

CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD, BROMATOLÓGICAS Y FERMENTATIVAS *in vitro* DE ENSILADO DE MANGO MADURO

[BROMATOLOGICAL, QUALITY AND FERMENTATIVE CHARACTERISTICS *in vitro* OF RIPE MANGO SILAGE]

Ulises Remo Cañaveral-Martínez^{1§}, Paulino Sánchez-Santillán¹, Nicolás Torres-Salado¹, David Sánchez-Hernández², Jerónimo Herrera-Pérez¹, Adelaido Rafael Rojas-García¹

¹Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, Maestría en Producción de Bovinos en el Trópico, carretera Acapulco-Pinotepa Nacional Kilómetro 197, Cuajinicuilapa, Guerrero, México, C.P. 41940. ²Colegio de Posgraduados, Campus Montecillos, carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillos, Edo. de México, México, C.P. 56230. [§]Autor para correspondencia: (19254750@uagro.mx).

RESUMEN

México es el quinto productor de mango (*Magnifica indica* L.) a nivel mundial; sin embargo, fruta de mala calidad, desechos como hueso, cascara y pulpa adherida a estos representan una pérdida de hasta el 60% de la producción. En este sentido, es importante desarrollar tecnologías para aprovechar los residuos de cosecha del mango, ya sea deshidratado o ensilado. El trabajo tiene por objetivo determinar las características de calidad, bromatológicas y fermentativas *in vitro* de ensilado con mango maduro y heno de pasto pangola (*Digitaria decumbes* S.) como absorbedor de humedad. Los silos en bolsa (5 kg) se elaboraron con 86% mango maduro y 14% de heno de pasto pangola y se almacenaron por 100 d. En los ensilados se determinaron las características de calidad, bromatológicas y fermentativas *in vitro*. Las características de calidad del ensilado fueron 3.63 de potencial de hidrogeno (p^H), 31.44% de materia seca (MS), 1.89% de ácido láctico, 0.004% de nitrógeno amoniacal (N-NH₃). Las características bromatológicas fueron 64.74% de fibra detergente neutro, 36.14% de fibra detergente ácido, 4.29% de proteína cruda, la cinética de fermentación *in vitro* fue de 138.12 mL g⁻¹ de MS para A, 2.90 mL h⁻¹ para b y 0.11 h para k. La degradación de materia seca fue de 51.49%. Se concluye, los silos con 86% de mango maduro y 14% de pasto pangola como controlador de humedad es una alternativa viable para la alimentación de rumiantes.

Palabras clave: Pasto pangola, rumiantes, trópico.

ABSTRACT

Mexico is the fifth largest producer of mango (*Magnifica indica* L.) worldwide; however, poor quality fruit, waste such as stone, peel and pulp attached to it represent a loss of up to 60% of production. In this sense, it is important to develop technologies to take advantage of mango harvest residues, whether dehydrated or ensiled. The objective of the work is to determine the quality, bromatological and *in vitro* fermentative characteristics of silage with ripe mango and pangola grass hay (*Digitaria decumbes* S.) as moisture absorber. The silos in bags (5 kg) were made with 86% ripe mango and 14% pangola grass hay and were stored for 100 d. In the silage, the quality, bromatological and *in vitro* fermentative characteristics were determined. The quality characteristics of the silage were 3.63 hydrogen potential (p^H), 31.44% dry matter (DM), 1.89% lactic acid, 0.004% ammonia nitrogen (N-NH₃). The bromatological characteristics were 64.74% of neutral detergent fiber, 36.14% of acid detergent fiber, 4.29% of crude protein, the *in vitro* fermentation kinetics was 138.12 mL g⁻¹ of DM for A, 2.90 mL h⁻¹ for 0.11 h for k. Dry matter degradation was 51.49%. It is concluded that silos with 86% ripe mango and 14% pangola grass as humidity controller is a viable alternative for feeding ruminants.

Index words: Pangola grass, ruminants, tropics.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, cada año se pierde un tercio de la producción de alimentos destinados al consumo humano, equivalente a 1,300 millones de t, lo que se traduce en pérdida de recursos naturales, económicos, contaminación y producción de gases de efecto invernadero (Food and Agriculture Organization (FAO), 2015). En México, dos terceras partes de la producción de frutas de temporada no son industrializadas, esto ocasiona un desperdicio de hasta 40% de la materia prima (Sumaya-Martínez *et al.*, 2012).

México es el quinto productor de mango a nivel mundial (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2018); sin embargo, fruta de mala calidad, desechos como hueso, cascara y pulpa adherida a estos representan una pérdida de hasta 60% de la producción (Sumaya-Martínez *et al.*, 2012). Un fruto de mango contiene 24% de materia seca (MS), 2.79% de cenizas (Ce), 97.21% de materia orgánica (MO), 5.59% de proteína cruda (PC), 41.98% de carbohidratos solubles en agua (CSA), 2.25% de extracto etéreo (EE), 28.95% de fibra detergente neutro (FDN) y 15.65% de fibra detergente ácido (FDA) (Sánchez-Santillán *et al.*, 2020). Así como, calcio, vitamina A, pectinas, ácidos orgánicos (cítrico y málico), taninos (Bangerth y Carle, 2002) y manguiferina, la cual ejerce una acción antioxidante, inmunomoduladora, antiviral y antitumoral (Guha *et al.*, 1996; Sánchez *et al.*, 2000).

Por lo anterior, es importante desarrollar tecnologías para aprovechar los residuos de cosecha del mango, ya sea deshidratado o ensilado (Olivera *et al.*, 2006; Vieira *et al.*, 2008), este último es una opción económica y práctica para conservar sus nutrientes mediante una fermentación láctica (Valencia *et al.*, 2011). Por lo que el objetivo fue determinar las características de calidad, bromatológicas y fermentativas *in vitro* de ensilado de mango maduro con pasto pangola como controlador del exceso de humedad como una alternativa de alimentación para rumiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de la UAGro; ubicado en el km 197 de la carretera Acapulco-Pinotepa Nacional, Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

Silos

El mango maduro se recolectó de las huertas ubicadas en Cuajinicuilapa, Gro. El heno de pasto pangola fue comprado a proveedores locales con aproximadamente 150 d de rebrote. El mango y el heno se molieron en un molino mixto (M.A.GRO® TR-3500). Se realizaron ocho silos en bolsa de propileno de 30x40 cm, calibre 600 de 5 kg. La composición fue 86% de mango maduro y 14% de pasto pangola. El aire contenido se extrajo con una aspiradora (Koblenz®, España) y se sellaron las bolsas con un amarre Smith utilizando rafia comercial. Los silos se almacenaron en una galera a temperatura ambiente de 28 °C promedio por 100 d.

Características de calidad

Para determinar p^H , en un vaso de precipitados de 100 mL (Kimax®) se colocaron 25 g de ensilado y se agregaron 100 mL de agua destilada. El contenido se incubó a temperatura ambiente por una 1 h, con agitaciones cada 15 min; después se filtró con una gasa doble y se midió el p^H con un potenciómetro (Hanna® HI2211, Italia; calibración p^H 7 y 4). Para MS, en una bolsa de papel se colocaron 100 g de ensilado y se deshidrató a 60 °C durante 72 h en una estufa (Riossa® H-41, México). El contenido de MS se calculó por diferencia de peso.

Para la determinación de ácido láctico, se colocaron 30 g de ensilado y 150 mL de HCl a 1%, en un vaso de precipitados (500 mL). El vaso de precipitados se colocó en refrigeración por 24 h, posteriormente se incubó a temperatura ambiente durante 20 min, con intervalos de agitación de 10 min. El contenido del vaso de precipitados se filtró con una gasa doble y 1 mL del filtrado se colocó en un tubo 2 mL (Neptune[®], México) con 0.25 mL de ácido metafosfórico (Meyer[®]) al 25%. La muestra se centrifugó a 3000 rpm por 5 min, se recuperó el sobrenadante y se agregó 0.1 mL en un tubo de ensaye (Kimax[®]; 18 x 150 mm) con 4.9 mL de agua destilada. Posteriormente, 0.5 mL de esta muestra se colocaron en un tubo de ensaye, se agregaron 3 mL de H₂SO₄ (Baker[®], 96%) y se incubaron a 100 °C por 15 min en una estufa. Las muestras se dejaron enfriar, se adicionaron 50 µL de CuSO₄·5H₂O (Merk[®]; 4%) y 100 µL de p-hidroxidifenil (Sigma-Aldrich[®]; 1.5%). Las muestras se dejaron reposar 15 min y se midió la absorbancia a 570 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (Jenway[®] 6850 UV, UK) calibrando con un método ($r^2=0.984$) de concentración de ácido láctico (Kinberley y Taylor, 1996).

Para nitrógeno amoniacal (N-NH₃), se pesaron 20 g de ensilado y 40 mL de agua destilada. El contenido se agitó cada 15 min durante 1 h y se filtró con una gasa doble. El filtrado se centrifugó en una centrifuga (Cence[®] H1650R, China) 10 min a 2100 x g. El nitrógeno de 10 mL del sobrenadante se destiló en un destilador (Tecnal[®] TE-0363, Brasil). El nitrógeno destilado se neutralizó en un matraz Erlenmeyer (50 mL; Pyrex[®]) con 6 mL de solución de ácido bórico (99.8%; J. T. Baker[®]) a 4%. El nitrógeno destilado se tituló con HCl al 0.099 N (J. T. Baker[®]). El porcentaje de nitrógeno amoniacal (% N-NH₃) se obtuvo con la siguiente fórmula % N-NH₃ = (mL HCl) (normalidad del HCl) (1.40) / g muestra seca. El contenido de N-NH₃ se calculó como el porcentaje de N-NH₃ respecto al nitrógeno total. Para la curva estándar se preparó una solución de sulfato de amonio (0.471 g [Meyer[®]] aforado en 100 mL de agua destilada).

Características bromatológicas

Las muestras de ensilado se deshidrataron en una estufa (Riossa HCF-41 México) a 60 °C durante 72 h. El ensilado se molió con una criba de 1 mm en un molino Thomas-Wiley Mill (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA). La proteína cruda (PC, método 920.105), cenizas (Ce) y materia orgánica (MO; método 942.05) se determinaron según AOAC (2005). El método propuesto por Van Soest *et al.* (1991) se utilizó para determinar fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). La hemicelulosa se calculó por diferencia entre FDN y FDA.

Características fermentativas *in vitro*

El medio de cultivo contenía 50.9% de agua destilada, 30% fluido ruminal clarificado [líquido ruminal bovino fresco centrifugado 10 min a 12,857 g y esterilizado a 121 °C, 15 min, 15 psi (All American[®] 1941X, USA), el proceso se repitió dos veces], 5% de solución mineral I [6 g de K₂HPO₄ (J. T. Baker[®]) en 1000 mL de agua destilada], 5% de solución mineral II [6 g de KH₂PO₄ (J. T. Baker[®]) + 6 g de (NH₄)₂SO₄ (J. T. Baker[®]) + 12 g de NaCl (Meyer[®]) + 2.45 g MgSO₄ (Meyer[®]) + 1.6 g CaCl₂·2H₂O (Meyer[®]) en 1000 mL de agua destilada], 0.1% de resazurina a 0.1% (Sigma-Aldrich[®]), 4% de solución reductora [3.125 g L-cisteína (Sigma-Aldrich[®]) ajustar p^H a 10 con NaOH (Meyer[®]) + 3.125 g de Na₂S·9H₂O (Meyer[®]) aforado a 250 mL con agua destilada, se agregó 0.1 mL de resazurina a 0.1%, se usó CO₂ y calor para anaerobiosis] y 5% de solución buffer (80 g de Na₂CO₃ (J. T. Baker[®]) en 1000 mL de agua destilada) modificado de la metodología de Cobos y Yokoyama (1995).

En un vial serológico (120 ml) se agregaron 0.5 g de ensilado a peso constante y 40 mL de medio de cultivo, bajo flujo continuo de CO₂, para mantener condiciones de anaerobiosis. Los viales se sellaron con un tapón de neopreno y un arillo de aluminio con centro removible y se consideró un biodigestor. Los biodigestores se colocaron en baño maría a 39 °C y se inocularon con 10 mL de fluido ruminal fresco y se tomó como la hora cero; el cual se centrifugó a 1137 x g por 3 min para precipitar partículas de alimento y protozoarios. El fluido ruminal se obtuvo de un bovino provisto de cánula ruminal alimentado previamente

en praderas con pasto pangola. El bovino se manejó de acuerdo con el reglamento interno de bioética y bienestar de la UAGro con fundamento en las normas oficiales (NOM-062- ZOO-1999). Los biodigestores se incubaron 72 h a 39 °C.

La producción de biogás se midió mediante el desplazamiento del émbolo de una jeringa de vidrio (50 mL; BD Yale[®], Brasil). El biogás se midió a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48 y 72 h de incubación (Hernández-Morales *et al.*, 2018). La producción de biogás acumulada se reportó a las 24, 48 y 72 h. Los valores de la producción de biogás acumulada se usaron para estimar la cinética de producción de biogás mediante el modelo Gompertz:

$$Y = A * \{ \exp [-b * \exp (-k * t)] \}$$

Donde: Y = volumen de biogás en el tiempo t (mL g⁻¹ de MS), A = potencial de producción de biogás total cuando t=∞ (mL g⁻¹ de MS), b = tasa constante de producción de biogás del material potencialmente degradable (mL h⁻¹), k = tiempo lag (h), factor constante de eficiencia microbiana, definido como el intercepto del eje tiempo de la línea de la tangente en el punto de inflexión, t = tiempo de incubación (Lavrencic *et al.*, 1997).

Los parámetros A, b y k fueron estimados mediante un análisis de regresión no lineal, utilizando el procedimiento PROC NLMIXED del paquete estadístico SAS (2011). La producción de metano (CH₄) se midió usando una manguera Taygon[®] (2.38 mm Ø interno y 45 cm de longitud) con agujas hipodérmicas (20 G x 32 mm) en los extremos. Las agujas se usaron para acoplar un biodigestor con una vial trampa. Los viales trampa se llenaron con solución de NaOH (2N) [80 g de NaOH (Merck[®]) en 1000 mL de agua destilada] modificado de la metodología de Stolaroff *et al.* (2008) según Torres-Salado *et al.* (2018). La producción de CH₄ se consideró como los mL desplazados de la solución NaOH (2N) a las 24, 48 y 72 h de incubación.

Transcurridas las 72 h de incubación, se tomó 0.5 mL del medio contenido en el biodigestor, se mezcló con 0.125 mL de ácido metafosfórico (Meyer[®]) al 25% (proporción 4:1) y se centrifugó 25 min a 3500 x g y el sobrenadante se recuperó en viales de 2 mL. Un volumen de 20 µL de este sobrenadante se mezcló con 1 mL de solución fenol [10 mg de Na₂(NO)Fe(CN)₅.H₂O (Meyer[®]) + 10 g de cristales de fenol (Meyer[®]) aforado en 1000 mL de agua destilada] y 1 mL de solución hipoclorito [7.5 g de NaOH (Reasol[®]) + 21.3 g de Na₂HPO₄ (Meyer[®]) + 15 mL de hipoclorito (5%; Reasol[®]) aforado a 1000 mL con agua destilada]. La mezcla se incubó a 37 °C por 30 min en baño maría. Posteriormente, 5 mL de agua destilada se adicionaron para diluir y se agitaron con un vórtex (Genie 2 G-560, USA). La absorbancia se midió a 630 nm en un espectrofotómetro UV-VIS (Jenway[®] 6850, USA) calibrado con un método (r² = 0.9921) de concentración de nitrógeno amoniacal según McCullough (1967).

El p^H del medio se midió con un potenciómetro (Hanna[®] HI2211, Italia; calibración: p^H 7 y 4) al término de las 72 h de incubación. Las degradaciones: materia seca (DMS), fibra detergente neutro (DFDN) y fibra detergente ácido fue según la metodología de Hernández-Morales *et al.* (2018). Los modelos descritos por Menke *et al.* (1979) se usaron para estimar la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) y energía metabolizable (EM). El modelo de Blümmel *et al.* (1997) para biomasa microbiana (BM) y el modelo de Getachew *et al.* (2002) para ácidos grasos de cadena corta (AGCC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para las características de calidad el resultado obtenido en el p^H estuvo 0.5 unidades por debajo, mientras el contenido de MS fue 5% superior a lo reportado por Sánchez-Santillán *et al.* (2020) en ensilados donde utilizaron urea y melaza como aditivos a diferentes porcentajes de inclusión de mango maduro. Según McDonald *et al.* (1991) el ensilado de maíz con 30% de MS tiene un p^H que oscila entre 3.7 a 4; ya que a medida que la MS aumenta (menos de 40%) el agua metabólica disponible para el crecimiento de bacterias

ácido-lácticas comienza a limitarse (Whiter y Kung, 2001) afectando p^H y porcentaje de ácido láctico. Por lo que, los valores reportados en el presente estudio se pueden considerar dentro del rango normal para ensilados, con base de referencia el ensilado de maíz (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de calidad y bromatológicas de ensilado de mango maduro.

Variable	Promedio± Desviación estándar	Coefficiente de variación
Características de calidad		
p^H	3.63±0.05	0.01
MS (%)	31.44±0.56	0.02
Láctico (%)	1.89±1.07	0.57
N-NH ₃ (%)	0.004±0.00	0.02
Características bromatológicas		
FDN (%)	64.74±1.24	0.02
FDA (%)	36.14±1.96	0.05
Hemicelulosa (%)	28.6±2.07	0.07
Ce (%)	5.6±0.16	0.03
MO (%)	94.4±0.16	0.00
PC (%)	4.29±0.19	0.04

p^H =potencial de hidrógeno; MS=porcentaje de materia seca; Láctico=porcentaje de ácido láctico con respecto a la MS; N-NH₃= porcentaje de nitrógeno amoniacal; FDN=porcentaje de fibra detergente neutro; FDA=porcentaje de fibra detergente ácido; Hemicelulosa=porcentaje de hemicelulosa; Ce=porcentaje de cenizas, MO=porcentaje de materia orgánica; PC=porcentaje de proteína cruda.

Cañeque y Sancha (1998) publicaron, el contenido de ácido láctico en un ensilado oscila entre 3 y 14%, valores superiores a los reportados en el presente estudio. Esto se puede asumir a que el ácido láctico es el resultado de la fermentación de azúcares durante el proceso de ensilado, por lo que su contenido de azúcares fue bajo porque no se adicionó melaza como fuente de carbohidratos fermentables (Sánchez-Santillán *et al.*, 2020). Las concentraciones mínimas de N-NH₃ indican un bajo metabolismo del ácido láctico a butírico explicado por poca actividad de enterobacterias (Pahlow *et al.*, 2003), se recomienda que el contenido de N-NH₃ sea menor a 10% del total de nitrógeno (Cañeque y Sancha, 1998); por lo que el contenido de N-NH₃ del presente estudio se encuentra dentro de los parámetros recomendables.

Para las características bromatológicas el contenido de FDN, FDA, Hemicelulosa, Ce, MO, PC en el presente estudio mostraron similitud a lo publicado por Guzmán *et al.* (2012) en ensilados con 85% de mango y 90 d de conservación. Así mismo, se presentó 10 y 5% menor contenido de FDN y FDA en ensilados con 89% de mango maduro (Sánchez-Santillán *et al.*, 2020).

Para las características fermentativas *in vitro* de ensilados de mango maduro la producción acumulada de CH₄ representó 38.60, 38.62 y 36.84% del biogás acumulado a las 24, 48 y 72 h (Figura 1), mismo comportamiento fue reportado por Sánchez-Santillán *et al.* (2020) en su ensilado testigo sin adición de melaza. Lorenzo-Hernández (2017) reportó 69.77 mL de biogás g⁻¹ de MS en ensilados elaborados con 72.5% de residuos de calabaza, 22.5% de heno pangola, 3% de melaza y 2% de urea; lo que representó una producción de biogás acumulada a las 72 h tres veces menor al presente estudio. Cavallini *et al.* (2015) reportaron 191 mL g⁻¹ de MS en ensilados elaborados con mango maduro con 48 h de incubación, lo que representó casi 70 mL g⁻¹ de MS menos a lo estimado en este estudio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características fermentativas *in vitro* de ensilado de mango maduro.

Variable	Promedio ± Desviación estándar	Coefficiente de variación
Biogás 24 h (mL g ⁻¹ MS)	96.83±4.63	0.05
Biogás 48 h (mL g ⁻¹ MS)	128.81±6.52	0.05
Biogás 72 h (mL g ⁻¹ MS)	141.41±6.58	0.05
CH ₄ 24 h (mL g ⁻¹ MS)	37.38±2.41	0.06
CH ₄ 48 h (mL g ⁻¹ MS)	49.77±4.81	0.10
CH ₄ 72 h (mL g ⁻¹ MS)	52.10±5.14	0.10
DMS (%)	51.48±1.92	0.04
DFDN (%)	36.98±2.91	0.08
DFDA (%)	28.53±3.29	0.12
p ^H	6.66±0.02	0.00
N-NH ₃ (mg dL ⁻¹)	5.76±0.7155	0.12
A (mL g ⁻¹ de MS)	138.12±2.90	0.02
b (mL h ⁻¹)	2.90±0.13	0.04
k (h)	0.11±0.01	0.05
EM (Mcal Kg ⁻¹ MS)	1.86±0.06	0.03
DMO (%)	52.17±1.76	0.03
BM (mg)	180.64±15.72	0.09
AGCC (mmol 200 mg ⁻¹ MS)	0.87±0.04	0.05

Biogás = producción acumulada de biogás; CH₄ = producción acumulada de metano; DMS = degradación de materia seca; DFDN = degradación de fibra detergente neutro; DFDA = fibra detergente acida; N-NH₃ = nitrógeno amoniacal; A = potencial de producción de biogás total; b = tasa constante de producción de biogás; k = tiempo lag; EM = energía metabolizable; DMO = digestibilidad de la materia orgánica; BM= biomasa microbiana; AGCC= ácidos grasos de cadena corta.

La degradación *in vitro* permite establecer la cantidad de nutrientes disponibles para los microorganismos, de modo que degradaciones superiores a 60% se pueden relacionar con bajas concentraciones de fibras detergentes (Hernández-Morales *et al.*, 2018). Valores inferiores se reportaron en el presente estudio por el contenido de pasto pangola en los ensilados, el cual contiene alto contenido de FDN.

Los valores de DFDN y DFDA del presente estudio son inferiores a lo reportado por Almaraz-Buendía *et al.* (2019) en pasto pangola con 56 d de rebrote. Lo cual se asume que se usó pasto pangola con 150 d de rebrote como absorbedor de humedad, el cual contiene fibras altamente lignificadas que se reflejó en la degradación de la FDN y FDA del ensilado evaluado en el presente estudio.

El p^H y N-NH₃ del medio de cultivo cuantificados se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura en pruebas *in vitro* (Torres-Salado *et al.*, 2019; Texta *et al.*, 2019; Sánchez-Santillán *et al.*, 2020); por lo que estas variables no afectaron el comportamiento de la fermentación ruminal. Araiza-Rosales *et al.* (2013) reportaron una EM de 2.0 Mcal Kg⁻¹ MS en ensilados de maíz, valores superiores por 0.14 Mcal a lo reportado en este estudio (Figura 1).

Los parámetros de la cinética de fermentación de los ensilados de mango maduro (Cuadro 2 y Figura 1) son superiores a la cinética de fermentación a 9 pastos tropicales (Almaraz-Buendía *et al.*, 2019).

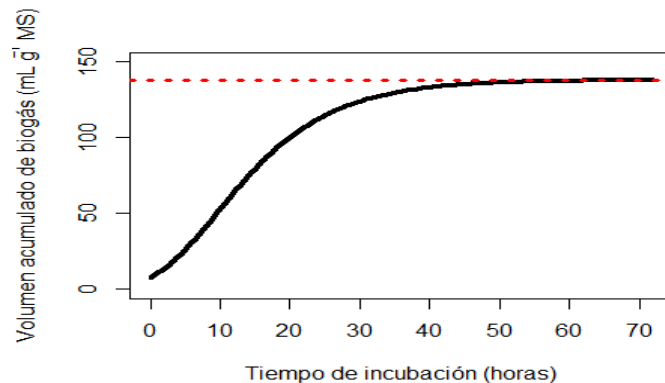


Figura 1. Cinética de producción de biogás.

CONCLUSIONES

La elaboración de ensilados con 86% de mango maduro y 14% heno de pasto pangola cuantificaron buenas características de calidad, bromatológicas y fermentativas *in vitro* por lo que se podría considerar como una alternativa no convencional para la alimentación de rumiantes en el trópico por la sobreproducción de mango.

LITERATURA CITADA

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Métodos Oficiales de Análisis. 18ª.ed. Ed. International Gaithersburg, MD, USA, p.1000-1050. (consultado el 1/08/2020). Disponible en: <http://www.aoac.org>
- Araiza-Rosales, E., E. Delgado-Licon, F.O. Carrete-Carreón, H. Medrano-Roldán, A. Solís-Soto, M. Murillo-Ortiz y C. Haubi-Segura. 2013. Degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17(2): 79-96.
- Almaraz-Buendía, I., A.M. García, P. Sánchez-Santillán, N. Torres-Salado, J. Herrera-Pérez, M.B. Bottini-Luzardo y A.R Rojas-García. 2019. Análisis bromatológico y producción de gas *in vitro* de forrajes utilizados en el trópico seco mexicano. *Archivos de Zootecnia* 68(262): 260-266.
- Bangerth, F. and R. Carle. 2002. Physical, chemical and sensory properties of 9 Thai mango cultivars and evaluation of their technological and nutritional potential. In: *International Symposium Sustaining, Food Security and Managing Natural Resources in Southeast Asia: Chiang Mai, Thailand*. 21: 29-35.
- Blümmel, M., H. Steinga and K. Becker. 1997. The relationship between *in vitro* gas production, *in vitro* microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. Published online by Cambridge University Press. 77: 911-921.
- Cavallini, J., V. Gil and A. Ojeda. 2015. Effect of ripening stage and presentation form on chemical composition and *in vitro* digestibility of mango fruit (*Mangifera indica* L.). *Livestock Research for Rural Development* 27: 1-11.
- Cañeque, M.V. y S. J.L. Sancha. 1998. Ensilados de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. *Mundi-Presa*. 257 p.
- Cobos, M.A. and M. T. Yokoyama. 1995. *Clostridium paraputrificum* var *ruminantium*: colonization and degradation of shrimp carapaces *in vitro* observed by scanning electron microscopy. The International Livestock Research Institute, Addis Ababa, Ethiopia. pp. 152-161.

- Getachew, G.H. Makkar and K Becker. 2002. Tropical browses: Contents of phenolic compounds, *in vitro* gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and *in vitro* gas production. *The Journal of Agricultural Science* 3: 341-352.
- Guha, S., S. Ghosal and U. Chattopadhyay. 1996. Antitumor, immunomodulatory and anti-HIV effect of mangiferin, a naturally occurring glucosylxanthone. *Chemotherapy*. 42: 443–45.
- Guzmán, O., C. Lemus, S. Martínez, J. Bonilla, A.L. Plasencia and J. Ly. 2012. Chemical characteristics of silages of mango (*Mangifera indica* L.) byproducts for animal feeding. *Cuban Journal of Agricultural Science* 46(4): 369–374.
- Hernández-Morales, J., P. Sánchez-Santillán, N. Torres-Salado, J. Herrera-Pérez, A.R. Rojas-García, I. Reyes-Vázquez and M.A. Mendoza-Núñez. 2018. Composición química y degradaciones *in vitro* de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana en Ciencias Pecuarias* 9 (1):105-120.
- Kinberley, A. and C. Taylor. 1996. A simple colorimetric assay for muramic acid and lactic-acid. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 56: 49-54.
- Lavrencic, A., B. Stefanon and P. Susmel. 1997. An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. *Animal Science* 64(3): 423-431.
- Lorenzo-Hernández, R. 2017. Análisis químico bromatológico y producción de gas *in vitro* de microensilados de *Cucurbita argyrosperma* (calabaza) con heno de *Digitaria decumbens* (pangola). Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Cuajinicuilapa, Guerrero, México: Universidad Autónoma de Guerrero. 54 p.
- Menke, K., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *The Journal of Agricultural Science* 93(1): 217-222.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. *Clinica Chimica Acta*. 17 (2): 297-304.
- McDonald, P., A R. Henderson and S. J. E. Heron. 1991. *The Biochemistry of Silage*. Marlow, Chalcombe publications 28 (1): 125.
- Norma Oficial Mexicana, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. (NOM-062-ZOO-1999). 1999. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (Consultado 10/08/2020). Disponible en: <https://fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/062ZOO.PDF>.
- Olivera, R., R. Carmenate, M. González, C. Pérez, G. Viera y S. Sáez. 2006. Valor nutritivo *in vitro* de ensilajes de hollejo fresco de cítrico (*Citrus sinensis*) con bagacillo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Revista de Producción Animal* 18(2): 95.
- Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2015. La ganadería en la seguridad alimentaria. (consultado 5/08/2020). Disponible: <http://www.fao.org/3/i2373s/i2373s00.pdf>.
- Pahlow, G., R.E. Muck, F. Driehuis, S.J.W.H. Elferink and S. F. Spoelstra. 2003. Microbiology of ensiling. *In: Dwayne R., R. E. Buxton and J. H. Muck (eds). Silage Science and Technology*. American Society of Agronomy. pp. 31–93.
- Statistical Analysis System (SAS). 2011. SAS/STAT Software. Versión 9.3. Cary, NC SAS, USA: Institute INC.
- Sánchez-Santillán, P., J. Herrera-Pérez, N. Torres-Salado, I. Almaraz-Buendía, I. Reyes-Vázquez, A.R. Rojas-García, M. Gómez-Trinidad, E.O. Contreras-Ramírez, M.A. Maldonado-Peralta and F. Magadan-Olmedo. 2020. Chemical composition, and *in vitro* fermentation of ripe mango silage with molasses. *Agroforest Systems* 94(4): 1511-1519.
- Sánchez, G.M., L. Re, A. Giuliani, A.J. Núñez-Selles, G.P Davison and O.S.L. Fernández. 2000. Protective effects of *Mangifera indica* L. extract, mangiferin and selected antioxidants against TPA-induced biomolecules oxidation and peritoneal macrophage activation in mice. *Pharmacology Research* 42: 565–573.

- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2018. Anuario estadístico de la producción agrícola 2018 en México. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (Consultado 10/08/2020) Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola>.
- Sumaya-Martínez, M.T., H.M.L. Sánchez, G.G. Torres y P.D. García. 2012. Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios* 30: 828-833.
- Stolaroff, J.K., D.W. Keit and G.V. 2008. Carbon dioxide capture from atmospheric air using sodium hydroxide spray. *Environment Science Technology* 42(8): 2728-2735.
- Texta, N.J., P. Sánchez-Santillán, S.D. Hernández, N. Torres-Salado, G.M. Crosby y A.R. Rojas-García. 2019. Uso de disacáridos y carbón activado para preservar consorcios de bacterias ruminales celulolíticas liofilizadas. *Revista MVZ Cordoba* 24(3): 7305-7313.
- Torres-Salado, N., P. Sánchez-Santillán, A.R. Rojas-García, J. Herrera-Pérez y J. Hernández-Morales. 2018. Producción de gases efecto invernadero *in vitro* de leguminosas arbóreas del trópico seco mexicano. *Archivos de Zootecnia* 67(257): 55-59.
- Torres-Salado, N., P. Sánchez-Santillán, A.R. Rojas-García, I. Almaraz-Buendía, J. Herrera-Pérez y I. Reyes-Vázquez. 2019. Producción de gas *in vitro* y características fermentativas de consorcios bacterianos celulolíticos ruminales de búfala de agua (*Bubalus bubalis*) y vaca Suiz-bu. *Agrociencia* 53: 145-159.
- Valencia, C.A., B.A. Hernández y B.L. López, B.L. 2011. El ensilaje: ¿Qué es y para qué sirve? *La ciencia y el hombre* 24(2): 1-3.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10): 3583-3597.
- Vieira, P., J. Queiroz, L. Albino, G. Moraes, A. Barbosa, E. Müller and M. Viana. 2008. Efeitos da inclusão de farelo de residuo de manga no desempenho de frangos de corte de 1 a 42 días. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37: 2173.
- Whiter, A. G. and J. Kung. 2001. The effect of a dry or liquid application of *Lactobacillus plantarum* MTD1 on the fermentation of alfalfa silage. *Journal Dairy Science* 84: 2195-2202.