

DEGRADACIÓN *in vitro* DE *Agave mapisaga*, *Agave salmiana* var. *salmiana* Y *Agave salmiana* var. *ferox*

DEGRADABILITY *in vitro* OF *Agave mapisaga*, *Agave salmiana* var. *salmiana* AND *Agave salmiana* var. *ferox*

M. A. Mata-E.,^{*1} M. G. Torres-C.,³ G. Hernández-I.,¹ M. A. Cobos-P.,² G. Rodríguez-S.¹
A. Luevano-L.,¹ D. R. Guzmán-G.¹ y M. M. Gámez-A.¹

¹Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. México.

²Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Texcoco, Edo. de México. México.

³Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

Correo-e: * mamata@chapingo.uruza.edu.mx

RESUMEN. Se realizó un estudio para conocer la degradabilidad *in vitro* del maguey *A. mapisaga* (T1), *A. salmiana* var. *salmiana* (T2) y *A. salmiana* var. *ferox* (T3). Utilizando cinco repeticiones por cada tratamiento, los tiempos de incubación fueron 0, 24, 48 y 72 hr. Para cada tiempo, se determinó pH y concentración de ácidos grasos volátiles. Únicamente en el tiempo de incubación 72 hr se realizó conteo de bacterias totales. Los resultados fueron analizados utilizando el programa estadístico SAS bajo un diseño Completamente al Azar, y las medias entre tratamientos fueron comparadas utilizando la prueba de Tukey. Los resultados muestran que el contenido de materia seca fue diferente ($P \leq 0.05$) para los tres tratamientos, siendo el T3 el que presentó el mayor contenido (14.04 %), seguido del T2 (11.89 %) y el menor para T1 (11.07 %). Con relación al contenido de proteína total, ésta fue similar entre tratamientos con valores de 2.55 ± 0.08 %. Referente al contenido de fibra detergente neutro, el T3 mostró el valor más bajo (24.47 %) respecto a los demás tratamientos (T1, 28.32 %; T2, 29.23 %); mientras que el contenido de fibra detergente ácido, no fue diferente ($P > 0.05$) al evaluar los tratamientos encontrando valores de 21.51, 23.31 y 18.15 % en T1, T2 y T3, respectivamente. Con relación a la degradación de la materia seca a las 72 hr, los tratamientos fueron diferentes ($P \leq 0.05$) entre sí. La mayor degradación en este tiempo la presentó el T3 (82.74 %), seguido de T1 (75.01 %) y finalmente la menor en T2 (67.43 %). Respecto al análisis de la variable pH, hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) cuando se analizó el promedio, encontrando un valor mayor en T2 (6.43) aunque similar a T1 (6.35), mientras que T3 tuvo el menor valor (6.31). Por otro lado *A. salmiana* var. *ferox* (T3) tuvo la concentración más alta (10.80×10^9) de bacterias totales ($P \leq 0.05$), en comparación con T1 (8.47×10^9) y T2 (8.21×10^9) que fueron similares entre sí. Analizando la concentración promedio de ácidos grasos volátiles, se encontró menor ($P \leq 0.05$) contenido de ácido acético en T1 ($47.20 \text{ mmol/L}^{-1}$), comparado con T2 y T3 (61.94 y $55.12 \text{ mmol/L}^{-1}$), que fueron similares entre sí. Un comportamiento similar fue observado para el contenido de ácido propiónico, donde T1 tuvo la menor concentración ($23.52 \text{ mmol/L}^{-1}$) y la mayor fue para T2 ($26.95 \text{ mmol/L}^{-1}$) y T3 ($29.77 \text{ mmol/L}^{-1}$). Con respecto al ácido butírico, T3 (8.16 mmol/L^{-1}) y T1 (6.47 mmol/L^{-1}) presentan el mayor contenido, mientras que el menor fue para T2 (6.15 mmol/L^{-1}). En general, el T3 fue el que presentó el mejor comportamiento con relación a las variables evaluadas, por lo que bajo condiciones de la presente investigación, puede utilizarse como fuente de forraje para la alimentación de animales rumiantes.

Palabras clave: Maguey, *Agave spp.*, forraje, degradación *in vitro*, materia seca.

SUMMARY. A study was conducted to determine the *in vitro* degradability of *A. mapisaga* (T1), *A. salmiana* var. *salmiana* (T2) and *A. salmiana* var. *ferox* (T3). Using five repetitions per treatment, incubation times were 0, 24, 48 and 72 hr. For each time, pH and concentration of volatile fatty acids, were determined. Only the incubation time was performed 72 hr total bacterial count. The results were analyzed using the SAS statistical program under a completely randomized design means between treatments were compared using the Tukey test. The results show that dry matter content was different ($P \leq 0.05$) for the three treatments, being T3 which showed

the highest content (14.04 %), followed by T2 (11.89 %) and lowest for T1 (11.07 %) . In relation to total protein content was similar between treatments with values of 2.55 ± 0.08 %. Concerning the content of neutral detergent fiber T3 showed the lowest value (24.47 %) compared to other treatments (T1, 28.32 %, T2, 29.23 %), while the acid detergent fiber content was not different ($P > 0.05$) to evaluate treatment values were found 21.51, 23.31 and 18.15 % in T1, T2 and T3, respectively. With regard to the degradation of dry matter at 72 hr, the treatments were different ($P \leq 0.05$) among themselves. The higher degradation in this time, presented the T3 (82.74 %), followed by T1 (75.01 %) and finally the lowest in T2 (67.43 %). Regarding the analysis of variable pH was significant differences ($P \leq 0.05$) when analyzing the average, finding greater value in T2 (6.43) but similar to T1 (6.35), while T3 had the lowest value (6.31). On the other hand *A. salmiana* var. *ferox* (T3) had the highest concentration (10.80×10^9) of total bacteria ($P \leq 0.05$) compared with T1 (8.47×10^9) and T2 (8.21×10^9) were similar. Analyzing the average concentration of volatile fatty acids, found lower ($P \leq 0.05$) content of acetic acid in T1 ($47.20 \text{ mmol/L}^{-1}$), compared with T2 and T3 (61.94 and $55.12 \text{ mmol/L}^{-1}$) that were similar to each other. Similar behavior was observed for propionic acid content, where T1 had the lowest concentration ($23.52 \text{ mmol/L}^{-1}$) and the highest was for T2 ($26.95 \text{ mmol/L}^{-1}$) and T3 ($29.77 \text{ mmol/L}^{-1}$). With respect to butyric acid, T3 (8.16 mmol/L^{-1}) and T1 (6.47 mmol/L^{-1}) have the highest content. While the lowest was for T2 (6.15 mmol/L^{-1}). Overall, the T3 was the one that presented the best behavior in relation to the evaluated variables, so that under conditions of this research can be used as a source of forage for feeding ruminant animals.

Keywords: Maguey, *Agave spp.*, forage, degradation *in vitro*, dry matter.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, uno de los problemas más importantes que enfrenta el mundo es el de alimentar a su creciente población. Para lograrlo, el hombre debe aprovechar racionalmente todos aquellos productos y materiales disponibles que sean susceptibles de ser empleados en su propia alimentación, así como en la de su ganado. En México, como en otros países en desarrollo, existen múltiples subproductos agrícolas e industriales con deficiente uso en la alimentación humana, y cuyo potencial para la alimentación del ganado no está del todo comprendido (Aguirre *et al.*, 2001).

Estudios previos en zonas semiáridas del norte de México muestran cómo la administración de complementos alimenticios, según la disponibilidad del forraje, permiten la optimización alimenticia del sistema de producción, aumentando la productividad primaria de la zona de pastoreo y la productividad de ganado (Morales *et al.*, 2000). Sin embargo, el bajo nivel económico de los productores locales hace inviable una suplementación comercial, siendo necesario explorar en la zona recursos naturales accesibles para el ganadero y con características nutricionales adecuadas. Aunado a lo anterior, la principal limitante para la producción agropecuaria es el agua, debido a que la precipitación es baja y su distribución ocurre en un periodo muy breve. Sin embargo, existen plantas adaptadas a estas condiciones y que pueden ser explotadas en la alimentación de ganado (Badillo, 2004). Con relación a esto existen plantas que pueden utilizarse todo el año, y una de las que está sujeta a este tipo de explotación es el maguey, planta que tiene diferentes formas de utilización entre las que destacan

las industrias del mezcal, sus hojas como forraje, el qurote en la alimentación humana, obtención de fibras y como combustible (Aguirre *et al.*, 2001).

El creciente interés por utilizar fuentes de forraje de bajo valor nutritivo en la alimentación de rumiantes, se ha canalizado en una serie de investigaciones tendientes a buscar una mejor utilización de estos materiales y productos (López *et al.*, 2001; Rivera, 2003).

El objetivo de la investigación fue determinar el contenido nutritivo y potencial de agave como forraje en rumiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el municipio de Pinos, Zac., el cual se localiza entre los paralelos $21^{\circ} 47'$ y $22^{\circ} 45'$ de latitud norte; los meridianos $101^{\circ} 17'$ y $101^{\circ} 50'$ de longitud oeste; altitud entre 1,900 y 3,000 m.

Pinos, Zac., colinda al norte con el municipio de Villa Hidalgo y el estado de San Luis Potosí; al este con el estado de San Luis Potosí; al sur con los estados de San Luis Potosí, Guanajuato y Jalisco.

Clima

El intervalo de temperatura anual es de $14-18^{\circ}\text{C}$, con una precipitación de 400-600 mm y clima semiseco templado con lluvias en verano.

Recurso agua

El municipio se encuentra dentro de la región hidrológica llamada Lerma Santiago (RH12), de la cuenca Río Verde

Grande. Esta región, que abarca el 40 % del estado de Zacatecas, es importante debido a que en ella se encuentran tanto obras de infraestructura hidráulica como de escurrimientos.

El municipio de Pinos cuenta con siete presas, siendo las más importantes Nigromante, Tecolote y San Martín. Se abastece de agua potable a través de 48 pozos profundos con volumen de extracción de 5 millones de m³ por día, aproximadamente (INEGI, 2009).

Muestras de agaves

Se colectó una penca (hoja) de tres agaves en estado de madurez (8 años); cada agave representó un tratamiento: *A. mapisaga* (T1), *A. salmiana* var. *salmiana* (T2), *A. salmiana* var. *ferox* (T3). Los magueyes estaban ubicados como cercos vivos formando parte las cabeceras de una parcela del ejido Pino Suárez.

Procesamiento de las muestras

Las pencas se picaron a un tamaño de 1x1 cm con la utilización de una guillotina artesanal, presecándolas al ambiente por 12 hr y posteriormente fueron secadas en una estufa de aire forzado a 65 °C por 24 hr hasta peso constante, para luego pesarlas y obtener por diferencia de peso el contenido de materia seca. En seguida se molió con un molino Thomas Willey con criba de 1 mm de diámetro y se conservaron en bolsas de papel para su análisis posterior.

El análisis de las muestras se realizó en los Laboratorios de Microbiología Ruminal y Genética Molecular del Programa en Ganadería en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, mediante la técnica de medios de cultivo, que fueron elaborados con base en los reactivos indicados por Cobos y Yokoyama (1995; Cuadro 1).

Metodología

Los reactivos (Cuadro 1) se mezclaron en un matraz de bola (1,000 mL) colocado sobre una plancha térmica y se aplicó CO₂, al mismo tiempo se agregaron 10 mL de carbonato de sodio al 10 % y finalmente 12 mL de solución cisteína sulfido. Se midió el pH del medio y se calibró a 6.8-7.2; posteriormente el medio preparado se esterilizó en autoclave por 20 minutos a 120 °C y 15 psi. Para transferir el medio a los tubos de ensaye se colocó nuevamente el medio ya estéril en una plancha térmica (38-39 °C), y para mantener condiciones

Cuadro 1. Medio de cultivo anaerobio utilizado para la degradación de la materia seca.

Componente	Concentración en 100 mL
Agua destilada, mL	52.6
Líquido ruminal clarificado, mL ^a	30.0
Solución mineral I, mL ^b	5.0
Solución mineral II, mL ^c	5.0
Resazurina 0.1 % solución, mL	0.1
Tritpicasa peptona, g	0.2
Extracto de levadura, g	0.1
Carbonato de sodio 8 %, mL	5.0
Solución cisteína sulfido, mL ^d	2.0

^aLíquido ruminal fresco, filtrado previamente con gasa, centrifugado a 23,000 g por 20 minutos a 4 °C. Esterilizado en autoclave por 20 minutos a 15 psi y 121 °C.

^bContiene (por 1,000 mL) K₂HPO₄, 6 g.

^cContiene (por 1,000 mL) KH₂PO₄, 6 g; (NH₄)₂SO₄, 6 g; NaCl, 12 g; MgSO₄ 2.45 g; y CaCl-2H₂O, 1.6 g.

^d2.5 g de L-cisteína (disuelto en 15 mL de NaOH 2N); Na₂S-9H₂O, 2.5 g y resazurina, 0.1 mL (solución 1 % en H₂O) en un volumen final de 100 mL calentado hasta que el indicador sea incoloro y esterilizado en autoclave.

Fuente de levadura: Yeast extract; Sigma.

Cobos y Yokoyama, 1995.

asépticas se esterilizó un área y se utilizó un mechero Bunsen; al mismo tiempo se suministró un flujo constante de CO₂ para mantener condiciones de anaerobiosis.

Se transfirieron 9 mL del medio a cada tubo que contenía 0.1 g de sustrato a degradar, utilizando una micropipeta, evitando la entrada de oxígeno. A los tubos con medio estéril se les colocó el tapón de hule y fueron puestos en una gradilla; este procedimiento se repitió hasta obtener 60 tubos de medio. Los tubos con el medio de cultivo transferido y el sustrato se colocaron en una incubadora a 38-39 °C por 24 hr, para comprobar condiciones de esterilidad de los medios.

Los medios se inocularon, en condiciones de anaerobiosis, adicionando 0.5 mL de líquido ruminal fresco y previamente filtrado.

Una vez inoculados se colocaron en una incubadora a 38-39 °C por 24, 48 y 72 hr, que fueron los tiempos de incubación.

Análisis químico

La materia seca y proteína total se determinaron según el manual AOAC (1990); además, se determinó la fibra detergente neutro y fibra detergente ácido de acuerdo a Goering y Van Soest (1970).

Medición de pH

Para cada tiempo de incubación se midió el pH a las muestras, utilizando un potenciómetro Orión 720A.

Determinación de ácidos grasos volátiles

De cada medio incubado se colocaron 1.5 mL en viales eppendorf, adicionando 0.5 mL de ácido metafosfórico para detener la fermentación. Los viales con medio se centrifugaron a 10,000 rpm por tres minutos, posteriormente se tomaron 10 μ L para inyectarse a un cromatógrafo de gases marca PerkinElmer Clarus 500, empleando la metodología descrita por Erwin *et al.* (1961), con columna de formeril y superóxido de 1.2 μ L y una temperatura de columna, detector e inyector de 120, 130 y 150 °C, respectivamente.

Filtrado de los medios de cultivo

Para cada tiempo de incubación se realizó el filtrado colocando papel filtro (Whatman 541) y utilizando una bomba de vacío. Las muestras filtradas se secaron por 24 hr en una estufa de aire forzado hasta obtener peso constante; se pesó la muestra seca y por diferencia de peso se obtuvo la degradación.

Determinación de Bacterias Totales

Esta variable sólo se determinó para las 72 hr de incubación. Se tomó una muestra de 0.5 mL y se colocó en un tubo de ensaye que contenía 1.5 mL de formaldehído al 18 % para fijarlas. Para determinar la concentración de bacterias se tomaron 50 μ L con pipeta Pasteur y se colocaron en una cámara Petroff-Hauser. Se observó con el objetivo de 100x para hacer el conteo.

Para obtener la concentración de bacterias se utilizó la siguiente fórmula: Concentración de bacterias totales = $(1000/0.00005) \times (\text{número de diluciones}) \times (\text{promedio celular en los campos})$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de materia seca

El contenido de materia seca para el T3 es mayor (14.04 %), teniendo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con los

demás tratamientos (Cuadro 2). El T1 presentó el menor contenido de materia seca (11.07 %), siendo diferente estadísticamente del T2 y T3. Valores similares los encontró Ramos (2005) evaluando dietas integrales con ensilado de maguey y alfalfa en cabritas, reportando un 11.9 % de materia seca en el ensilado de maguey. En la presente investigación el tratamiento con mayor contenido de materia seca fue el T3 (14.04 %). Este valor es comparable al que obtuvo Rivera (2003) en un maguey tierno en la base de las hojas, ya que fue de 14.6 %.

Proteína total

Respecto a la proteína, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos. Los valores encontrados en este experimento (Cuadro 2) son relativamente bajos, ya que otros estudios, como el de Baraza *et al.* (2008), reportan 4.7 % de proteína cruda en *A. salmiana* silvestre y de 5.1 hasta 6.6 % en *A. salmiana* cultivado. Sin embargo, Zamudio *et al.* (2009) reportan un 3.4 ± 0.4 % de proteína cruda de *A. salmiana*. Por lo tanto existe discrepancia entre los resultados, lo cual se puede deber a varios factores, entre ellos la época y lugar de colecta de las muestras, además del estado fisiológico de la planta.

Fibra detergente neutro y ácida

Referente a la fibra detergente neutro, el T3 mostró el contenido más bajo ($P \leq 0.05$) respecto a los demás tratamientos en el experimento. La fibra detergente ácida no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 2). Sin embargo, estos resultados son similares a los de Baraza *et al.* (2008), ya que reportan un contenido de 33.3 y 28.2 % de FDN y FDA, respectivamente, en *A. salmiana* silvestre.

Cuadro 2. Contenido de materia seca, proteína total, FDN y FDA en los tratamientos.

Tratamiento	Materia seca (%)	Proteína total (%)	FDN (%)	FDA (%)
1	11.07 ^c	2.59 ^a	28.32 ^a	21.51 ^a
2	11.89 ^b	2.47 ^a	29.23 ^a	23.31 ^a
3	14.04 ^a	2.62 ^a	24.47 ^b	18.15 ^a

Degradación

El Cuadro 3 muestra la desaparición *in vitro* de la materia seca del maguey, existiendo diferencias significativas entre tratamientos, mostrando que el *A. salmiana* var. *ferox* (T3) tuvo una mejor degradación ($P \leq 0.05$) respecto a los demás tratamientos, seguido del *A. mapisaga* (T1), y la menor degradación la obtuvo el *A. salmiana* var. *salmiana* ($P \leq 0.05$); esto fue a las 72 hr de incubación. Estos resultados son similares a los de Pinos *et al.* (2006), ya que evaluaron la desaparición *in vitro* de cabezas de maguey mezcalero (*A. salmiana*) en diferentes estados de madurez: inmaduro, quiotillo, castrado de nueve meses y castrado de dos años, encontrando una desaparición de 70.8 % en el estado inmaduro. Relacionando ambos experimentos, éstos indican que, independientemente de la especie, el estado de madurez de la planta afecta directamente a la degradación *in vitro* de la materia seca del maguey.

Cuadro 3. Degradación *in vitro* (%)

Tratamiento	24 hr	48 hr	72 hr
1	65.70 ^a	64.83 ^b	75.01 ^b
2	54.99 ^b	64.41 ^b	67.43 ^c
3	69.40 ^a	77.26 ^a	82.74 ^a

a,b,c=Medias con literales distintas, difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

Medición de pH

En el Cuadro 3 se presentan los resultados correspondientes a pH. No se encontraron diferencias significativas al analizar el pH en los tiempos de incubación 0, 24 y 48 hr. A las 72 h de incubación el pH más alto lo mostró el T2, siendo similar estadísticamente ($P > 0.05$) al T1; asimismo, el T2 no difiere del T1. Esta misma tendencia se mostró en los valores promedio para cada tratamiento. Además estuvieron en un intervalo normal, congruente con dietas a base de forrajes (Calsamiglia, 1997). Por otro lado, Zamudio *et al.*, (2009) encontraron que el pH ruminal es ácido (5.5) en cabras alimentadas con silo de *A. salmiana* al 100 %. Este valor (5.5) puede estar relacionado con varios factores, entre ellos la forma de ofrecer el forraje, ya que Pinos *et al.*, (2008) encontraron que el ensilado de *A. salmiana* tiene una correlación negativa con el pH: a mayor tiempo de fermentación, menor pH.

Concentración de bacterias

Respecto a la concentración de bacterias totales en los diferentes tratamientos (Cuadro 5), el T3 (*A. salmiana* var. *ferox*) tuvo la concentración más alta de

Cuadro 4. pH de tres variedades de maguey forrajero.

Tratamiento	0 hr	24 hr	48 hr	72 hr	Promedio
1	6.78 ^a	6.26 ^a	6.18 ^a	6.16 ^{ab}	6.35 ^{ab}
2	6.77 ^a	6.33 ^a	6.27 ^a	6.34 ^a	6.43 ^a
3	6.76 ^a	6.23 ^a	6.24 ^a	6.02 ^b	6.31 ^b

a,b,c=Medias con literales distintas, difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

bacterias totales ($P \leq 0.05$). No hubo diferencias en los tratamientos ($P > 0.05$) T1 y T2. En todos los tratamientos la concentración de bacterias estuvo dentro del intervalo normal según los trabajos reportados por Yokoyama y Johnson (1988).

Determinación de ácidos grasos volátiles (AGV)

Se observa un menor contenido de ácido acético en el T1, comparado con T2 y T3, los cuales son similares entre sí (Cuadro 6). Para el ácido propiónico se observa que la mayor concentración encontrada fue para el T3

Cuadro 5. Concentración de bacterias en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Concentración Bacterias Totales ($\times 10^9$)
1 <i>A. mapisaga</i>	8.47 ^b
2 <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	8.21 ^b
3 <i>A. salmiana</i> var. <i>ferox</i>	10.80 ^a

a,b,c=Medias con literales distintas, difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

aunque es similar estadísticamente al T2. Para el T1 la concentración fue menor.

Analizando la concentración de ácido butírico (Cuadro 6) se observa que el T3 y T1 presentan el mayor contenido de este ácido, siendo similares ($P > 0.05$) entre sí. Asimismo, se observa igual concentración de este ácido entre T1 y T2.

Según Maynard *et al.* (1979), la proporción de ácidos que se producen depende de la naturaleza de la ración, de los organismos presentes y de otros factores. El ácido acético representa de dos terceras partes a tres cuartas partes o más del total. El ácido propiónico es

Cuadro 6. Concentración de ácidos grasos volátiles durante la degradación de tres especies de maguey forrajero (mmol/L⁻¹).

Tratamiento	Acético	Propiónico	Butírico
1	47.20 ^b	23.62 ^b	6.47 ^{ab}
2	61.94 ^a	26.95 ^{ab}	6.15 ^b
3	55.12 ^a	29.77 ^a	8.16 ^a

^{a,b,c}=Literales diferentes en la misma columna difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

el siguiente en importancia, seguido por el ácido butírico. Además, menciona que no se puede concluir que todos los ácidos grasos volátiles que se pueden encontrar en el rumen derivan en forma directa de la fermentación de carbohidratos, ya que algunos pueden derivar de la acción de los microorganismos sobre las proteínas o bien de otros compuestos nitrogenados. Este patrón de producción de ácidos grasos volátiles totales es similar a lo obtenido en el presente estudio, ya que independientemente del tipo de maguey la mayor concentración fue obtenida para el ácido acético (Cuadro 6), seguida de propiónico y finalmente de butírico. Sin embargo, al comparar los diferentes tipos de maguey se observa que el propiónico se produjo en mayor cantidad durante la degradación del sustrato de T3.

Lo anterior puede ser benéfico considerando que el ácido propiónico es el principal precursor de glucosa durante su metabolismo (Judson *et al.*, 1968).

En esta investigación, la concentración más baja de ácido acético encontrada fue de 47.2 mmol/L⁻¹, la cual es similar a lo reportado por Zamudio (2008), quien encontró una concentración de 45.6 mmol/L⁻¹ cuando alimentó borregos con *A. salmiana* fresco y tierno.

Otros investigadores (Peña, 2005; Ramos, 2005; Zamudio, 2008) encontraron que el contenido de ácidos grasos volátiles totales se aumenta al ensilar el maguey, y aun más si el maguey está en un estado de madurez tierno, comparado con maguey maduro.

Sin embargo, en esta investigación los valores para la concentración de los tres ácidos grasos volátiles fueron mayores (Cuadro 6).

CONCLUSIONES

Las agaváceas evaluadas tienen potencial de ser un forraje alternativo para el ganado rumiante, ya que en general presentan buen porcentaje de degradación comparado con otros forrajes fibrosos (paja, rastrojos, etc.).

A. salmiana var. *ferox* (maguey verde) fue el que resultó mejor en la evaluación y puede ser recomendado para su uso como fuente de forraje para rumiantes.

El pH se mantuvo en un intervalo aceptable (6.0 a 6.2) para promover la actividad de bacterias celulolíticas.

La concentración de AGV, en general, se encuentra dentro de los intervalos obtenidos para fermentaciones con forrajes convencionales; sin embargo, T3 tuvo mayor concentración de ácido propiónico, que es más eficiente como precursor de glucosa en ganado de engorda.

Es necesario evaluar el efecto de factores antinutricionales que contiene el maguey (ej. saponinas) sobre la posible modificación en las poblaciones microbianas del ambiente ruminal.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, R. J., Charcas, S. H. y Flores, F. J. 2001. El maguey mezcalero potosino. COPOCYT y UASLP. San Luis Potosí, SLP. México. 87 p.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15 ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA. 1298 p.
- Badillo, O. B., 2004. Determinación de variables nutricionales del maguey mezcalero potosino (*Agave salmiana* Otto ex. Salm-Dick) para su uso en rumiantes. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo. de México.
- Baraza, R. E., Ángeles, C. S., García, P. A. y Valiente, B. A. 2008. Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el valle de Tehuacán, México. Interciencia. Vol. 32. No. 12.
- Calsamiglia, S. 1997. Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: Acidosis y Meteorismo. XV Curso de Especialización Avances en Nutrición y Alimentación Animal. FEDNA.

- Cobos, M. A. y Yokoyama, M. T. 1995. *Clostridium paraputrificum* var. *Ruminantium*: Colonization and degradation of shrimp carapaces *in vitro* observed by scanning electron microscopy. In: Wallace, R. J. and A. Lahloukassi (eds.). Rumen Ecology. Research Planning. Proceedings of a Workshop Held at ILRI, Addis Ababa, Ethiopia. pp. 151-162.
- Erwin, E. S., Marco, G. J. y Emery, E. 1961. Volatile fatty acids analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768-1771.
- Goering, M. K. y Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, producers, and some applications). Agricultural Handbook No. 379 USDA. Washington, DC. USA. 20 p.
- INEGI. 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Pinos, Zacatecas. Clave geoestadística 32038.
- Judson, G. J., E. Anderson, J. R. Luick y Leng, R. A. 1968. The contribution of propionate to glucose synthesis in sheep given diets of different grain content. *Brit. J. Nutr.* 22: 69-75.
- López A. S., Pinos, R. J. M., Martínez, D. I., Chávez, V. D. A., Aguirre, R. J. R. y Rodríguez, E. M. L. 2001. La digestibilidad *in situ* como herramienta para estimar la degradabilidad ruminal del maguey mezcalero potosino (*Agave salmiana*). En: Memoria de la 5ª Reunión Científica y Tecnología, Agrícola, Pecuaria y Forestal. Fundación Produce. San Luis Potosí, S. L. P. México.
- Maynard, A. L., Loosli, K. J., Hintz, F. H. y Warner, G. R. 1979. Nutrición Animal. Cuarta edición en español. McGraw-Hill de México. 640 p.
- Morales, A. R., Galina, M. A., Jiménez, S. y Haenlein, G. F. 2000. Improvement of biosustainability of goat feeding system with key supplementation. *Small Rum. Res* 35: 97-105.
- Peña, A. L. 2005. Concentración de protozoarios y variables ruminales de borregos alimentados con maguey (*Agave salmiana*). Tesis. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. México. 25 p.
- Pinos-Rodríguez, J. M., Aguirre, R. J., García, L. J., Rivera, M. M., González, M. S., López, A. S. y Chávez, V. D. 2006. Use of "Maguey" (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dick) as forage for ewes. *J. Appl. Anim. Res.* 30: 101-107.
- Pinos-Rodríguez, J. M., Zamudio, M. y González, S. S. 2008. The effect of planta ge on the chemical composition of fresh and ensiled *Agave salmiana* leaves. *South African Journal of Animal Science.* 38 (1).
- Ramos, C. J. R. 2005. Evaluación de dietas integrales con ensilado de maguey (*Agave salmiana*) y alfalfa en cabritas. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.
- Rivera M. T., 2003. Desaparición ruminal *in vitro* y calidad nutricional del maguey mezcalero potosino (*Agave salmiana*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. 26 p.
- Yokoyama, M. T., y Johnson, K. A. 1988. Microbiología del rumen e intestino delgado. In: El Rumiante, Fisiología Digestiva y Nutrición. Church, D. C. (ed). Acibia, Zaragoza, España. pp: 137-157.
- Zamudio, D. M., 2008. Valoración nutrimental del maguey *Agave salmiana* (Otto ex Salm-Dyck) en rumiantes. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco, Edo. de México.
- Zamudio, D. M., Pinos-Rodríguez, J. M., González, S. S., Robinson, P. H., García, J. C., Montañez, O. 2009. Effects of *Agave salmiana* Otto Ex Salm-Dyck silage as forage on ruminal fermentation and growth in goats. *Animal Feed Science and Technology.* 148:1-11.