminar mostró que, distribuida sola y sin tratar, la thola es rechazada completamente por los animales (llamas y ovinos). Es también rechazada cuando esta mezclada con heno de cebada o cuando se le agrega melaza (Abasto, 1993).

Determinación de la digestibilidad *in vivo* en corderos

Un ensayo de digestibilidad *in vivo* fue realizado en la estación experimental de PROCATUR¹ utilizando 4 ovinos machos de 1 año (peso vivo promedio 16 kg) por tratamiento. La metodología empleada siguió los pasos presentados por Demarquilly y Boisseau (1976) y está detallada por Abasto (1993). El período de acostumbamiento fue de 10 días; el período de recolección de datos (materia seca ofrecida, rechazada y producción de heces) de 8 días. Los coeficientes de digestibilidad de los distintos nutrientes se calcularon mediante la fórmula propuesta por Demarquilly y Boisseau (1976):

$$\text{Coef. dig.} = ((\text{NO}-\text{NR})-\text{NH})/(\text{NO}-\text{NR}) \times 100$$

donde: NO: Cantidad de nutriente ofrecida
NR: Cantidad de nutriente rechazada
NH: Cantidad de nutriente en las heces

Se realizaron análisis químicos sobre muestras de heces y de forraje ofrecido y rechazado para determinar los contenidos en MS, cenizas, FC, PC MG, EE y ELN, según las metodologías estándar (AOAC). La energía metabolizable (EM) ingerida fue estimada en base a la materia orgánica digestible (MOD), mediante la fórmula de Morgan (1974):

$$\text{EM (kcal)} = \text{MOD (g)} \times 4,4 \text{ kcal/g} \times 0,82$$

Los datos de referencia fueron tomados de Abasto (1993) quien realizó un ensayo de digestibilidad *in vivo* de la paja brava verde y seca no tratada en ovinos y llamas según la misma metodología y en las mismas condiciones (ver también Genin et al. 1994).

Degradabilidad *in situ* en llamas

Una evaluación del efecto de tres tratamientos (con 3% de NaOH (PN), con 3% de urea (PU) y con 3% de urea asociada con melaza (PUM)) de la paja brava sobre su degradabilidad *in situ* en llamas fue realizada según la metodología en vigor, la cual está descrita en Mehrez y Orskov (1977), Van Soest (1982), Michalet-Doreau (1987), Romero (1990) y Tichit (1994). Se utilizaron dos llamas fistulados al rumen a los cuales se colocaron muestras de forrajes (6 repeticiones por tratamiento), acondicionadas en bolsas de dacron estándares (poros de 30 μm), durante 48 horas. La diferencia entre el peso inicial y el peso final del forraje corresponde a su degradación en el rumen. Los animales tuvieron una dieta estándar conformada por heno de cebada.

Ensayo de suplementación al pastoreo en ovinos.

Se realizó un ensayo para evaluar el efecto de la suplementación de corderos de 1 año pastoreando en una pradera de tipo gramadal-pajonal

1. PROCATUR: Programa Camélidos de Turco (Tika Uta) dependiente de la Corporación de Desarrollo de Oruro (CORDEOR).

sobre la evolución de su peso vivo en período seco. La duración del ensayo fue de 42 días (11 de julio-22 de agosto). Se conformaron dos grupos de 4 corderos (peso vivo promedio 17 kg) : uno grupo testigo que se alimentó exclusivamente de la pradera, un grupo al cual se le suministró, cada mañana durante tres horas antes del pastoreo, una cantidad de 175 g/animal de paja brava tratada con 3% de NaOH y 3% de urea. Esta suplementación corresponde al 40% de la capacidad de ingestión diaria de los animales si se considera un consumo diario de 2,5% del peso vivo (San Martín y Bryant, 1989). Los animales fueron pesados cada semana en ayuno.

Los datos obtenidos en estos diferentes ensayos fueron procesados, por ensayo, mediante análisis de varianza. La prueba de Newman-Keuls fue utilizada para comparar los tratamientos. Los datos en porcentajes fueron sometidos a una transformación arcoseno (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS

Composición química de la paja brava tratada

El heno formado a partir de la cosecha de paja brava presenta un espectro químico muy desfavorable en términos forrajeros (cuadro 1): un contenido en proteína cruda de 1,6% de la M.S. y en FC de 42,4%. El tratamiento de la paja brava con 3% de NaOH y 3% de urea tuvo como consecuencias un aumento en un 500% del contenido en PC, debido al aporte de urea y una reducción en un 6% en FC, debido esencialmente a la hidrólisis de la hemicelulosa. Se observa también, en el cuadro 1, un aumento en el contenido en Cenizas en un 30%, lo cual es también reportado por Escobar y Parra (1981).

La dieta conformada por paja tratada y thola hervida (PNU+TH) presenta contenidos en proteína cruda (8,6% de la M.S.) interesantes para forrajes de praderas nativas, contenidos más altos en extracto etéreo reflejando mayor presencia de aceites esenciales y una concentración en fibra cruda próxima a la paja sin tratar (cuadro 1).

Cuadro 1

Composición química (en % de materia seca) de la paja brava sin tratar, tratada con NaOH y urea (PNU) y de la mezcla conformada por 2/3 de paja brava tratada (PNU) y 1/3 de thola hervida (TH).

	Paja brava sin Tratar	PNU	PNU+TH
materia orgánica (MO)	93,4	90,7	92,7
proteína cruda (PC)	1,6	6,25	8,6
fibra cruda (FC)	42,4	27,6	37,5
ceniza (C)	6,6	9,3	7,3
extracto etéreo (EE)	0,85	0,54	1,08
extracto libre de nitrógeno (ELN)	48,4	56,3	51,3

Digestibilidad *in vivo* en ovinos

Los coeficientes de digestión de los nutrientes de las dos dietas evaluadas están presentados en el cuadro 2. El tratamiento con NaOH y urea (PNU) permitió un incremento de la digestibilidad de la MS en un 34% respecto a la digestibilidad de la paja verde y en un 40% respecto a la paja seca (Figura 1). Para el tratamiento mezclando con la thola hervida (PNU + TH), un aumento en un 26 y 32%, respectivamente. En lo que concierne los diferentes nutrientes, los datos más resaltantes son un fuerte aumento en la digestibilidad de ELN y de EE. En FC se observa una disminución de la digestibilidad con el tratamiento PNU. Este dato está también reportado por Manterola et al. (1994) en el caso de paja de trigo tratada con álcali. Estos autores interpretan este hecho de la manera siguiente: el efecto del tratamiento consiste esencialmente en la ruptura de los enlaces entre hemicelulosa y lignina e hidrólisis de la primera. Así, lo que queda en FC es sobretodo los compuestos los más estrechamente asociados y poco digeribles, lo que podría explicar esta disminución de la digestibilidad de la FC.

Cuadro 2
Coefficientes de digestibilidad
***in vivo* en ovinos de la paja brava no tratada y tratada**

	Paja brava (Abasto, 1993)		Paja brava tratada	
	verde	seca	NaOH+urea PNU	molida PNU + TH
Coeficientes de digestión				
MS	41,4b*	39,4b	55,3a	52,2a
MO	42,3b	42,4b	56,8a	54,0a
PC	52,0a	-57,2d	47,8b	38,7c
FC	50,5b	52,6b	38,0c	63,4a
EE	17,9c	26,5b	49,6a	...
ELN	31,9d	35,9c	65,6a	54,8b
Consumo y performances				
Consumo				
g/animal/día	377,5	300,6	439,3	166,2
g/kg ^{0,75} /día	34,2b	30,8c	52,5a	21,8d
% P,V,	1,9	1,4	2,6	1,1
Energía				
metabolizable	68,7b	47,9c	112,5a	40,5d
(Kcal/Kg ^{0,75} /d)				
Variación de				
peso vivo (g/d)	-61	-282	+72,2	-133,3

* Los datos con letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,01$)

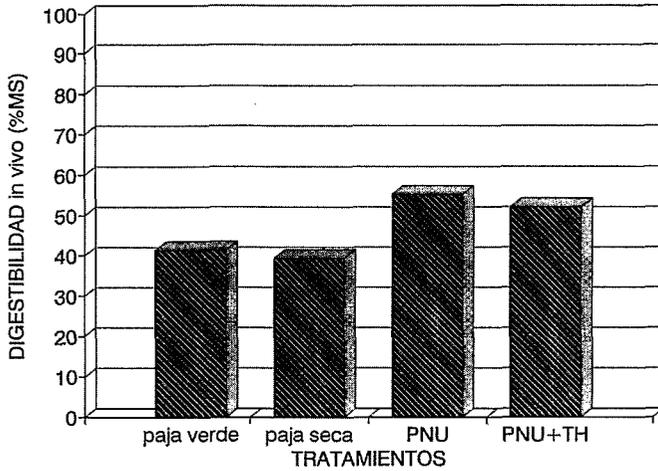


Figura 1
Digestibilidad *in vivo* de la paja brava tratada o no en ovinos

En cuanto a consumo (en $g/Kg^{0.75}$ / día), el tratamiento PNU conllevó a un incremento del 53,5 y del 70% en relación con la paja no tratada verde y seca, respectivamente. En el tratamiento PNU + TH, el consumo fue muy bajo, del orden de $22 g/kg^{0.75}$ / día, interpretado como la influencia negativa de la presencia de thola en la dieta. Sin embargo, los animales comieron este producto, mientras no quieren ingerir nada cuando la thola no es hervida (Abasto, 1993).

Las variaciones de peso muestran que solamente el tratamiento PNU permitió alcanzar un incremento de peso vivo (+72,2 g/d), cuya magnitud es bastante prometedora para la zona considerada. El decremento de peso con el tratamiento PNU + TH debe ser imputado al bajo consumo, mientras que en los ensayos con paja no tratada, se debe en primer lugar a la muy baja digestibilidad del producto.

El aporte estimado en energía metabolizable (EM) de la paja tratada se ubica por encima de los requerimientos de mantenimiento ($98 kcal/kg^{0.75}$ / d; NRC, 1975) y es relevante con los incrementos de peso observados. En los otros tratamientos los requerimientos en energía metabolizable no están cubiertos y presentan grandes déficits.

Degradabilidad *in situ* en llamas

El efecto del tratamiento de la paja brava sobre la digestibilidad *in situ* en llamas se muestra en la figura 2. Se observa un incremento de la degradabilidad *in situ* de la paja tratada con NaOH (PN) y urea+melaza (PUM) en un 32 y 10% respectivamente, con relación a la paja no tratada. Inversamente, se observa un decremento en un 36% con el tratamiento con urea sola (PU). Este resultado podría interpretarse como una acción tóxica de la urea en el rumen debido a la poca presencia de carbohidratos solubles, lo cual no per-

mite a las bacterias utilizar el nitrógeno no proteico de la urea. En efecto, Belasco (1954) mostró que la presencia de urea en grandes cantidades inhibe la actividad microbiana del rumen cuando la presencia de carbohidratos solubles es un factor limitante. En el mismo sentido, Ullrey et al. (1971) mencionan que la urea inhibe el desarrollo de los protozoarios del rumen y tiende a depreciar la concentración del propionato en beneficio del acetato. Estos autores concluyen que el nitrógeno no proteico puede ser utilizado con éxito solamente cuando la dieta contiene una cantidad suficiente en nutrientes energéticos fácilmente fermentecibles.

La adición de melaza y urea a la paja brava refleja este aspecto y permite un incremento de la degradabilidad *in situ* a 48h en un 70% con respecto al tratamiento PU. Resulta, sin embargo, que la soda cáustica, en las condiciones experimentales presentadas, permite un mayor incremento de la degradabilidad *in situ* de la materia seca que la melaza (diferencia de 20% entre los tratamientos PN y PUM). Aparece entonces necesario tratar prealablemente la paja brava con NaOH, o eventualmente agregar melaza, para tener un efecto positivo de la urea sobre la utilización del forraje.

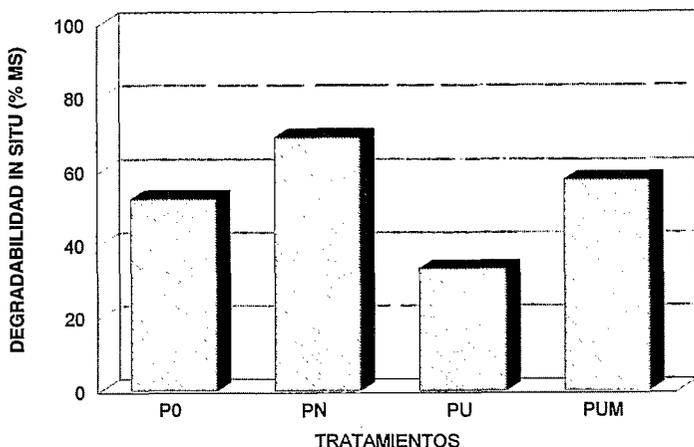


Figura 2
Degradabilidad *in situ* de la paja brava tratada o no en llama

Ensayo de suplementación en ovinos

El consumo promedio de paja tratada por el lote suplementado fue de 133 g/animal/día, lo que corresponde a un 76% del forraje ofrecido y a una estimación de 30% de la materia seca total consumida diariamente. Los 70% restantes fueron ingeridos en pastoreo, conformados principalmente por chiji blanco (*Distichlis humilis*), Chiji negro (*Mulhembergia fastigiata*) y paja brava (*Festuca orthophylla*) en estado seco. Se observa en la figura 3 diferencias significativas en la evolución promedio de peso vivo de los animales entre el lote suplementado y el lote testigo, con un incremento de peso de 57 g/animal/día en el primer caso y una pérdida de 5 g/animal/día en el segun-

do caso. Estos datos confirman los encontrados durante el ensayo de digestibilidad sobre el efecto positivo del tratamiento de la paja brava sobre el estado nutricional de los animales.

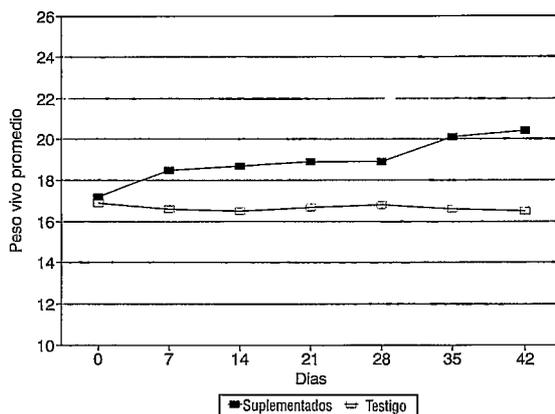


Figura 3
Variación de peso vivo de corderos suplementados con paja brava tratada

APLICACIONES

El tratamiento químico de la paja brava

Las experimentaciones antes presentadas demuestran el interés técnico del tratamiento de la paja brava para mejorar las condiciones nutricionales de animales pastoreando en pajonales en período seco. El reequilibraje del valor nutritivo de la paja brava implica que los dos tratamientos (soda cáustica o melaza y urea) estén realizados consecutivamente. El primer tratamiento permitiendo incrementar la digestibilidad de las paredes celulares; el segundo proveyendo nitrógeno. Esta planta puede así convertirse en un forraje de buena calidad para la alimentación del ganado del altiplano árido.

Sin embargo, otros ensayos de suplementación realizados con animales en pastoreo en tholares son más difíciles de interpretar y no parecen permitir llegar con tanta contundencia a estas conclusiones (Choque, en preparación; Magne en preparación).

Esta alternativa, en el estado actual de nuestro conocimiento, parece tener mucho más relevancia para las unidades de producción de pampa pajonal que tienen pocas posibilidades a ofrecer a sus animales en cuanto a zonas de pastoreo.

Varios autores mencionan que las cenizas de madera constituyen una fuente económica de material alcalino que puede reemplazar con bastante éxito la soda cáustica (Nolte et al., 1987). Ramirez et al. (1992) concluyen que el tratamiento de broza de maíz con una solución de cenizas de madera a 20% permite incrementar la utilización de este forraje fibroso por caprinos y

ovinos en proporción similar al tratamiento con 4% de hidróxido de sodio. Un ensayo específico con la paja brava sería oportuno para evaluar esta alternativa.

El caso de la thola

Los resultados de incremento de la palatabilidad de la thola que hemos obtenidos no son, en su estado actual, suficientes. Los consumos alcanzados mediante el hervimiento no permiten asegurar al animal un estado nutricional satisfactorio. Pensamos que el enfoque seguido y los primeros elementos que sacamos parecen bastante motivantes para seguir investigando sobre el tema a la vez en cuanto a los tipos de tratamientos a realizar (tiempo de ebullición, otros...) y a las formas de presentación del producto a los animales. Sin embargo, estudios químico-fisiológicos preliminares de base son necesarios para caracterizar mejor los productos en conflicto y determinar sus niveles de toxicidad para los animales. Será necesario también evaluar las eventuales incidencias del uso de la thola en la alimentación animal sobre las propiedades organolépticas y nutricionales de la carne.

Análisis económico preliminar

Estos ensayos tuvieron como objetivos de evaluar la factibilidad del tratamiento de la paja brava para mejorar su utilización por los animales. No se trató de buscar específicamente las operaciones óptimas en término de costos. Los datos reportados aquí reflejan los costos que hemos tenido a nivel experimental. Pensamos que existen posibilidades para reducirlos mediante compras por mayoreo, organización colectiva del trabajo, etc...

Presentamos a continuación una evaluación de la relación costos de producción/beneficios relativa al ensayo de suplementación de corderos con paja brava tratada con soda cáustica y urea.

* Material necesario :

hoces o desbrozadora
lona de plástico (tipo manga) o silo (a definir)
Recipientes para el preparado de las soluciones
con soda cáustica y urea
Guantes
Regadera
Guillotina para el picado de la paja brava.

* Insumos

Costo de 1kg de NaOH : 15 Bs
Costo de 1 Kg de urea : 0,80 Bs
Tasa de cambio 1 \$ U.S. = 4,75 Bs

* Relación costo/beneficio

El costo del tratamiento con 3% de NaOH y 3% de urea de 100kg de forraje está detallado en el cuadro 3, tomando en cuenta la cosecha y acondicionamiento de la paja brava, el costo de los aditivos (hidróxido y urea) y de la bolsa de polietileno. Los otros materiales, usuales en las fincas, no fueron tomados en cuenta en el costo de producción.

Cuadro 3
Costo de producción de 100 kg de forraje tratado (en \$ U.S.).

Cosecha y acondicionamiento de FEOR	2,00
Hidróxido de sodio	9,60
Urea	0,7
Polietileno	2,5
TOTAL	14,8

La evaluación del costo de producción de 1kg de forraje tratado corresponde a 0,148 \$ (0,70 Bs).

Si retomamos los datos del ensayo de suplementación en corderos que realizamos, el suministro diario de forraje tratado es 150 g/ovino/día, es decir un **costo diario por animal de 0,0222 \$ (0,10 Bs)**.

La ganancia de peso vivo en los animales alcanzó los 57 g/día con esta suplementación. El precio promedio de la carne de cordero es de 7 Bs (1,48 \$) y el rendimiento en carne de 50%.

El ingreso bruto estimado corresponde entonces, por animal, a :

$$57 \text{ g/d} * 7 \text{ Bs/kg} * 50\% = 0,20 \text{ Bs (0,04 \$) /animal/día}$$

El ingreso neto está así situado entre 0,09 y 0,10 Bs/animal/día.

A título de comparación, Guzman et al. (1994) en un ensayo de recuperación de llamas en descarte utilizando una suplementación a base de broza de quinoa, cebada grano, heno de alfalfa y afrechillo, llegan a un ingreso neto del orden de 0,12 Bs/animal/día (cálculos propios en base a los resultados presentados por estos autores). Sin embargo, para el occidente orureño se debería además tomar en cuenta los gastos adicionales ligados al transporte de estos productos porque no son disponibles en la zona, lo que reduciría considerablemente el ingreso neto. Además, el costo global de producción es mucho más alto, lo que requeriría mayores capitales de inversión.

CONCLUSIÓN

El tratamiento químico de la paja brava constituye, en principio, una alternativa técnica y económicamente interesante para las unidades de producción localizadas en zonas de pajonales del altiplano árido. Esta técnica puede realizarse relativamente fácilmente en las estancias. No requiere de mucho material y utiliza como materia prima recursos directamente disponibles. Además, esta alternativa puede representar, para toda la zona, un gran aporte para una mayor seguridad en la producción pecuaria. En efecto, son frecuentes en el altiplano árido, los accidentes climáticos (sequía prolongada, fuerte caída de nieve que impide el pastoreo) que conllevan a una fuerte mortalidad animal y a veces ponen en peligro la reproducción misma de la unidad de producción. La posibilidad de disponer de alimentos de reserva o de emergencia puede superar este grave problema cuando estos fenómenos ocurren, constituyéndose así en una herramienta adaptada de manejo de la alimentación animal.

Sin embargo, esta alternativa tiene que ser validada a nivel campesino, en particular en lo que se refiere al interés que puede suscitar, al uso de la mano de obra familiar y al tipo manejo de los pajonales a promover para garantizar la perennidad del recurso.

ESTABLECIMIENTO DE NUEVOS BOFEDALES EN LA ZONA OCCIDENTAL DEL DEPARTAMENTO DE ORURO*

Víctor ALVAREZ

INTRODUCCIÓN

El Programa de Autodesarrollo Campesino - PAC I Oruro, en los últimos años, ha apoyado el establecimiento de nuevos bofedales en la zona occidental del Departamento, debido a que la pradera nativa, conocida también como campos nativos de pastoreo (CANAPA), es la base alimenticia de la población pecuaria establecida en la región occidental de Bolivia y, en forma particular, en el departamento de Oruro.

La pradera nativa se caracteriza fundamentalmente por su resistencia a las condiciones extremas del clima predominante en el altiplano, donde las temperaturas mínimas llegan hasta 17°C y las bajas precipitaciones que tiene la zona alcanzan un promedio de 250 a 300 mm/año.

La pradera nativa está representada por: tholares (*Parastrephia lephidophylla*), pajonales (*Stipa ichu* y *Festuca orthophylla*), totorales (*Schenoplectus totora*), chilliwares (*Festuca dolichophylla*), arbustiva (*Sueda foliosa*), matorrales (*Polylepis sp.*) y los bofedales, entre los más importantes.

EL BOFEDAL

El bofedal se caracteriza por su composición florística de especies hidrófilas perennes y de alto rendimiento forrajero, comparado con los otros componentes de la pradera nativa.

Los bofedales se conocen también con el nombre de turberas o vegas andinas. Son formaciones naturales que se encuentran principalmente en

* Trabajo realizado en el marco del Programa de Autodesarrollo Campesino de Oruro.

zonas donde se cuenta con abundante cantidad de agua que pueda saturar el suelo, ya sea con agua proveniente de vertientes o de deshielos. Esto facilita el establecimiento de especies forrajeras aprovechables por las alpacas, para las que constituye su medio privilegiado de alimentación.

Según Alzérreca (1976), los bofedales se diferencian en función de la altura en que se desarrollan, y de la calidad, cantidad y permanencia del agua que los riega. Las especies que forman el bofedal alcanzan algunos centímetros de altura hasta conformar un tapiz.

Las principales especies que se encuentran en un bofedal son las siguientes: *chiji blanco* (*Distichlis humilis*), *crepillo* (*Calamagrostis curvula*), *cebadilla* (*Bromus unioloides*), *chiji negro* (*Mulhenbergia fastigiata*), *cola de ratón* (*Hordeum muticum*), *llapa* (*Mulhenbergia peruviana*) y otras (Alzérreca y Lara, 1987).

Dada la fragilidad de las diferentes especies pratenses que componen el bofedal, los camélidos son los únicos que se adecúan muy bien a esas condiciones por la conformación almohadillada de sus patas, que facilitan la conservación del bofedal, así como por su hábito de pastoreo que le permite cortar el pasto, a diferencia de los ovinos, que lo arrancan.

MANEJO TRADICIONAL DE BOFEDALES

La superficie de la pradera nativa bajo riego, comparada con la superficie total de la pradera nativa del altiplano, es mínima.

Esa superficie mínima, por diferentes razones como la poca disponibilidad de agua y la estructura de los suelos, resulta insuficiente para la población ganadera, de manera que existe, muchas veces, un aprovechamiento incorrecto de la misma, es decir, un sobrepastoreo.

La degradación de la pradera nativa, y del bofedal en particular, se ve agravada, en algunos casos, por el aprovechamiento de tepes por parte de los ganaderos, así como por la cría de porcinos que prácticamente destruyen el bofedal.

De manera general, las tierras donde encontramos bofedales son comunales, es decir, lugares donde tienen acceso los animales de todos los miembros de la comunidad. En esas condiciones, se explota al máximo la producción forrajera, sin tomar en cuenta la rotación. Esta situación hace necesario el establecimiento de potreros que permitan un aprovechamiento óptimo.

Las investigaciones realizadas en praderas nativas han mostrado que el pastoreo continuo, con una carga animal adecuada, puede mantener la condición del pastizal sin deteriorarlo. Sin embargo, debe señalarse que en los bofedales, donde los animales permanecen por largos períodos alimentándose en el mismo sitio, algunas especies palatables y decrecientes son consumidas más de una vez en estado de rebrote inicial, que es el de mayor valor nutritivo, pero que afecta sus reservas de carbohidratos. Esto provoca que muchas plantas mueran por falta de energía para continuar rebrotando y, con el tiempo, se produzca un cambio en la composición del bofedal.

SECUELA DEL DEFICIT ALIMENTICIO

En la ganadería, de manera general, la ausencia de una alimentación adecuada causa las siguientes secuelas:

- a) **Constitución débil del animal**
En las alpacas, de manera particular y pese a su extrema rusticidad, la mala alimentación tiene directa relación con la constitución física que le permita adaptarse al difícil ecosistema donde vive. Para contrarrestar los rigores del clima altoandino, existe, entre los ganaderos, la tendencia a criar animales de una constitución fuerte.
- b) **Deficiente producción de lana y carne**
Los camélidos, en especial las alpacas, como resultado del déficit alimenticio, producen fibras muy finas y consecuentemente vellones de poco peso. Esta condición contribuye a una esquila bianual en vez de anual; asimismo, una constitución deficiente tiene directa relación con la baja producción de carne.
- c) **Mayor susceptibilidad a enfermedades y parasitosis**
Una alimentación deficiente contribuye a que los animales sean muy receptivos a la infestación parasitaria y posiblemente también a muchas enfermedades infecciosas.
- d) **Baja fertilidad**
La mala alimentación tiene relación directa con una baja tasa ovulatoria, lo que podría ser la causa de la baja fertilidad de las alpacas, inclusive, del fuerte porcentaje de pérdida embrionaria en los camélidos (Calle, 1982).

EL APOYO DEL PAC EN BOFEDALES

Cuando el proyecto decidió apoyar las acciones tendientes a establecer nuevos bofedales, el objetivo principal fue obtener la mejora de la pradera nativa y, consecuentemente, una mayor producción de forraje.

Pese al elevado costo que significa el establecimiento de nuevos bofedales, el PAC ha desplegado acciones en este rubro. Es así que fueron construidas dos tomas sobre el río Lauca y sobre el río Sajama en las comunidades Aucamaya, Payrumani y Lagunas. De estas tres comunidades, el bofedal de Aucamaya, en la provincia Litoral, es el que tiene mejores resultados, con una superficie de riego que alcanza aproximadamente 120 ha y donde se ha introducido una nueva especie forrajera, la totora.

El fomento de la rotación y/o establecimiento de potreros está en función directa del costo de los materiales a utilizarse, y del costo del establecimiento de los mismos, ya que por las condiciones propias del bofedal, no pueden realizarse con otro tipo de materiales locales como la piedra en las pircas.

En las últimas gestiones agrícolas, se ha fomentado esta rotación en alguna medida, con el establecimiento de alambradas. Un ejemplo es el caso de las comunidades de Curahuara-Sajama, donde el Fondo Rotatorio del

PAC vendió 120 rollos de alambre de púas y postes de madera (gestión 91-92). Una situación similar se encuentra en la comunidad Sacabaya-Atahuallpa.

La rotación de pastizales posibilita la concentración temporal de un mayor número de cabezas por potrero, lo que permite también que otros potreros entren en descanso. Esto facilita una mejor producción de forrajes tanto en cantidad como en calidad, debido a que no se interrumpe el crecimiento de las plantas. Además, las rotaciones permiten un mejor uso del agua.

ESTABLECIMIENTO DE UN NUEVO BOFEDAL, CASO AUCAMAYA

Para alcanzar un desarrollo óptimo de los nuevos bofedales, el Programa ha considerado los siguientes aspectos:

a) Promoción e información

Para definir la realización de obras de infraestructura, el Programa, mediante el concurso del extensionista y el residente civil en los sub-centros, toma contacto con los posibles beneficiarios, con los que define aspectos como:

- estudio socio-económico de la comunidad;
- inspección y/o aforamiento del caudal de la vertiente y/o el río; - obtención de datos técnicos;
- organización del grupo de Producción;
- elaboración de la carpeta técnica (planos, cómputos métricos, costo de la obra);
- aprobación de la obra e inclusión del costo en el presupuesto zonal;
- ejecución de la obra;
- entrega de la obra y de la planilla de costos a los beneficiarios y al Fondo Rotatorio del Programa; y
- acciones de capacitación y seguimiento.

b) Infraestructura

En el caso de la comunidad Aucamaya, la obra de infraestructura comprende la construcción de una bocatoma con dos puertas deslizantes, construcción de muros protectores, 10 m aguas arriba y 5 m aguas abajo, canal revestido hasta 600 m y un largo total de 3.000 m con un ancho promedio de 2 m, canales secundarios de tierra en forma trapezoidal desde 1,5 hasta 0,5 m, con una longitud de 3.500 m y canales terciarios hasta el desemboque. Para el establecimiento de los canales primarios y secundarios fue utilizado un tractor con orugas.

Los canales terciarios y el mantenimiento de los primeros se realizaron con la participación directa de los beneficiarios.

En promedio, para la zona, se estima el costo de la infraestructura ne-

cesaria para el establecimiento de los bofedales en \$us 8.000 para una superficie de 80 ha bajo riego.

El costo y las dimensiones están en función directa del caudal del agua, pendiente del suelo y área a irrigar.

c) Desarrollo del bofedal

Para un desarrollo óptimo del bofedal nuevo es necesario lograr la sobresaturación de los suelos, lo que se consigue al inicio, a través de una prolongada inundación del terreno con ingentes cantidades de agua.

El establecimiento de un bofedal no sólo depende de la cantidad de agua disponible, sino también de la directa participación de los ganaderos. Es decir, para el establecimiento de un nuevo bofedal, se debe crear "pequeñas lagunas", de manera que el agua no tome un solo curso, provocando así una erosión hídrica. Ese tipo de manejo promueve también la acumulación de sedimento y, consiguientemente, una nivelación del terreno.

La sobresaturación de suelos conduce a la eliminación de especies nativas como la thola, la paja brava y otras especies no hidrofílicas. Esta acción es favorecida por las bajas temperaturas entre los meses de mayo a septiembre; permite también el lavado de los suelos, que por naturaleza son salinos en el altiplano.

Una vez realizada la secuencia indicada, el riego permanente conduce al establecimiento de nuevas especies pratenses que, con el tiempo, constituyen la base del bofedal. Las nuevas especies pratenses llegan a establecerse también en los canales primarios y secundarios, de manera que facilitan, en alguna medida, la conservación de los mismos.

En épocas de alta precipitación pluvial, la entrada del agua a los bofedales es regulada mediante el uso adecuado de las compuertas.

d) Participación comunal

En toda el área de acción de la zona occidental del Programa y, a pesar del tiempo, se conservan las formas de trabajo y organización comunal. Así, se sigue practicando el *ayni* y la *minka*. Dentro de la organización tradicional, el *ayllu* y sus autoridades originarias se mantienen de tal manera que en los últimos años, ha sido posible organizar y apoyar encuentros de autoridades comunales, conocidos institucionalmente como Encuentro de *Jilacatas* y Corregidores de Jacha Carangas.

En diferentes *markas* de la zona, se realizó un total de seis encuentros. Precisamente, una de las conclusiones de esos eventos ha sido definir la participación comunal en las diferentes obras de infraestructura. Esa participación, al presente, alcanza a cubrir un 30% del costo de los materiales no locales, es decir, parte del costo del fierro, cemento, politubo y otros, además de un aporte de 3% en favor de *Jacha Carangas*. Es importante señalar que el aporte del 33% no incluye la mano de obra no calificada de parte de los beneficiarios, quienes además participan en las labores de acopio y transporte de materiales locales.

En el caso del beneficiario, ese valor puede ser transferido al Fondo Rotatorio del Programa, de manera que las familias beneficiadas puedan efectuar su pago en un plazo de 1 a 2 años.

CONSERVACION DE BOFEDALES

Para la conservación óptima de bofedales es necesario considerar algunos aspectos de importancia:

a) Suministro regular del agua

El suministro regular de agua está en relación directa a la misma vida útil del bofedal. Cuanto más irregular sea la provisión de agua, menor será el rendimiento de la pradera.

b) Evitar el uso de aguas contaminadas

Las aguas contaminadas pueden provenir de fuentes naturales (aguas salinas), así como del tratamiento de minerales y/o baños antisépticos.

c) Evitar la presencia de porcinos

Los porcinos, al buscar raíces para su alimentación, prácticamente "revuelven" el suelo ocasionando una secuela de perjuicios (desnivelación, desvío del agua y eliminación de especies pratenses).

d) Evitar la sobrecarga animal

A diferencia de los otros componentes de la pradera nativa, en el bofedal la producción de forraje es continua, lo que le permite resistir una alta carga animal, que en promedio alcanza a 3 unidades de alpacas/ha/año. Consecuentemente, una mayor cantidad de ganado provocará, según el caso, una degradación.

e) Favorecer el establecimiento de potreros que permitan realizar la rotación del pastoreo

El uso de claustros o potreros contribuye de manera directa al buen aprovechamiento de la producción de la pradera.

f) Mantenimiento regular de todos los canales y de las compuertas

Al inicio del año agrícola y para un uso eficiente del sistema, es conveniente realizar una limpieza de todos los canales, así como realizar labores de mantenimiento en las compuertas. En ocasiones, un descuido de los ganaderos y la presencia de fenómenos naturales como el viento, pueden causar la inhabilitación total de los canales (se producen, por ejemplo, depósitos de arena en los canales).

g) Tratamientos fitosanitarios

Al tener el bofedal una alta concentración de animales, especies pratenses y agua, es también un lugar propicio para la incubación de plagas y enfermedades, por lo que es necesario realizar en forma regular tratamientos fitosanitarios.

El establecimiento de nuevos bofedales significa una mayor disponibilidad de forraje y, por lo tanto, una mejoría de la producción pecuaria. Sin embargo, un mal manejo del bofedal y, en su caso, el abandono de éste por

diferentes causas (disminución del caudal de la vertiente y/o del río, problemas de tenencia de la tierra, etc.), provocará la desertificación y un mayor empobrecimiento de los suelos, ya que la regeneración de la pradera nativa original es muy lenta y a largo plazo. La baja precipitación suele tornar aún más crítica esa situación.

RECOMENDACIONES

Por la experiencia desarrollada por el PAC, se recomienda:

- a) Apoyo y fomento al establecimiento de nuevos bofedales, así como apoyo directo a la producción y mejoramiento de la pradera nativa y, consecuentemente, a la producción ganadera.
- b) Aprovechamiento óptimo de los escasos recursos hídricos con que cuenta el altiplano.
- c) Capacitación y asistencia técnica en los rubros de sanidad animal, manejo y mejoramiento genético de camélidos.
- d) Capacitación permanente de los productores en el manejo y conservación de las praderas nativas y en el aprovechamiento óptimo de la producción de forrajes en los bofedales.
- e) Estudios pertinentes para el aprovechamiento de las aguas subterráneas.
- f) Tratamiento de aguas contaminadas (aguas salinas).

Es pertinente considerar que el apoyo y fomento institucional para el establecimiento de nuevos bofedales debe realizarse dentro de una política regional de desarrollo agropecuario, de manera que las comunidades ubicadas en las riberas de los ríos y/o vertientes puedan aprovechar el agua de una manera equitativa, como sucede en la comunidad Chipaya, cuya actividad económica está basada en el uso y aprovechamiento de las aguas del río Lauca.

Asimismo, el aprovechamiento de aguas subterráneas y/o profundas, debe sujetarse a estudios y programas definidos de desarrollo rural.