
CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE UN ENSILADO DE LUPINO (*Lupinus rotundiflorus*) CON RASTROJO DE MAÍZ Y EFECTO DE SU INCLUSIÓN EN DIETAS PARA BORREGOS PELIBUEY

José María Herrera Velazco, Pedro Macedonio García López, Ramón Rodríguez Macias,
María de Lourdes Isaac Virgen, Mario Alberto Ruiz López y Juan Francisco Zamora Natera

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue obtener y caracterizar un ensilado de forraje de *Lupinus rotundiflorus* (Lr) /rastrajo de maíz (rm) en proporción 75:25 y evaluar la respuesta productiva de borregos alimentados con este ensilado. La mezcla de forraje (Lr-rm) con melaza e inóculo fue ensilada en recipientes de 200 litros, cerrados herméticamente y almacenados a 22°C durante 30 días. En el ensilado se midió pH, contenido de ácido láctico, nitrógeno amoniacal (N-NH₃), materia seca (MS), proteínas, cenizas, FDN, FDA y alcaloides totales. Se estudiaron tres tratamientos: 0 (T0), 15% (T1) y 30% (T2) de ensilado en una dieta integral a base de sorgo-soya para 18 borregos Pelibuey (peso promedio inicial de 24,45kg) alo-

jados en corraletas individuales durante seis semanas, en un diseño de bloques al azar. Las variables peso final y ganancia de peso se sometieron a análisis de varianza. El pH del ensilado fue 3,9; 4,7% de ácido láctico y 9,6% de N-NH₃. El contenido de MS, proteína, cenizas, FDN y FDA fue de 38,48; 12,50; 6,81; 40,02 y 34,13%; respectivamente. El peso final y la ganancia de peso no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). La presencia de alcaloides en las dietas con ensilado no mostró efectos negativos tales como toxicidad o rechazo en el consumo de alimento. Los resultados sugieren que el ensilado Lr-rm en proporción 75:25 puede incluirse hasta en 30% en dietas para borregos.

Introducción

En varias regiones del mundo la producción de rumiantes en pastoreo se basa en forrajes nativos o introducidos como principal fuente de nutrientes. Sin embargo, no se utiliza la disponibilidad potencial de plantas forrajeras silvestres como leguminosas, con buen contenido y balance de proteínas, debido al efecto limitante de factores tóxicos y anti nutrientes, tales como taninos,

saponinas, aminoácidos tóxicos, oligosacáridos y alcaloides (D'Mello, 1995; Gilani *et al.*, 2005). En México hay diferentes especies silvestres del género *Lupinus* (Leguminosae) y generalmente no son consumidas por el ganado en pastoreo, pero las semillas de lupinos llegan a contener más de 28% de proteína (Ruiz y Sotelo, 2001; Ruiz *et al.*, 2006). *L. rotundiflorus* contiene 16,81% de proteína y 24,23% de materia seca (MS), por lo cual es

una especie silvestre con potencial forrajero (Ruiz *et al.*, 2006; Herrera *et al.*, 2010). El rechazo por rumiantes en pastoreo a las especies del género *Lupinus* se podría relacionar al sabor amargo debido a concentraciones altas de alcaloides (Panter *et al.*, 1994; Lee *et al.*, 2008). Estos compuestos, presentes en todas las especies del género *Lupinus*, son un mecanismo de defensa contra sus depredadores (insectos y mamíferos) (Wink, 1987). De

acuerdo con Pfister *et al.* (2001) los efectos de los alcaloides en los animales varían desde el rechazo del alimento hasta el aborto, defectos de nacimiento y muerte. En el norte de las América *L. argentinus* y *L. leucophyllus* son tóxicos para el ganado que ocasionalmente los consumen, causando la muerte en ovinos y la enfermedad del becerro encorvado en bovinos, efectos relacionados con la presencia de los alcaloides anagrina y

PALABRAS CLAVE / Alcaloides / Borregos Pelibuey / Ensilado / Forraje / Leguminosas / *Lupinus rotundiflorus* / Nutrición animal /

Recibido: 06/05/2014. Modificado: 27/03/2014. Aceptado: 30/03/2015.

José María Herrera-Velazco. Médico Veterinario Zootecnista, Maestro en Ciencias de la Nutrición Animal y Estudiante de posgrado en Ciencias en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas, Universidad de Guadalajara (UdG), México.
María de Lourdes Isaac-Virgen. Médica Veterinaria Zootecnista, Maestra en Ciencias de la Nutrición Animal y Doctora en Ciencias Pecuarias, UdG,

México. Profesora-Investigadora, UdG, México.
Juan Francisco Zamora-Natera. Ingeniero Agrónomo, UdG, México. Maestro en Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Autónoma de Nuevo León (UANL), México. Doctor en Ciencias Agrícolas, Colegio de Postgraduados (COLPOS), México. Profesor Investigador, UdG, México. Dirección: Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Carretera Guadalajara-Nogales, km 15.5, las Agujas, Nextipac, Zapopan Jalisco. C. P. 45101, México. e-mail: jfzamora@cucba.udg.mx
Pedro Macedonio García-López. Médico Veterinario Zootecnista, UdG, México. M.Sc. en Nutrición Animal, University of Delaware. EEUU. Profesor Investigador, UdG, México.
Mario Alberto Ruiz-López. Licenciado en Biología, y

Maestro en Ciencias de la Nutrición Animal, UdG, México. Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor Investigador, UdG, México.
Ramón Rodríguez-Macias. Ingeniero Agrónomo, UdG, México. Maestro en Ciencias Agrícolas, UANL, México. Doctor en Ciencias Agrícolas, COLPOS, México. Profesor Investigador, UdG, México.

NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF A LUPINE (*Lupinus rotundiflorus*) ENSILAGE WITH MAIZE STUBBLE AND THE EFFECT OF ITS INCLUSION IN THE DIET OF PELIBUEY SHEEP

José María Herrera Velazco, Pedro Macedonio García López, Ramón Rodríguez Macias, María de Lourdes Isaac Virgen, Mario Alberto Ruiz López and Juan Francisco Zamora Natera

SUMMARY

The aim of this study was to obtain and characterize an ensilage of *Lupinus rotundiflorus* (Lr) forage / maize stubble (ms) in a 75:25 proportion and to evaluate the productive response of sheep fed with such ensilage. The mixture of the Lr-ms forage with molasses and inoculum was ensiled in 200 liter containers hermetically closed and stored at 22°C during 30 days. In the ensilage, pH, lactic acid content, ammonia nitrogen (N-NH₃), dry matter (DM), ash, NDF, ADF and total alkaloids were determined. Three treatments were studied: 0 (T₀), 15% (T₁) and 30% (T₂) ensilage in an integral diet based on sorgum-soy administered to 18 Pelibuey sheep (average initial weight of

24.45kg) housed in individual corrals during six weeks. A random block design was used. The final weight and weight gain variables were tested by variance analysis. The ensilage pH was 3.9, lactic acid was 4.7% and N-NH₃ was 9.6%. DM, protein, ash, NDF and ADF contents were 38.48, 12.50, 6.81, 40.02 and 34.13%; respectively. Final weight and weight gain did not show significant differences ($p>0,05$) between treatments. The presence of alkaloids in the diets with ensilage did not have negative effects such as toxicity or rejection of feed consumption. Results suggest that the ensilage of Lr-ms in a 75:25 proportion can be added in up to 30% in the sheep diet.

CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE UM ENSILAGEM DE LUPINO (*Lupinus rotundiflorus*) COM PALHA DE MILHO E EFEITO DA SUA INCLUSÃO EM DIETAS PARA BORREGOS PELIBUEY

José María Herrera Velazco, Pedro Macedonio García López, Ramón Rodríguez Macias, María de Lourdes Isaac Virgen, Mario Alberto Ruiz López e Juan Francisco Zamora Natera

RESUMO

O objetivo desta investigação foi obter e caracterizar uma ensilagem de forragem de *Lupinus rotundiflorus* (Lr) /palha de milho (rm) em proporção 75:25 e avaliar a resposta produtiva de borregos alimentados com esta ensilagem. A mistura de forragem (Lr-rm) com melaço e inóculo foi ensilada em recipientes de 200 litros, fechados hermeticamente e armazenados a 22°C durante 30 dias. Na ensilagem se mediu pH, conteúdo de ácido láctico, nitrogênio amoniacal (N-NH₃), matéria seca (MS), proteínas, cinzas, FDN, FDA e alcaloides totais. Estudaram-se três tratamentos: 0 (T₀), 15% (T₁) e 30% (T₂) de ensilagem em uma dieta integral a base de sorgo-soja para 18 borregos Pelibuey (peso médio inicial de 24,45kg) alojados

em baias individuais durante seis semanas, em um desenho de blocos aleatórios. As variáveis, peso final e ganho de peso, foram submetidas a análises de variação. O pH da ensilagem foi 3,9; 4,7% de ácido láctico e 9,6% de N-NH₃. Os conteúdos de MS, proteína, cinzas, FDN e FDA foram de 38,48; 12,50; 6,81; 40,02 e 34,13%; respectivamente. O peso final e o ganho de peso não mostraram diferenças significativas entre tratamentos ($p>0,05$). A presença de alcaloides nas dietas com ensilagem não mostrou efeitos negativos tais como toxicidade ou rejeição no consumo de alimento. Os resultados sugerem que a ensilagem Lr-rm em proporção 75:25 pode incluir-se até em 30% em dietas para borregos.

amodendrina (Panter *et al.*, 1994; López-Ortiz, *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2008).

En la literatura revisada no se encontraron informes de la presencia de estos alcaloides en las especies de *Lupinus* presentes en el estado de Jalisco, México, pero la lupanina es el alcaloide mayoritario en *L. rotundiflorus*, el cual después de la esparteina es uno de los alcaloides más tóxicos de los lupinos (Ruiz y Sotelo, 2001; Przybylak, *et al.*, 2005). La reducción de alcaloides mediante mejoramiento genético en especies domesticadas como *L. albus* y *L. angustifolius*, permite aumentar la utilización de

granos y forrajes en la alimentación humana o animal sin riesgos de intoxicación (López-Bellido y Fuentes, 1986). En especies silvestres del género *Lupinus* la reducción de alcaloides mediante mejoramiento genético para su incorporación en la alimentación animal podría ser un proceso largo y costoso; por tanto, es necesario buscar alternativas que permitan aprovechar este recurso en la alimentación de rumiantes. El ensilaje podría ser un método alternativo para conservar y aprovechar el forraje en épocas de escasez (Garcés *et al.*, 2004). Mediante este proceso, se obtiene un alimento de

calidad y adecuadas características sensoriales (olor y sabor agradable), lo cual podría enmascarar el sabor amargo y desagradable que confieren los alcaloides, mejorando su palatabilidad, aceptación y consumo por pequeños rumiantes. La mezcla de forraje de lupinos con el forraje de otras especies convencionales en diferentes proporciones es una alternativa para reducir la concentración de alcaloides en el ensilado y así disminuir riesgos de intoxicación debido a un efecto de dilución, como se observó al combinar diferentes especies forrajeras (Kumar, 1992; Lascano y Palacios 1993). Al respecto

existen pocos reportes relacionados con el empleo del método de ensilaje para conservar el forraje de especies silvestres de lupinos (Herrera *et al.*, 2010), y no hay estudios para valorar el efecto de forraje de lupinos silvestres en variables productivas en borregos.

Por tanto, para aprovechar los recursos vegetales silvestres considerados tóxicos pero con alto potencial nutricional en la producción intensiva de ovinos, el objetivo de esta investigación fue obtener y caracterizar un ensilado de forraje de *Lupinus rotundiflorus* (Lr): rastrojo de maíz (rm) en proporción 75:25 y evaluar la respuesta

productiva de borregos alimentados con este ensilado.

Materiales y Métodos

Material vegetal

En marzo de 2010 se recolectaron plantas silvestres de *L. rotundiflorus* en la etapa de floración y formación de vainas, con ~4 meses desde la germinación. El área de recolecta se localizó al oeste del municipio de Atemajac de Brizuela, Jalisco, México (20°05'08"N y 103°35'05"O, a 2,250msnm). Las plantas se llevaron a las instalaciones del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), localizado en Las Agujas, Zapopan, Jalisco, para elaborar y evaluar el ensilado en la alimentación de borregos.

Mezcla lupino-rastrojo de maíz

El forraje de *L. rotundiflorus* (Lr) se deshidrató a 28°C hasta alcanzar una humedad del 65%, se cortó a un tamaño de partícula promedio de 2,5cm y se mezcló con rastrojo de maíz (rm) molido en proporción Lr:rm de 75:25 (peso/peso), lo cual facilita la acidificación de la masa del forraje y evita la fermentación butírica y generación de amoniacal (Herrera *et al.*, 2010). A la mezcla (Lr-rm) se le adicionó melaza (10%) e inóculo de bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus plantarum* y *Pediococcus pentosaceus*) a una concentración de 10⁶ ufc/g. Antes de elaborar la mezcla

vegetal a ensilar, se realizó un análisis químico proximal y fracciones de fibra FDA, FDN al forraje de *L. rotundiflorus* y al rastrojo de maíz por separado (Tabla I) con las técnicas descritas por Van Soest *et al.* (1991) y AOAC (2005). El contenido total de alcaloides en el forraje de lupinos se cuantificó con la técnica descrita por Wysocka y Przybyl (1994).

Ensilaje de la mezcla Lr-rm

La mezcla vegetal adicionada con melaza e inóculo se depositó en capas de 30cm, previa compactación, en recipientes metálicos cilíndricos con capacidad de 200 litros hasta su llenado. Los silos se cerraron herméticamente y se almacenaron a 22°C durante 30 días. Al día 31 se abrieron los silos, se tomó una muestra del ensilado y se registraron sus características organolépticas (color, olor, textura; Ojeda *et al.*, 1991). También se determinó por triplicado el contenido de ácido láctico de la siguiente manera: 15g de ensilado se mezclaron con 135ml de agua destilada y se homogeneizó en una licuadora Osterizer por 30s a alta velocidad y se filtró a través de dos capas de gasa. Del sobrenadante se utilizó 0,20ml para la determinación enzimática de L-lactato y D-lactato (Kit 826-UV7 Sigma Chemical, St. Louis, MO, EEUU). Para el análisis de D-lactato, la L-lactato deshidrogenasa se reemplazó por una cantidad similar de D-lactato deshidrogenasa (Sigma L-9636). Los ácidos L-láctico (Sigma

L-2250) y D-láctico (Sigma L-1000) fueron usados como estándares. La concentración total de ácido láctico se calculó como la suma de las concentraciones de L- y D-ácido láctico. El nitrógeno amoniacal NH₃-N (% de NT), pH, materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas, se determinaron según las técnicas en AOAC (2005). Se cuantificó las fracciones de FDN y FDA (Van Soest *et al.*, 1991). El contenido de alcaloides totales se determinó por un método gravimétrico (Wysocka y Przybyl, 1994).

Prueba de comportamiento

Se utilizaron 18 ovinos machos de la raza Pelibuey de ~4 meses de edad y peso inicial promedio de 25,65 ±3,79kg. Antes del experimento los animales fueron pesados, vacunados (*Pasteurella* y *Clostridium*) y desparasitados por vía oral para control de parásitos internos. Posteriormente los animales fueron divididos en tres grupos homogéneos (n= 6) de acuerdo con su peso inicial y

alojados individualmente en corraletas de 1,5×2,0m con altura de 1,5m a nivel del piso, donde permanecieron en confinamiento completo, hasta finalizar el estudio. Las corraletas fueron provistas de un comedero de plástico tipo tolva y un bebedero con chupones automáticos para suministrar agua *ad libitum*. Se formuló una dieta basal (T0, tratamiento control) de acuerdo a los requerimientos nutricionales diarios reportados por la NRC (2007) para ovinos en etapa de finalización y se formularon dos dietas experimentales (T1 y T2) con inclusión de 15 y 30% de ensilado, respectivamente (Tabla II). Los porcentajes de ingredientes en todas las dietas evaluadas se calcularon para obtener una composición química y un nivel energético similar para borregos en la etapa referida (Tabla III).

Tratamientos y diseño experimental

En el presente estudio se evaluaron las tres dietas formuladas como se mencionó

Tabla I
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE DE *L. rotundiflorus* (LR) Y DEL RASTROJO DE MAÍZ (RM) ANTES DE ENSILAR (% BASE SECA)

	Forraje de <i>L. rotundiflorus</i>	Rastrojo de maíz
Materia seca	24,23 ±0,68	90,21 ±0,81
Proteína cruda	16,81 ±0,62	4,05 ±0,64
Extracto etéreo	1,26 ±0,09	1,53 ±0,07
Cenizas	9,26 ±0,21	6,87 ±0,23
Fibra detergente neutra	51,50 ±0,90	69,01 ±1,00
Fibra detergente ácida	37,67 ±0,97	57,26 ±1,86
Alcaloides totales	1,23 ±0,02	-

Valores son media ±desviación estándar (n=3).

Tabla II
COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LAS DIETAS CONTROL Y EXPERIMENTALES

Ingredientes	% de ensilado en la dieta		
	0 (T0)	15% (T1)	30% (T2)
Sorgo entero	40	26,7	18,4
Cascarilla de soya	40	31,0	20,0
Pasta de soya	14	17,1	17,6
Melaza de caña	5	5	5
Ensilado de Lm-rm	-	15	30
Premivita	1	1	1
Lactomil*	0	4,2	8,0

Minerales/kg: P 0,6g; Ca 1,8g; NaCl 1,0g; Cu 5mg; Fe 50mg; I 1mg; Mg 40mg; Mn 60,25mg; Se 4mg.

* Grasa de coco certificada.

Tabla III
COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL (% BASE SECA) DE LAS DIETAS CONTROL Y EXPERIMENTALES

Nutrientes	% de ensilado en la dieta		
	0	15%	30%
Materia seca	92,56	85,39	85,77
Proteína cruda	15,29	15,49	15,37
Extracto etéreo	2,72	2,53	2,16
Cenizas	7,59	7,65	7,90
FDN	22,44	20,19	17,63
EM (Mcal/kg ⁻¹ MS) ^a	2,660	2,707	2,752

EM: energía metabolizable (valores calculados en base a tablas de NRC, 2007).

en el párrafo anterior. Los tratamientos T0, T1 y T2, corresponden a un nivel de inclusión de ensilado en la dieta basal de 0; 0,15% y 30% (Tabla III). Para cada tratamiento se utilizaron 6 animales (uno por repetición) y se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar. Además se utilizó el peso inicial de los borregos como covariable.

Mediciones

Los animales tuvieron un periodo de dos semanas de adaptación de manera paulatina a las dietas. La dieta correspondiente y agua (*ad libitum*) se proporcionó diariamente a las 9:00, previa recolección del rechazo del alimento. A partir de la segunda semana de adaptación los animales fueron pesados semanalmente para determinar la ganancia diaria de peso (durante siete semanas). El suministro y rechazo de alimento se cuantificó semanalmente para establecer el consumo diario por animal. Se registró el consumo voluntario de alimento diario por diferencia (alimento proporcionado menos el rechazado del día anterior). La ganancia de peso final se estimó como la diferencia entre peso final e inicial, mientras que la ganancia diaria de peso se determinó como la diferencia

entre el peso corporal final e inicial dividido entre el número de días de alimentación. Al final del experimento se tomó de los animales en estudio una muestra de sangre de la vena yugular para determinar la presencia de alcaloides en el suero mediante cromatografía de gases de columna capilar (Gardner y Panter, 1994).

Análisis estadístico

Los datos registrados de consumo voluntario de alimento, ganancia diaria de peso y ganancia final de peso, se sometieron a análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental propuesto (bloques al azar) utilizando el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences SPSS (IBM). Debido a que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0,05$) no se realizó una comparación de promedios.

Resultados y Discusión

Características fermentativas y composición química del ensilado

Las características visuales del ensilado obtenido fueron: color verde claro, olor agradable (dulce), en tanto que el valor de pH fue de $3,9 \pm 0,07$, los contenidos de ácido láctico y nitrógeno amoniacal NH_3N (% de NT en base seca) fueron $4,7 \pm 0,18$ y $9,4 \pm 2,04$ respectivamente (Tabla IV). Los forrajes de leguminosas presentan dificultades para ser ensilados debido a su bajo contenido de carbohidratos solubles, alto contenido de proteínas y elevada capacidad amortiguadora (McDonald *et al.*, 1991); no obstante, el ensilaje Lr-rm llevado a cabo bajo las condiciones particulares de este estudio resultó ser un proceso adecuado para su conservación. De tal manera que las características sensoriales, pH, N amoniacal y ácido

láctico del ensilado obtenido estuvieron dentro de los intervalos reportados en otros ensilados de lupinos silvestres (Herrera *et al.*, 2010). El análisis químico proximal del ensilado Lr-rm (Tabla IV) mostró un contenido de materia seca del 38,48%, valor que se debe principalmente a la MS aportada por el rastrojo de maíz a la mezcla y es superior al reportado para ensilados elaborados a partir de 100% de forraje de especies cultivadas tales como *L. albus* variedades Arthur y Nelly y *L. angustifolius* variedades Borweta y Bordako con valores de 16,2 a 19,0% y 20,5 a 26,7%, respectivamente (Fraser *et al.*, 2005a, b).

El contenido de proteína, FDN y FDA del ensilado fue de 12,5; 40,02 y 34,1%, respectivamente. En los ensilados elaborados a partir de forraje de *L. albus* (19%) y *L. angustifolius* (26%) se reportó un contenido de proteína mayor al del ensilado Lr-rm. Sin embargo, el contenido de PC en el ensilado Lr-rm es similar al reportado para otros ensilados de leguminosas y de gramíneas, por ejemplo en ensilados de *Lablab purpureans*-maíz este nutriente disminuyó de 14,4 a 12,5% al incrementar la proporción gramínea: leguminosa de 60:40 a 80:20 (Ngongoni *et al.*, 2008). Asimismo, el ensilado de forraje de *Lupinus luteus* variedad Wodji y triticale, mostró un valor de proteína de 11,4% (Dawson, 2012), inferior al registrado en el ensilado de Lr-rm.

El contenido de FDN de 40,02% en este ensilado fue inferior al reportado en ensilados de *Penisetum purpureum-Mucuna pruriens* y *Lablab purpureans*-maíz, de 53,9 y 59,5%, respectivamente. Con respecto al contenido de FDA de 34,1%, este fue ligeramente superior al que se registró en la mezcla de *Penisetum purpureum-Mucuna pruriens*, de 33,0%, pero superior al de *Lablab purpureans*-maíz, con 37,5% (Mbutiha y Gachui, 2003; Ngongoni, *et al.*, 2008). Las diferencias observadas en los valores de FDN y FDA entre los ensilados señalados y el de Lr-Rm deben atribuirse a los diferentes forrajes y sus proporciones que se incluyen en las mezclas, al contenido de FDN y FDA en los forrajes al momento (etapa fenológica) del corte, y la proporción tallos/hojas del material a ensilar (Fraser *et al.*, 2005b).

Contenido de alcaloides

En la Figura 1 se muestra el contenido de alcaloides en el forraje de *Lupinus rotundiflorus* antes de ensilar, en el ensilado de Lr-rm, y en las dietas con diferentes niveles de inclusión de ensilado Lr-rm. El contenido de alcaloides totales en el forraje de *L. rotundiflorus* y el ensilado Lr-rm fueron de 1,2 y 0,95% mientras que las dietas T1 y T2 registraron valores de alcaloides totales de 0,15 y 0,21% respectivamente, lo cual representa una disminución de 84 y 77% de estos

TABLA IV
CARACTERÍSTICAS
BIOQUÍMICAS Y COMPOSICIÓN
QUÍMICA PROXIMAL DEL
ENSILADO DE *L. rotundiflorus*-
RASTROJO DE MAÍZ DESPUÉS
DE 30 DÍAS DE FERMENTACIÓN
(% BASE SECA)

	3,9 (%)
pH	
Acido láctico	$4,7 \pm 0,52$
NH_3N (% de NT)	$9,4 \pm 1,05$
Materia seca	$38,48 \pm 1,48$
Proteína cruda	$12,50 \pm 0,08$
Extracto etéreo	$1,88 \pm 0,03$
Cenizas	$6,81 \pm 0,64$
FDN	$40,02 \pm 4,19$
FDA	$34,13 \pm 3,2$

FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida. Valores expresados como media \pm desviación estándar ($n=3$).

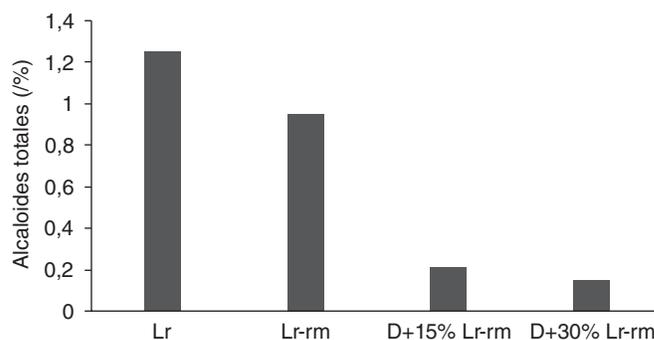


Figura 1. Alcaloides totales en el forraje de *Lupinus rotundiflorus* antes de ensilar (Lr), ensilado de *L. rotundiflorus* con rastrojo de maíz (Lr-rm) y en las dietas con sus respectivos niveles de inclusión de ensilado.

compuestos, con respecto al ensilado Lr-rm.

El contenido de alcaloides en las especies silvestres del género *Lupinus* es una limitante para su utilización en la alimentación animal. Con la adición de rm en un 25% al forraje de Lr se logró una disminución en el contenido de alcaloides totales en el ensilado de hasta un 21,0%, lo cual es atribuido al efecto de dilución. Según Mero y Udén (1990), Kumar (1992) y Lascano y Palacios (1993), la mezcla de especies forrajeras es una práctica común para reducir problemas de toxicidad, mejorar la palatabilidad y aumentar el consumo.

Los valores máximos de alcaloides en semillas y forraje de lupinos utilizadas en la alimentación humana o animal sin riesgo de intoxicación deben ser <0,02% (Gross *et al.*, 1976; Muzquiz y Burbano, 2005), el cual es un valor inferior al contenido de alcaloides registrado en las dietas a las que se les incluyó el ensilado de Lr-rm. También se reportó que los rumiantes son menos susceptibles que los monogástricos al efecto tóxico de los alcaloides (Panter *et al.*, 1994) e inclusive se presentan diferencias con respecto a la tolerancia de alcaloides en de una misma especie; por ejemplo, algunos estudios muestran que la tolerancia de borregos a la toxicidad de los alcaloides en condiciones de pastoreo se relacionó directamente con su condición corporal, de tal forma que los animales con inferior condición corporal fueron más susceptibles a la intoxicación de *L. argentus* (López-Ortiz *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2008).

Prueba de comportamiento en ovinos

El análisis de variancia realizado no mostró diferencias significativas en los parámetros productivos evaluados por efecto de las dietas ($P > 0,05$). Esto indica que independientemente de los niveles de inclusión de Lr-rm en la dieta, los animales no mostraron cambios en la respuesta productiva (Tabla V). Aunque los valores promedio de peso final, ganancia de peso y consumo de alimento son mayores en los animales que consumieron la dieta T0 (36,9; 13,5 y 64,6kg, respectivamente), no fueron estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos. Un comportamiento similar fue reportado en novillos de engorda en relación al peso vivo al sacrificio, ganancia de peso vivo y eficiencia alimenticia después de alimentarlos con ensilado de pastos, ensilado de pasto/ensilado de maíz, ensilado de pasto/ensilado de lupinos/triticale suplementados con 6 o 3kg de concentrado con un contenido de proteína y materia seca similar a la dieta utilizada en el presente estudio (Dawson, 2012). Es posible señalar que la palatabilidad del ensilado Lr-rm fue adecuada, ya que los animales lo consumieron en su totalidad. Sin embargo, no es posible establecer una comparación en el consumo de ensilados de leguminosas convencionales como la alfalfa y el trebol rojo (Speijers *et al.*, 2005) con respecto al ensilado Lr:rm de este estudio en borregos de engorda.

La similitud en la respuesta productiva de los borregos alimentados con las dietas T0 y

las experimentales con diferentes niveles de inclusión de ensilado (T1 y T2) puede ser explicada en función de que los niveles de alcaloides totales en éstas disminuyeron por efecto de dilución y a que los rumiantes presentan mayor resistencia a la toxicidad de estos compuestos. Además, es importante destacar que el análisis cromatográfico no detectó la presencia de alcaloides en suero de los borregos alimentados con las dietas que contenían el ensilado Lr-rm (T1 y T2), lo que explicaría la ausencia de signos de toxicidad y rechazo en el consumo de alimento por los animales que consumieron las dietas T1 y T2.

Conclusiones

Las características de fermentación y nutricionales del ensilado obtenido son adecuadas para ser considerado como un ingrediente alternativo en la alimentación de borregos hasta en un 30% de inclusión en la dieta. No se observaron signos aparentes de toxicidad y efectos adversos en los parámetros productivos de los borregos alimentados con el ensilado Lr-rm.

REFERENCIAS

- AOAC (2005) *Official Methods of Analysis*. 18ª ed. (William H, Latimer G Jr., Eds.). AOAC International. Gaithersburg, MD, EEUU. Ch. 4, pp. 24-44.
- Dawson LER (2012) The effect of inclusion of lupins/triticale whole crop silage in the diet of Winter finishing beef cattle on their performance and meat quality at two levels of concentrates. *Anim. Feed Sci. Technol.* 171: 75-84
- D'Mello JPF (1995) Anti-nutritional substances in legumes seeds. En D'Mello JPF, Devendra C (Eds.) *Tropical Legumes in Animal Nutrition*. CABI. Wallingford, RU. pp. 135-172.
- Fraser MD, Fychan AR, Jones R (2005a) The effect of harvest date and inoculation on the yield and fermentation characteristics of two varieties of white lupin (*Lupinus albus*) when ensiled as a whole-crop. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119: 307-322.
- Fraser MD, Fychan AR, Jones R (2005b) Comparative yield and chemical composition of two

varieties of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) when harvested as whole-crop, moist grain and dry grain. *Anim. Feed Sci. Technol.* 120: 43-50.

- Garcés MAM, L. Berrio RL, Ruiz AS, Serna de Leon JG, Builes AAF (2004) Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Rev. Lasallista Invest.* 1: 66-71.
- Gardner DR, Panter KE (1994) Ammodendrine and related piperidine alkaloid levels in the blood plasma of cattle, sheep and goats fed *Lupinus formosus*. *J. Nat. Toxins.* 3: 107-116.
- Gilani GS, Cockell KA, Sepher E (2005) Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. *J. AOAC Int.* 88: 967-987.
- Gross R, Morales E, Gross U, Von Baer E (1976) Lupine, a contribution to the human food supply. 3. Nutritional physiological study with lupine (*Lupinus albus*) flour. *Z. Ernährungswiss.* 15: 391-392.
- Herrera VJM, Isaac VML, Rodríguez MR, Zamora NJF, Ruiz LMA, García LPM (2010) Conservación del Forraje de *Lupinus rotundiflorus* M.E. Jones y *Lupinus exaltatus* Zucc. mediante ensilaje. *Interciencia* 35: 592-599.
- Kumar R (1992) *Antinutritional factors. The potential risks of toxicity and the methods to alleviate them*. En Speedy A, Pugliese PL (Eds.) *Legume Trees and other Fodder Trees as Protein Source for Livestock*. FAO Anim. Prod. Health Rev. 102: 145-160.
- Lascano CE, Palacios E (1993) Intake and digestibility by sheep fed mature grass alone and in combination with two tropical legumes. *Trop. Agric.* 70: 356-357.
- Lee ST, Panter KE, Pfister JA, Gardner DR, Welch KD (2008) The effect of body condition on serum concentrations of two teratogenic alkaloids (anagryne and amodendrine) from lupines (*Lupinus* species) that cause crooked calf disease. *J. Anim. Sci.* 86: 2771-2778.
- Lopez-Ortiz SK, Panter E, Pfister JA, Launchbaugh KL (2004) The effect of body condition on disposition of alkaloids from silvery lupine (*Lupinus argentus* Pursh) in sheep. *J. Anim. Sci.* 82: 2798-2805.
- Lopez-Bellido L, Fuentes M (1986) Lupin crop as an alternative source of protein. *Adv. Agron.* 40: 239-295.
- Mbuthia EW, Gachui CK (2003) Effect of inclusion of *Mucuna pruriens* and *Dolichos lablab* forage in Napier grass silage on silage quality and on voluntary

TABLA V
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO
DE BORREGOS ALIMENTADOS CON DIETAS A
DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DEL ENSILADO
DE *Lupinus rotundiflorus*-RASTROJO DE MAÍZ

Tratamientos	PI (kg)	PF (kg)	GPT (kg)	GPD (g)
0 (T0)	26,32 ±5,26	36,95 ±5,1	10,63 ±1,1	266
15 (T1)	25,42 ±3,57	35,70 ±3,9	10,28 ±0,94	255
30 (T2)	25,22 ±4,36	35,80 ±5,4	10,58 ±0,9	251

PI: peso inicial, PF: peso final, GPT: ganancia de peso total, GPD: ganancia de peso diaria.

- intake and digestibility in sheep. *Trop. Subtrop. Agroecosyst. 1*: 123-128.
- McDonald P, Henderson N, Heron S (1991) *The Biochemistry of Silage*. 2^a ed. Wiley. Chichester, RU. 340 pp.
- Mero RN, Udén P (1990) Effect of supplementing mature grass hay with dried *Leucaena* leaves on organic matter digestibility and voluntary intake by sheep. *Anim. Feed Sci. Technol. 31*: 1-8.
- Muzquiz M, Burbano C (2005) Bioactive Compounds in *Lupinus* spp.: Implications for Nutrition and Health. En van Santen E, Hill GD (Eds.) *Proc. 11th Int. Lupin Conference*. 4-9/05/2005. Guadalajara, México. Pp. 327-334.
- Ngongoni NT, Mwale M, Mapiye C, Moyo MT, Hamudikuwanda H, Titterton M (2008) Inclusion of lablab in maize and sorghum silages improves sheep performance. *Trop. Grasslands 42*: 188-192.
- NRC (2007) *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids*. 7^a ed.). National Research Council. National Academy Press. Washington, DC, EEUU. 384 pp.
- Ojeda F, Caceres O, Esperance M (1991) *Conservación de Forrajes*. Pueblo y Educación. Cuba. 80 pp.
- Panter KE, Gardner DR, Molyneux RJ (1994) Comparison of toxic and teratogenic effects of *Lupinus formosus*, *L. arbustus*, and *L. caudatus* in goats. *J. Nat. Toxins. 3*: 83-93.
- Pfister JA, Panter KE, Gardner DR, Stegelmeier BI, Ralphs MH, Molyneux RJ, Lee ST (2001) Alkaloids as anti-quality factors in plants on western U.S. rangelands. *J. Range Manag. 54*: 447-461.
- Przybylak JK, Ciesiolka D, Wysocka W, Garcia LP, Ruiz LM, Wysocki W, Gulewicz K (2005) Alkaloids profiles of Mexican wild lupin and effect of alkaloid preparation from *Lupinus exaltatus* seeds on growth and yield of paprika (*Capsicum annum* L.). *Ind. Crop. Prod. 21*: 1-7.
- Ruiz LMA, Sotelo A (2001) Chemical composition, nutritive value, and toxicology evaluation of mexican wild lupins. *J. Agric. Food Chem. 49*: 5336-5339.
- Ruiz LMA, Rodríguez MR, Navarro PS (2006) Evaluación químico-nutricional de *Lupinus exaltatus* Zucc. del nevado de Colima, México, como fuente potencial de forraje. *Interciencia 31*: 758-761.
- Speijers MHM, Fraser MD, Theobald VJ, Haresign W (2005) Effects of ensiled forage legumes on performance of store finishing lambs. *Anim. Feed Sci. Technol. 120*: 203-216.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci. 74*: 3583-3597.
- Wink M (1987) Quinolizidine alkaloids: Biochemistry, metabolism and function in plants and cell suspension cultures. *Planta Med. 53*: 509-514.
- Wysocka W, Przybyl KA (1994) Alkaloids from *Lupinus albus* L. and *Lupinus angustifolius* L.: An efficient method of extraction. *Sci. Legum. 1*: 37-50.