



## Reemplazo de alfalfa con *Tithonia diversifolia* en corderos alimentados con ensilado de caña de azúcar y pulidura de arroz



Esteban Vega Granados <sup>a</sup>

Leonor Sanginés García <sup>b</sup>

Agapito Gómez Gurrola <sup>c</sup>

Antonio Hernández-Ballesteros <sup>c</sup>

Lourdes Solano <sup>b</sup>

Francisco Escalera-Valente <sup>c</sup>

José Lenin Loya-Olguin <sup>c\*</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma de Nayarit. Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Tepic, Nayarit, México.

<sup>b</sup> Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Departamento de Nutrición Animal, Ciudad de México, México.

<sup>c</sup> Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Compostela Nayarit, México.

\* Autor de correspondencia: [joselenin28@hotmail.com](mailto:joselenin28@hotmail.com)

### Resumen:

El objetivo fue evaluar el efecto de reemplazo de la alfalfa (AA) con *Tithonia diversifolia* (TD) en dietas de corderos a base de ensilado de caña de azúcar (SCS), con o sin suplementación con pulidura de arroz (RP), sobre la digestibilidad *in vitro*, la retención de nitrógeno y el comportamiento productivo. Las dietas experimentales contenían lo siguiente: D1) 68.6 % de SCS y 29.4 % de TD; D2) 63.7 % de SCS y 34.3 % de AA; D3) 46 % de SCS, 22.6 % de TD y 29.4 % de RP; y, D4) 44.1 % de SCS, 24.5 % de AA y 29.4 % de RP. Las dietas fueron isoproteínicas e isocalóricas. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica fue mayor ( $P<0.05$ ) con D2 en comparación con D1

y aumentaron ( $P<0.05$ ) con la suplementación con RP, sin diferencias entre D3 y D4. De manera similar, el comportamiento productivo no fue diferente ( $P>0.05$ ) entre las dietas que contenían TD o AA. Sin embargo, RP mejoró ( $P<0.01$ ) el consumo de la materia seca, la ganancia diaria y la ganancia total de peso con ambos forrajes. En conclusión, en dietas a base de ensilado de caña de azúcar, el reemplazo de alfalfa con *Tithonia diversifolia* no tiene efecto sobre la digestibilidad de la materia seca, la retención de N o el comportamiento productivo. La complementación con la pulidura de arroz mejora la digestibilidad de la materia seca, la retención de N y el comportamiento productivo de animales alimentados con dietas ricas en forraje, como las que se utilizaron en este estudio.

**Palabras clave:** *Tithonia diversifolia*, Digestibilidad, Comportamiento productivo, Retención de nitrógeno.

Recibido: 31/03/2017

Aceptado: 20/02/2018

## Introducción

En las regiones tropicales, el forraje de la caña de azúcar es utilizada frecuentemente por los productores en la alimentación de rumiantes<sup>(1)</sup>. Debido al bajo costo de la materia seca producida y a que la cosecha coincide con la escasa disponibilidad de forraje, aunque el corte diario es una práctica común puede ser incosteable debido al trabajo implícito<sup>(2)</sup>. El ensilaje de la caña de azúcar es un método de conservación de forraje que puede aumentar la digestibilidad de la FDN<sup>(3)</sup> y los carbohidratos solubles<sup>(2,4,5)</sup>. Algunos efectos positivos sobre la digestión y el comportamiento productivo fomentan su investigación, por ejemplo, la proteína cruda del ensilado de caña azúcar<sup>(6)</sup> y la eficiencia alimenticia fueron mayores en las vacas lecheras alimentadas con ensilado de caña de azúcar inoculada respecto a la caña de azúcar fresca<sup>(7)</sup>. Sin embargo, su valor de TDN es bajo y el contenido de N del ensilado de caña de azúcar es insuficiente para mantener el equilibrio de N<sup>(8)</sup>.

El arbusto comúnmente llamado "botón de oro" o "girasol silvestre" (*Tithonia diversifolia*) contiene entre 14 y 28 % de proteína cruda, y tiene una alta degradabilidad ruminal de la materia seca y bajo contenido de fenol y taninos<sup>(9)</sup>. La proteína cruda de la *T. diversifolia* es similar a la alfalfa, pero la primera es más rustica. Además, el precio de la alfalfa es alto debido a su baja disponibilidad en estas regiones. Como una fuente de proteína económica, *T. diversifolia* puede utilizarse hasta en un 30 % de inclusión sin efecto negativo<sup>(10,11)</sup> en el comportamiento productivo y la digestibilidad.

Los suplementos de energía y N aumentan la eficiencia de los microorganismos ruminales de rumiantes alimentados con forraje<sup>(12)</sup>. Sin embargo, la digestibilidad del nitrógeno puede ser alterada por la fuente de energía debido a los diferentes sitios de la digestión<sup>(13)</sup>. La pulidura de arroz es un subproducto con una energía metabolizable similar y un mayor valor de proteína respecto a los granos de más uso como el sorgo y el maíz<sup>(14)</sup> debido a su alto contenido de proteínas y lípidos<sup>(15)</sup>. Se ha observado un balance positivo de N con dietas que incluyen del 25 al 50 % de pulidura de arroz en el concentrado de cabras lactantes<sup>(16)</sup> y vacas<sup>(17)</sup>. Además, la inclusión de pulidura de arroz en dietas en base a caña de azúcar ha mejorado el comportamiento productivo del ganado<sup>(18,19)</sup>, pero, no conocemos evidencia sobre la influencia de la suplementación de pulidura de arroz en dietas a base en ensilado de caña de azúcar. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la sustitución de alfalfa con *Tithonia diversifolia* en dietas de corderos a base de ensilado de caña, con y sin complementación con pulidura de arroz.

## Material y métodos

Los procedimientos con animales vivos se realizaron de acuerdo a los lineamientos oficiales aprobados para el uso y cuidado de los animales NOM-051-ZOO-1995; especificaciones técnicas para el cuidado y uso de animales de laboratorio.

Este experimento se realizó en la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nayarit ubicada en Compostela, Nayarit, México (21 ° 17'46" N y 104 ° 54' W).

La *T. diversifolia* se cosechó en la universidad 60 d después del último corte. Enseguida, el forraje se picó para obtener un tamaño de partícula entre 2 y 3 cm y se secó al sol durante 72 h volteándolo cada 24 h. El ensilado de caña de azúcar se preparó utilizando plantas de caña de azúcar enteras cosechadas (24 meses después de la siembra) en una parcela de suelo arcilloso cercana a la ubicación del experimento. Las plantas de caña de azúcar (SC) se picaron para obtener un tamaño de partícula entre 2 y 6 cm. Tres por ciento de inóculo artesanal (10 % de melaza de caña de azúcar, 0.5 % de urea, 5 % de pollinaza, 1 % de yogur y 83.5 % de agua)<sup>(20,21)</sup> 1 % de urea, 0.1 % de sulfato de amonio y 0.25 % de fosfato de diamónico (en base húmeda) se agregaron a la SC rociándolo sobre cada capa de caña de azúcar durante el ensilaje. El forraje de caña de azúcar se compactó con un tractor en cada capa de 30 cm y se cubrió con polietileno y 15 cm de suelo durante 45 días.

## Análisis químicos

Las dietas experimentales (Cuadro 1) y sus ingredientes se analizaron para la determinación de la materia seca (DM), proteína cruda (PC), cenizas y extracto etéreo (EE)<sup>(22)</sup>. Además, se les determinó el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (ADF)<sup>(23)</sup>. La energía bruta se determinó con una bomba calorimétrica<sup>(24)</sup>. La digestibilidad de la materia seca y materia orgánica se determinó *in vitro*<sup>(25)</sup>.

**Cuadro 1:** Ingredientes, composición química y energía bruta de las dietas experimentales

Variable	AA	TD	AA+RP	TD+RP
Ingrediente (%)				
Ensilado de caña de azúcar	63.73	68.63	44.12	46.08
<i>T. diversifolia</i>	-	29.41	-	22.55
Alfalfa	34.31	-	24.51	-
Pulidura de arroz	-	-	29.41	29.41
Premezcla mineral	0.98	0.98	0.98	0.98
Sal	0.98	0.98	0.98	0.98
Composición química (%)				
MS	91.33	93.12	91.14	92.71
PC	17.44	17.5	17.1	17.47
Cenizas	9.14	9.8	8.59	10.3
EE	1.01	1.05	3.92	3.47
FDN	50.55	52.85	49.84	44.75
FDA	32.16	34.65	27.16	26.19
Lignina	16.54	14.71	18.65	11.4
EB (Mcal/Kg)	3.76	3.76	3.97	3.86

AA= ensilado de caña de azúcar más alfalfa; TD= ensilado de caña de azúcar más *Tithonia diversifolia*;

TD+RP= ensilado de caña de azúcar, *Tithonia diversifolia*, y pulidura de arroz; AA+RP= alfalfa, ensilado de caña de azúcar y pulidura de arroz; MS= material seca; PC= proteína cruda; EE= extracto etéreo; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; EB= energía bruta.

Premezcla mineral con P (30%), Co (30 ppm), I (13 ppm), 26 ppm de Se (orgánico más inorgánico), Cu (230 ppm), 1170 ppm de Zn (orgánico más inorgánico), Mn (150 ppm), Cu (150 ppm), Cr (110 ppm), Fe 80 (ppm), Mg (0.9 ppm), amortiguador (60%), NaCl (1.35%), vitamina A (200,000 UI), vitamina D (100,000,000 UI), vitamina E (100,000 UI), Ionóforo (1200 ppm) y Ca (3%).

## Animales y dietas

Cuatro (4) borregos machos enteros Blackbelly ( $35 \pm 1.2$  kg de peso corporal) con cánulas en el rumen se utilizaron para determinar la retención de nitrógeno bajo un diseño

cuadrado latino 4 x 4. Estos animales se utilizaron como donantes de líquido ruminal para determinar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y la materia orgánica. Se alojaron en jaulas metabólicas individuales (60 x 180 cm) con pisos de malla de acero. El experimento consistió de cuatro períodos experimentales de 21 d, 14 para la adaptación a las dietas y 7 para la recolección de orina y heces. En el período de adaptación, se ofrecieron las dietas al 110 % de lo consumido el día anterior, para que los borregos tuvieran un consumo *ad libitum*. Durante el período de recolección de muestras, los borregos recibieron el 90 % del alimento ofrecido *ad libitum*. Cada animal recibió una dieta experimental diferente (Cuadro 1) en cada período. Dos dietas experimentales contenían alfalfa por su contenido similar de proteína a la *T. diversifolia* y el alto valor nutritivo de la alfalfa. La orina de cada animal se recolectó en un contenedor ubicado en el fondo de la jaula metabólica, mientras que las heces se recolectaron de una bolsa que fue colocada en el animal. Se tomó una muestra del 10 % de la orina y las heces recolectadas y se congelaron a -4 °C.

Se utilizaron veinte (20) corderos Blackbelly x Pelibuey (2 meses de edad) con un peso corporal promedio de  $11.5 \pm 2.99$  kg en la prueba de alimentación. Los animales se alojaron en corrales individuales (0.95 x 1.1 m) con una cama de paja de arroz que se volteó cada tercer día y se reemplazó cada dos semanas para mantenerlos secos. A cada cordero se le proporcionó comedero y bebedero individual. Las dietas experimentales se formularon para cubrir los requerimientos nutricionales de corderos de razas de pelo<sup>(26)</sup> (Cuadro 1). Estas fueron asignadas al azar a cada cordero y fueron tanto isocalóricas como isoproteínicas. Cada dieta se proporcionó a cinco corderos. Los animales se alimentaron *ad libitum* una vez al día a las 0800 h. Los primeros 7 días fueron para la adaptación a la dieta seguido de 119 días de prueba.

Los pesos corporales iniciales y finales se obtuvieron después de la alimentación matutina utilizando una báscula electrónica. Las ganancias de peso corporal se calcularon restando el peso anterior del peso actual. La ganancia diaria de peso corporal promedio se calculó dividiendo la ganancia de peso corporal entre el número de días transcurridos entre los pesajes.

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de la prueba para determinar el balance de nitrógeno se analizaron bajo un diseño Cuadrado latino de 4 x 4, mientras que los datos del experimento de alimentación se analizaron como un diseño completamente al azar utilizando el procedimiento GLM de SAS<sup>(27)</sup>. Las comparaciones entre las medias de los tratamientos se analizaron con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) cuando se detectaron diferencias significativas de tratamiento.

## Resultados

### Composición química de los alimentos

La composición química y la energía bruta de los ingredientes de las dietas experimentales se presentan en el Cuadro 2. La proteína bruta, la FDN y la FDA de *Tithonia diversifolia* fueron 30.7, 21 y 30 % más altas que la alfalfa, respectivamente. Sin embargo, el contenido de lignina calculado de la alfalfa fue 15.9 % más alto en comparación con el de la *T. diversifolia*. El pH del ensilado permitió una conservación óptima y se reflejó en términos de olor y color. Las fracciones de FDN y FDA de las dietas disminuyeron mientras que el contenido de extracto etéreo aumentó con la adición de pulidura de arroz.

**Cuadro 2:** Composición química (%) de los ingredientes de la dieta en base seca

Componente	<i>T. diversifolia</i>	Alfalfa	SCS	RP
MS	28.31	93.71	29.44	89.99
PC	23.54	18.01	13.36	14.37
Cenizas	16.82	10.94	8.72	7.08
EE	1.32	1.63	1.09	4.99
FDN	56.20	46.41	49.71	13.66
FDA	37.14	28.70	31.30	6.55
Lignina	19.10	22.13	13.42	3.21
EB (Mcal/Kg)	3.65	3.73	3.89	4.2
pH			3.57	

TD= forraje de *Tithonia diversifolia*; SCS= ensilado de caña; RP= pulidura de arroz, MS= materia seca; PC= proteína cruda; EE= extracto etéreo; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; EB= energía bruta.

### Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DDM) y la materia orgánica (OMD) se muestran en el Cuadro 3. La inclusión de pulidura de arroz aumentó ( $P<0.05$ ) la DDM y OMD solo en la dieta TD. La digestibilidad más baja se observó con la dieta TD, a pesar del contenido similar de FDN y FDA comparada con la dieta AA.

**Cuadro 3:** Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DDM) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (OMD) de las dietas experimentales (%)

Variable	AA	TD	AA+RP	TD+RP	EEM	P
DDM	63.91 b	59.82 c	65.13 b	68.93 a	0.3	<0.001
OMD	67.74 b	62.29 c	68.09 b	73.27 a	0.19	<0.001

AA= ensilado de caña de azúcar más alfalfa; TD= ensilado de caña de azúcar más *Tithonia diversifolia*; TD+RP= ensilado de caña de azúcar; *Tithonia diversifolia*, y pulidura de arroz; AA+RP= alfalfa, ensilado de caña de azúcar y pulidura de arroz; EEM= error estándar de la media.

### Balance de nitrógeno

El consumo de nitrógeno (N), la absorción de N y la retención de N (% y g de ingesta) aumentaron ( $P<0.05$ ) con la complementación con pulidura de arroz (RP), mientras que los niveles de N en orina aumentaron sin RP (Cuadro 4). La retención de N como porcentaje de N absorbido fue 30 % mayor con *T. diversifolia* en comparación con la alfalfa cuando no se agregó RP a las dietas. La retención de nitrógeno como porcentaje del N absorbido aumentó con la suplementación con RP en las dietas con alfalfa y con *T. diversifolia*.

**Cuadro 4:** Balance nitrógeno de corderos alimentados con dietas a base de ensilado de caña de azúcar suplementados con *Tithonia diversifolia* o alfalfa y pulidura de arroz

Variable	AA	TD	AA+RP	TD+RP	EEM	P
Consumo de N (g)	14.35 <i>b</i>	13.16 <i>b</i>	19.64 <i>a</i>	17.38 <i>a</i>	1.06	<0.01
N Fecal (g)	1.77	1.72	1.66	1.65	0.16	>0.05
N absorbido (%)	87.71 <i>b</i>	86.96 <i>b</i>	91.50 <i>a</i>	90.48 <i>a</i>	0.77	<0.01
N urinario (g día <sup>-1</sup> )	9.94 <i>a</i>	7.98 <i>b</i>	8.11 <i>b</i>	7.86 <i>b</i>	0.4	<0.01
Retención de N (g día <sup>-1</sup> )	3.12 <i>b</i>	3.46 <i>b</i>	7.74 <i>a</i>	7.87 <i>a</i>	1.24	<0.05
Retención de N (%)	21.54 <i>b</i>	26.28 <i>b</i>	38.86 <i>a</i>	45.24 <i>a</i>	4.91	<0.05

AA= ensilado de caña de azúcar más alfalfa; TD= ensilado de caña de azúcar más *Tithonia diversifolia*; TD+RP= ensilado de caña de azúcar; *Tithonia diversifolia*, y pulidura de arroz; AA+RP= alfalfa; ensilado de caña de azúcar y pulidura de arroz; EEM= error estándar de la media.

### Comportamiento productivo

El comportamiento productivo de los corderos alimentados con las diferentes dietas experimentales se muestra en el Cuadro 5. El consumo de alimento, la ganancia de peso diario promedio y la ganancia de peso total aumentaron ( $P<0.05$ ), mientras que la conversión alimenticia disminuyó ( $P=0.02$ ), con la inclusión de pulidura de arroz en las dietas con TD (TD+RP) y con alfalfa (AA+RP). No se observó diferencia entre las dietas con alfalfa y *T. diversifolia*, con o sin complementación de RP.

**Cuadro 5:** Comportamiento productivo de corderos alimentados con dietas a base de ensilado de caña de azúcar suplementados con *Tithonia diversifolia* o alfalfa y con o sin pulidura de arroz

Item	AA	TD	AA+RP	TD+RP	EEM	P
Peso inicial, kg	10.5 a	11.9 a	10.9 a	12.4 a	2.76	>0.05
Peso final, kg	13.3 b	14.35 ab	19.5 a	18.5 ab	3.37	>0.05
CMS, g d <sup>-1</sup>	336.5 b	341.5 b	512.1 a	443.7 a	45.98	<0.001
GDP, g d <sup>-1</sup>	23.7 b	20.8 b	72.5 a	51.7 a	15.07	<0.05
Ganancia total, kg	2.82 b	2.47 b	8.62 a	6.15 a	1.79	<0.001
CA	16.5 ab	19.04 a	7.5 c	8.71 bc	5.19	<0.05

Los valores de las medias en la misma hilera con diferente letra son diferentes ( $P < 0.05$ )

AA ensilado de caña de azúcar más alfalfa; TD= ensilado de caña de azúcar más *Tithonia diversifolia*; TD+RP= ensilado de caña de azúcar; *Tithonia diversifolia*, y pulidura de arroz, AA+RP= alfalfa, ensilado de caña de azúcar y pulidura de arroz; CMS= consumo de materia seca; GDP= ganancia diaria de peso, CA= conversión alimenticia.

## Discusión

El contenido de FDA de la *T. diversifolia* en este estudio es mayor que los valores reportados por diferentes autores<sup>(10)</sup>, quienes han utilizado solo las hojas de *T. diversifolia*, mientras que el contenido de PC coincide con otros<sup>(10,28)</sup>. El contenido de nutrientes de *T. diversifolia* depende de la edad y la parte de la planta<sup>(29)</sup>, mientras que el mayor contenido de cenizas de *T. diversifolia* en comparación con la alfalfa puede explicarse por su concentración elevada de minerales<sup>(30)</sup> como Ca, P y Mg<sup>(31)</sup>. El mayor contenido de FDN y FDA en las dietas sin RP refleja la mayor concentración de las fracciones de fibra en *T. diversifolia* y alfalfa en comparación con RP, mientras que el contenido de EE aumentó con la adición de RP. Concuera con el contenido más elevado de extracto etéreo en el concentrado a base de pulidura de arroz en comparación con el concentrado con salvado de trigo<sup>(17)</sup>. El contenido de proteína cruda del ensilado de caña de azúcar (13.36 %) fue mayor que aquellos sin inóculo<sup>(8)</sup>. El valor de pH del ensilado reflejó una buena fermentación<sup>(8)</sup> y estuvo alrededor de los reportados con caña de azúcar pura y caña de azúcar más 0.5 y 1 % de ácido fórmico<sup>(32)</sup>.

La solubilidad de la proteína (40 %) del forraje de *T. diversifolia*<sup>(33)</sup> es una desventaja para su uso de en altos niveles en dietas de corderos<sup>(28)</sup>, la cual se puede evitar al incluir carbohidratos de fermentación rápida<sup>(34)</sup>. Se presenta una sinergia entre la suplementación de azúcar y proteína porque la población microbiana mejora aumenta cuando la proteína se suministra con el azúcar que cuando se suministran por separado<sup>(35)</sup>.

La pulidura del arroz facilitó la digestión de la dieta con *T. diversifolia* debido al aumento de energía causado por el extracto etéreo y los carbohidratos altamente fermentables en la pulidura de arroz. Además, el menor contenido de FDN de las dietas con pulidura de arroz provocó un aumento de la digestibilidad debido a la relación negativa entre FDN y digestibilidad. Si bien la complementación ha aumentado la digestibilidad de la materia orgánica de la dieta total, la energía basada en fibra ha presentado niveles de digestibilidad más altos que un suplemento a base de grano<sup>(36)</sup>. Para mantener una ingesta y una digestión aceptable de forraje de baja calidad, se requiere la sincronización del suministro de proteínas y carbohidratos degradables del suplemento energético<sup>(12)</sup>.

De manera similar, se observaron valores de digestibilidad de la materia seca entre 60 y 66 %, y valores entre 64 y 68 % para la digestibilidad de la materia orgánica cuando las hojas de *T. diversifolia* se suplementaron a niveles de 10 y 40 %<sup>(37)</sup>. En contraste, con la menor digestibilidad *in vivo* (41 a 53 %) en dietas con 20, 35 y 50 % de *T. diversifolia* combinada con pasto de Taiwán y concentrado<sup>(28)</sup>. La utilización de diferentes dietas y técnicas para determinar la digestibilidad puede explicar los resultados variables observados en diferentes experimentos. El pasto Taiwán<sup>(28)</sup> contenía un porcentaje similar de FDN al del ensilado de caña de azúcar de este estudio. Sin embargo, el contenido de la proteína en el ensilado de caña de azúcar es dos veces mayor que en el pasto Taiwán.

Existe una estrecha relación entre la digestibilidad *in vitro* y la digestibilidad de la proteína no degradable en el rumen ( $r^2 = 0.090$ ) y una relación moderada entre la proteína no degradable en el rumen y la PC ( $r^2 = 0.48$  y  $0.42$ )<sup>(38)</sup>.

Se ha reportado una similar retención de N como porcentaje del consumo de N en dietas con mayor digestibilidad (80 %) causada por una mayor cantidad de concentrado en la dieta<sup>(39)</sup>. En el ganado lechero, el contenido de FDN está inversamente relacionado con la digestibilidad de N<sup>(40)</sup>. Aunque el contenido de FDN de la *T. diversifolia* es mayor que el de la alfalfa, la retención de N como porcentaje del N absorbido fue 30 % mayor con la dieta TD en comparación con AA, lo cual puede atribuirse al mayor contenido de aminoácidos esenciales de la *T. diversifolia*<sup>(41)</sup>, en comparación con la alfalfa<sup>(42)</sup> los cuales pueden ser movilizados para la deposición de tejidos o para sincronizar la degradación de la energía y la proteína contenida en los ingredientes de la dieta. De manera similar, se ha encontrado una mayor concentración de proteína sérica en animales alimentados con la punta de sorgo trillado y suplementados con forraje<sup>(43)</sup>.

El alto contenido de aminoácidos en *T. diversifolia* aumenta su disponibilidad de N<sup>(9)</sup>, lo que concuerda con el hecho de que los suplementos proteicos con suficiente contenido de aminoácidos esenciales, como la harina de pescado, han registrado altos niveles de digestión y absorción<sup>(44)</sup>. La digestibilidad de la proteína no degradable en el rumen puede no ser misma para todos los forrajes. Una mejor retención de N es deseable por el impacto favorable, tanto en el medio ambiente como en la economía de la producción, debido a la reducción de la pérdida de N a través de la orina y las heces. De acuerdo a los resultados del presente, la suplementación con forraje con proteína de alta calidad puede mejorar la retención de N con la complementación con pulidura de arroz. Por otra parte, una mayor

retención de N con niveles más bajos de *T. diversifolia* en el concentrado se ha atribuido a los componentes anti-nutritivos de este forraje<sup>(9)</sup>. Sin embargo, en este estudio no se observaron diferencias en la retención de N cuando se compararon las dietas con alfalfa con aquellas con *T. diversifolia*.

El consumo de materia seca se mejoró con la suplementación con pulidura de arroz en las dietas con alfalfa y TD. De manera similar, se observaron mayores consumos totales de materia seca cuando se agregó concentrado a las dietas a base de plantas de caña de azúcar de cabras y corderos (11 kg de peso vivo) en comparación con las que no tenían concentrado; sin embargo, reportaron pérdidas de peso en vivo<sup>(45)</sup>. También se han encontrado ganancias diarias promedio (26.1 g/día) similares a las observadas en este estudio en cabras alimentadas con dietas a base de *Panicum maximum* más el 30 % de *T. diversifolia* y concentrado<sup>(11)</sup>.

El consumo de materia seca observado coincide con aquel de dietas con digestibilidad de materia seca entre 64 y 68 %<sup>(9)</sup>. Aunque la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica de la dieta TD + RP fue la más alta, la ganancia diaria de peso fue similar ( $P>0.05$ ) al de la AA + RP por el mismo consumo de materia seca. El consumo se relaciona positivamente con la producción<sup>(46)</sup> y depende de la capacidad del alimento para proporcionar los nutrientes necesarios<sup>(9)</sup>.

Las dietas con pulidura de arroz contenían un porcentaje menor de FDN más porque este ingrediente contenía alrededor de un tercio de FDN de la alfalfa o *T. diversifolia*. El contenido de FDN de todas las dietas experimentales fue superior al 25 % que promueve la digestibilidad, el consumo y el aumento de peso<sup>(47,48)</sup>. Los niveles elevados de forraje en las dietas pueden limitar el consumo de energía y la GDP<sup>(49)</sup>. Sin embargo, el comportamiento similar de los animales alimentados con AA y TD fomenta mayor estudio acerca del efecto de la suplementación con *T. diversifolia* en dietas con mayor contenido de energía y proteína no degradable en el rumen y con menor contenido de fibra sobre el comportamiento de animales jóvenes.

La mayor retención de N y consumo de los corderos suplementados con pulidura de arroz se reflejó con el aumento de GDP. La pulidura de arroz mejoró el GDP, ya que su inclusión disminuyó el porcentaje de fibra y aumentó el contenido de energía de las dietas. Los suplementos energéticos influyen en el comportamiento del animal y en el aprovechamiento del forraje, lo que aumenta potencialmente las oportunidades de sincronización de nutrientes en la dieta<sup>(12)</sup>.

La sustitución de alfalfa con *T. diversifolia* redujo el costo del alimento con y sin la complementación con pulidura de arroz, 133 % (\$1.02 vs \$2.38 MXN) y 49 % (\$1.97 vs \$2.93 MXN), respectivamente. La dieta a base de ensilaje de caña de azúcar suplementada con *T. diversifolia* y complementada con el pulidura de arroz mostró el menor costo por kilo de ganancia de peso.

## Conclusiones e implicaciones

La alfalfa puede ser reemplazada por *Tithonia diversifolia* en dietas ricas en fibra sin afectar el consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. La inclusión de pulidura de arroz en dietas a base de ensilado de caña de azúcar mejora la digestibilidad, la retención de N y el comportamiento productivo porque aumenta la energía y disminuye el contenido de fibra de las dietas.

### Literatura citada:

1. Bernardes TF, Rêgo AC. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *J Dairy Sci* 2014;(97):1852-1861.
2. Menezes GCC, Valadares Filho SC, Magalhães FA, Valadares RFD, Prados LF, Detmann E, et al. Intake and performance of confined bovine fed fresh or ensilaged sugar cane based diets and corn silage. *Rev Bras de Zootecn* 2011;(40):1095-1103.
3. Sousa DO, Mesquita BS, Diniz-Magalhães J, Bueno ICS, Mesquita LG, Silva LFP. Effect of fiber digestibility and conservation method on feed intake and the ruminal ecosystem of growing steers. *J Anim Sci* 2014;(92):5622-5634.
4. Pedroso AF, Nussio LG, Paziani SF, Loures DRS, Igarasi MS, Coelho RM, et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugarcane silage. *Sci Agric* 2005;(62):427-432.
5. Carvalho MV, Rodrigues PHM, Lima MLP, dos Anjos IA, Landell MGA, Silva LFP. Chemical composition and digestibility of sugarcane harvested at two periods of the year. *Braz J Vet Res Anim Sci* 2010;(47):298-306.
6. Montañez-Valdez OD, Reyes-Gutiérrez JA, Guerra-Medina CE, Abdel-Fattah ZMS. Rumen dry matter degradability of fresh and ensiled sugarcane. *Afr J Biotechnol* 2013;(12):2743-2747.
7. Pedroso AF, Nussio LG, Rodrigues AA, Santos FAP, Mourão GB, Barioni Júnior W. Performance of dairy cows fed rations produced with sugarcane silages treated with additives or fresh sugarcane. *Rev Bras Zootecn* 2010;(39):1889-1893.
8. Kung L, Stanley RW. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugar cane preserved as silage. *J Anim Sci* 1982;(54):689-696.
9. Rosales M. In vitro assesment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees [doctoral thesis]. Oxford,UK: Oxford University; 1996.

10. Wambui CC, Abdulrazak SA, Noordin Q. Performance of growing goats fed urea sprayed maize stover and supplemented with graded levels of *Tithonia diversifolia*. Asian-Australas J Anim Sci 2006;(19):992-996.
11. Odedire JA, Oloidi FF. Feeding wild sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl., A. Gray) to West African Dwarf goats as a dry season forage supplement. World J Agri Res 2014;(2):280-284.
12. Hersom MJ. Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in forage-fed ruminants. J Anim Sci 2008;(86):306-317.
13. Owens FN, Zinn RA. Metabolismo de la proteína en los rumiantes. En: Church DC editor. El ruminante fisiología digestiva y nutrición. 1a ed. Zaragoza, España: ACRIBIA; 1993:255-281.
14. NRC. Nutrient requirements of Small Ruminants. Washington, DC, USA: National Research Council. 2007.
15. Salinas-Chavira, J, Guerrero VI, Robles CA, Montaña-Gómez MF, Montañez-Valdez OD. Effect of tallow and rice polishings in feedlot rations on growth and carcass characteristics of lambs. J Appl Anim Res 2008;(34):45-48.
16. Dutta N, Sharma K, Naulia U. Rice Polishing as an economic substitute to wheat bran as a supplement to wheat straw diet for lactating goats. Anim Nutr Feed Techn 2006;(6):57-63.
17. Dutta N, Sharma K, Dey A, Singh M, Singh A. Effect of replacing wheat bran with rice polishings on the lactation performance of crossbred cows. Indian J Anim Sci 2010;(80):1259-1262.
18. Preston TR, Carcaño C, Alvarez FJ, Gutiérrez DG. Rice polishings as a supplement in a sugar cane diet effect of level of rice polishings and of processing the sugar cane by derinding or chopping. Trop Anim Prod 1976;(1):150-162.
19. Lopez JM, Preston TR, Sutherland TM, Wilson A. Rice polishings as a supplement in sugar cane diets: effect of level of rice polishings in wet and dry season conditions. Trop Anim Prod 1976;(3):15-23.
20. Palma JM. Ensilaje de caña “Alimento sano, económico y nutritivo para el ganado”. Tríptico informativo. Colima, México. 2003.
21. Reyes GA, Montañez VO, Rodríguez MR, Ruíz LM, Salcedo PE, Avellaneda CJ. Efecto de la adición de inóculo y aditivo en la digestibilidad in situ de la materia seca del ensilado de caña de azúcar. Ciencia y Tecnología 2012;(5):13-16.
22. AOAC. Official Methods of Analysis. 18th ed. Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists. 2005.

23. Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, DC, USA: United States Department of Agriculture; 1970.
24. Agüero AC, Pisa JR, Agüero CJ, Bugeau AT. Poder Calorífico del bagazo de caña de azúcar. Rev Cienc Exactas Ingen 2004;(13):33-37.
25. Tilley JM, Terry RA. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Grass Forage Sci 1963;(18):104-111.
26. Carrera CJM, Ortiz HJU, Gutiérrez BH. Formulación de raciones para ovinos. Primera edición. Guadalajara, Jalisco, México: Centro de Investigación y Fomento Ovino de Zacatecas; 2012.
27. SAS. SAS/STAT user's guide: version 9.1. Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 2004.
28. Ramírez-Rivera U, Sanginés-García JR, Escobedo-Mex JG, Cen-Chuc F, Rivera-Lorca JA, Lara-Lara PE. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. Agroforest Syst 2010;(80):295-302.
29. Jama B, Palm CA, Buresh RJ, Niang A, Gachengo C, Nziguheba AB. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: A review. Agroforest Syst 2000;(49):201-221.
30. Tendonkeng F, Zogang BF, Sawa C, Boukila B, Pamo BF. Inclusion of *Tithonia diversifolia* in multinutrient blocks for West African dwarf goats fed *Brachiaria* straw. Trop Anim Health Prod 2014;(46):981-986.
31. Pérez A, Montejó I; Iglesias JM, López O, Martín GJ, García DE, et al. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Pastos y Forrajes 2009;(32):1-15.
32. Van Cleef EHCB, Rêgo AC, Patiño RM, Scarpino FO, Ezequiel JMB. Use of acids as additives in sugarcane silage. Rev Col Cienc Pecu 2015;(28):356-359.
33. Mahecha L, Rosales M. Valor nutricional del follaje de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. Livestock Research for Rural Development. 2005;(17). <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/mahe17100.htm>. Accessed: May 30, 2015.
34. Pathoummalangsy K, Preston TR. Effects of supplementation with rumen fermentable carbohydrate and sources of bypass protein on feed intake, digestibility and N retention in growing goats fed a basal diet of foliage of *Tithonia diversifolia*. Livest Res Rural Develop 2008;(20). <http://www.lrrd.org/lrrd20/supplement/kham20076.htm>. Accessed: 25 feb, 2015.
35. Castillo-González AR, Burrola-Barraza ME, Domínguez-Viveros J, Chávez-Martínez A. Rumen microorganisms and fermentation. Arch Med Vet 2014;(46):349-361.

36. Bodine TN, Purvis II HT, Lalman DL. Effects of supplement type on animal performance, forage intake, digestion, and ruminal measurements of growing beef cattle. *J Anim Sci* 2001;(79):1041-1051.
37. Wambui CC, Abdulrazak SA, Noordin Q. The effect of supplementing urea treated maize stover with *Tithonia*, *Calliandra* and *Sesbania* to growing goats. *Livest Res Rural Develop* 2006;(18):64.
38. Buckner CD, Klopfenstein TJ, Rolfe KM, Griffin WA, Latnothe MJ, Watson AK, et al. Ruminally undegradable protein content and digestibility for forages using the mobile bag in situ technique. *J Anim Sci* 2013;(91):2812-2822.
39. Phillips WA, Rao SC, Fitch JQ, Mayeux HS. Digestibility and dry matter intake of diets containing alfalfa and kenaf. *J Anim Sci* 2002;(80):2989-2995.
40. Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. New York, USA: Cornell University Press; 1994.
41. Barrita RV. Caracterización química e inclusión de la harina de *Tithonia diversifolia* como fuente de pigmento en raciones para gallinas de postura de primer ciclo [tesis maestría]. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México; 2015.
42. NRC. National Research Council. Nutrient Requirements of Swine. 10th revised edition. Washington, DC, USA: National Academy Press; 1988.
43. Adewale OS, Ajike IO, Atanda OM, Ayobami OO, John MO. Effects of supplementation of threshed sorghum top with selected browse plant foliage on haematology and serum biochemical parameters of Red Sokoto goats. *Trop Anim Health Prod* 2016;(48):979-984.
44. Sheikh IU, Barman K. Effect of fishmeal supplementation on economy of feeding crossbred Jersey calves. *Indian J Anim Sci* 2010;(80):683-685.
45. Van DTT, Ledin I, Mui NT. Feed intake and behavior of kids and lambs fed sugar cane as the sole roughage with or without concentrate. *Anim Feed Sci Tech* 2002;(100):79-91.
46. Zinn RA, Barreras A, Owens FN, Plascencia A. Performance by feedlot steers and heifers: daily gain, mature body weight, dry matter intake, and dietary energetic. *J Anim Sci* 2008;(86):2680-2689.
47. Norton B. The nutritive value of tree legumes. In: Gutteridge RC, Shelton HM editors. *Forage tree legumes in tropical agriculture*. 1st ed. Wallingford, Oxon, UK: CAB International; 1994.
48. Allen MS. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J Dairy Sci* 2000;(83):1598-1624.

49. Ware RA, Zinn RA. Influence of forage source and NDF level on growth performance of feedlot cattle. Proc 2004 Western Section. Am Soc Anim Sci. Corvallis Oregon. 2004:424-425.