

***In situ* ruminal degradability of silage of mango wastes (*Mangifera indica* L.) and maize stubbles**

Degradabilidad ruminal *in situ* de ensilado de residuos de mango (*Mangifera indica* L.) y rastrojo de maíz

O. Guzmán¹, C. Lemus-Flores¹, J. Bugarín¹, J. Bonilla¹, V. González-Vizcarra² and J. Ly³

¹Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura "Amado Nervo" Tepic, Nayarit, México

²Instituto de Ciencia Agrícola, Universidad de Baja California. Mexicali, Baja California, México

³Instituto de Investigaciones Porcinas, Punta Brava, La Habana, Cuba. Gaveta Postal No.1

Email: drclemus@yahoo.com.mx

This research was carried out in order to evaluate the ruminal degradability of different silage based on agroindustrial and mango wastes (*Mangifera indica* c.v. Tommy Atkins) with the addition of with 2 levels of maize stubble, molasses and agricultural urea. With a simple classification design to determine *in situ* ruminal degradability of DM in six silage alternatives, the nylon bag technique was used in four rumen fistulated sheep. Degradation times of DM were 0, 4, 8, 16, 34, 48, 72 and 96 hours. There was significant effect ($P < 0.05$) of treatment between 0 and 48 h for DM degradation, with higher values in treatments with higher fruit content (85%). Apparently, treatments showed a degradation percentage similar to 72 and 96 h of incubation, with mean values of 73.1 and 75.1 %, respectively. Significant differences ($P < 0.05$) were observed among silage types for immediately (a) and potentially degradable fraction (b), but not ($P > 0.05$) for the degradation kinetic constant (c) nor for potential degradation (a + b). Effective degradation was significant ($P < 0.05$) in silages with a higher content of mango wastes compared to the other four types of materials. It is concluded that treatments with the highest content of whole fruit or industrial waste, demonstrated the best degradation, maybe due to its high content of fermentable material. It is suggested to study performance tests in ruminants fed with silage from mango wastes, as well as to carry out *in vivo* digestion studies.

Key words: *chemical composition, mango waste, silage, ruminal degradation*

The use of harvesting and industrial tropical fruit wastes can help to avoid contamination to the environment when they are properly used (Gutiérrez *et al.* 2018). On the other hand, these wastes for ruminant feeding, offer the advantage of being a food resource of low cost and acceptable nutritional value (Pagan 2006 and Rego 2010).

To avoid the excessive influence of seasonality of fruits in the tropics, and therefore, having to handle large volumes in a relatively short period, it is possible to use silage technique, in the particular case of mango, there is evidence that it is possible to ensile fruits that are not suitable for consumption and industrial wastes (Pérez *et al.* 2009).

In the state of Nayarit during the harvest period from June to August 2005, an estimated production of 200,000 tons was presented (SAGARPA 2006). Previous studies indicate that there are crop losses by different nature

Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar la degradabilidad ruminal de diferentes ensilados basado en residuo agroindustrial y fruta de mango de desecho (*Mangifera indica* v.c. Tommy Atkins), con la adición de 2 niveles de rastrojo de maíz, melaza y urea agrícola. Con un diseño de clasificación simple para determinar la degradabilidad ruminal *in situ* de la MS en seis alternativas de ensilado, se empleó la técnica de la bolsa de nylon, en cuatro borregos fistulados en rumen. Los tiempos de degradación de MS fueron 0, 4, 8, 16, 34, 48, 72 y 96 horas. Con efecto significativo ($P < 0.05$) de tratamiento entre 0 y 48 h para la degradación de MS, con valores más altos en tratamientos con mayor contenido de fruta (85 %). Aparentemente los tratamientos mostraron un porcentaje de degradación similar a 72 y 96 h de incubación, con valores promedio de 73.1 y 75.1 %, respectivamente. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tipos de ensilados para la fracción inmediatamente (a) y potencialmente degradable (b), pero no ($P > 0.05$) para la constante cinética de degradación (c) ni para la degradación potencial (a + b). La degradación efectiva fue significativa ($P < 0.05$) en ensilados con mayor contenido de residuos de mango con respecto a los otros cuatro tipos de materiales. Se concluye que los tratamientos con mayor contenido de fruta entera o residuo industrial, presentaron la mayor degradación, quizás por su alto contenido de material fermentable. Se sugiere efectuar pruebas de comportamiento en rumiantes alimentados con ensilados de residuos de mango, así como realizar estudios *in vivo* de digestión.

Palabras clave: *composición química, desecho de mango, ensilado, degradación ruminal*

El aprovechamiento de residuos de cosecha e industriales de frutas tropicales puede contribuir a evitar la contaminación del medio ambiente cuando se utilizan de una manera adecuada (Gutiérrez *et al.* 2018). Por otra parte, estos residuos para la alimentación de rumiantes, ofrecen la ventaja de ser un recurso alimentario de bajo costo y valor nutritivo aceptable (Pagan 2006 y Rego 2010).

Para evitar la influencia excesiva de la estacionalidad de las frutas en el trópico, y por ende, tener que manejar grandes volúmenes en un período relativamente corto, es posible utilizar la técnica de ensilado, en el caso particular del mango, existen evidencias de que es posible ensilar las frutas no aptas para el consumo y los residuos industriales (Pérez *et al.* 2009).

En el estado Nayarit durante el período de cosecha de junio a agosto de 2005 se presentó una producción estimada de 200 000 toneladas (SAGARPA 2006). Trabajos anteriores indican que existen pérdidas de la cosecha por

ranging from 28 to 43 % (Ferrer 1987). Therefore, it is necessary to manipulate from 56,000 to 86,000 tons approximately, which are mainly concentrated in the industrialization plants.

Silage technique is an adequate alternative to preserve agroindustrial fruit waste, such as citrus wastes. In the case of mango wastes, there are records in Mexico (Aguilera *et al.* 1997), as well as recent research related to animal food (Filho *et al.* 2010 and Rego *et al.* 2010).

According to Ascanio *et al.* (2017), the technique of *in situ* ruminal digestion, offers the advantage of determining in a short time, with a reliable margin of security and at low costs, the nutritional value of different types of food submitted to the effect of the ruminal environment. With the use of this methodology, Conde *et al.* (2010) reported that ruminal degradability of Tommy Atkins mango peel and seeds was 99 and 54 %, respectively. The mixture of these wastes demonstrated a high ruminal degradability (Gonçalves *et al.* 2004), but it is intermediate for the values found by Conde *et al.* (2010).

The objective of this study was to evaluate the ruminal degradability of different silages based on agroindustrial and mango wastes with the addition of 2 levels of maize stubble, molasses and agricultural urea.

Materials and Methods

This study was carried out in the facilities of the Unidad Académica de Agricultura, from Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit state, Mexico. Climate on this site is semi-warm or humid subtropical, according to Koppen classification. Rain regime is higher than 1,300 mm per year and the annual mean temperature varies from 20 to 29 °C. The warmest months are between June and September, with a mean temperature of 23-24 °C, while the coldest ones (16-17 °C) correspond to December and January (García 1983). The altitude is 940 m.o.s.l.

In situ degradability of representative samples of six silage alternatives of mango wastes (*Mangifera indica* L. cv Tommy Atkins) was evaluated, mixed with maize stubble without grain of local origin. Composition of silage types is described in table 1. The materials to be evaluated came from microsilos made with two types of mango wastes, coming from harvest season, comprised between June and August 2009, Nayarit state, Mexico.

Ripe mango fruits were waste, which by appearance and consistency were not suitable for human consumption, and did not meet the requirements established by the companies for their industrialization. Mango wastes obtained from a processing plant was also used and was basically composed of peel and seed. Other additives used in addition to maize stubble were molasses from sugar cane and agricultural urea.

distintas razones, las cuales van del 28 al 43 % (Ferrer 1987), de manera que es necesario manipular de 56 000 a 86 000 toneladas aproximadamente, las cuales se concentran en las plantas industrializadoras principalmente.

La técnica de ensilado es una alternativa adecuada para preservar desechos agroindustriales de frutas, como residuos de cítricos, en el caso específico de residuos de mango, existen antecedentes en México (Aguilera *et al.* 1997), además de investigaciones recientes relacionadas con la alimentación animal (Filho *et al.* 2010 y Rego *et al.* 2010).

De acuerdo con Ascanio *et al.* (2017), la técnica de digestión ruminal *in situ* ofrece la ventaja de determinar en corto tiempo, con un margen de seguridad confiable y de forma poco costosa, el valor nutritivo de diferentes tipos de alimento sometidos al efecto del ambiente ruminal. Mediante el uso de esta metodología, Conde *et al.* (2010) reportaron que la degradabilidad ruminal de cáscaras y semillas de mango variedad Tommy Atkins fue 99 y 54%, respectivamente. La mezcla de estos residuos ha revelado poseer una degradabilidad ruminal alta (Gonçalves *et al.* 2004), pero intermedia para los valores encontrados por Conde *et al.* (2010).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la degradabilidad ruminal de diferentes ensilados basado en residuo agroindustrial y fruta de desecho de mango con la adición de 2 niveles de rastrojo de maíz, melaza y urea agrícola.

Materiales and Métodos

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Unidad Académica de Agricultura, de la Universidad Autónoma de Nayarit, en el estado de Nayarit, México. El clima en este sitio es semicálido o subtropical húmedo, de acuerdo con la clasificación de Koppen. El régimen pluviométrico es mayor a 1 300 mm anuales, la temperatura media anual varía de 20 a 29 °C. Los meses más cálidos están entre junio y septiembre, con una temperatura media de 23-24 °C, mientras que los más fríos (16-17 °C) corresponden a diciembre y enero (García 1983), con una altura de 940 m snm.

Se evaluó la degradabilidad *in situ* de muestras representativas de seis alternativas de ensilado de residuos de mango (*Mangifera indica* L. cv. Tommy Atkins) mezclados con rastrojo de maíz sin grano de procedencia local. La composición de los tipos de ensilado aparece descrita en la tabla 1. Los materiales a evaluar provinieron de microsilos elaborados con dos tipos de residuos de mango, provenientes de la temporada de cosecha, comprendida entre junio-agosto de 2009, en el Estado de Nayarit, México.

Las frutas de mango maduro eran de desecho, que por apariencia y consistencia no fueron aptas para el consumo humano, y que no cumplían con las exigencias que establecen las empresas para su industrialización. Se utilizó además el residuo de mango que se obtuvo de una planta procesadora y estaba compuesto en lo fundamental

Table 1. Characteristics of ensiled Nayarit mango wastes with 42 days of conservation

Indicator	Whole fruit, %			Industrial waste, %		
	75	80	85	75	80	85
Composition, % under fresh basis						
Whole fruit	75	80	85	-	-	-
Waste	-	-	-	75	80	85
Maize stubble	20	20	10	20	20	10
Urea	2	-	2	2	-	2
Molasses	3	-	3	3	-	3
Analysis, % under dry basis						
DM	33.71	29.27	27.06	36.81	31.73	31.29
Ashes	2.52	1.97	1.55	2.51	1.76	1.93
Organic matter	97.48	98.03	98.45	97.48	98.23	98.04
NDF	70.32	67.92	60.20	64.53	65.21	61.84
ADF	38.81	45.47	39.67	38.40	41.79	34.17
Hemicellulose	31.51	22.45	20.53	26.13	23.41	27.66
Cellulose	27.57	35.82	30.91	28.10	31.38	23.47
Lignin	11.23	9.65	8.75	10.30	10.41	10.70
Nx6.25	14.29	5.63	15.37	14.70	5.63	16.87

Fruits and industrial wastes of mango constituted approximately 45, 55 and 60 % of the total silo under a dry basis, while, in that same order, stubbles were about 45, 45 and 30 % equally under dry basis. Agricultural urea and molasses contributed both with about 5 % of the silage dry matter.

For this research, 42-day conservation silages were used with a total of 24 samples (5 kg each) for each treatment. Table 2 shows the fermentative characteristics of these silages.

por cáscara y semilla. Otros aditivos utilizados además del rastrojo de maíz fueron la melaza de caña de azúcar y la urea agrícola. Las frutas y residuos industriales de mango constituyeron aproximadamente 45, 55 y 60 % del total del silo en base seca, mientras que, en ese mismo orden, los rastrojos fueron cerca de 45, 45 y 30 % igualmente en base seca. La urea agrícola y la melaza contribuyeron ambas con cerca del 5 % de la materia seca del ensilado.

Para la presente investigación se utilizaron los ensilados

Table 2. Fermentative characteristics of silages of Nayarit mango wastes (under dry basis) with 42 days of conservation

	Whole fruit, %			Industrial waste, %		
	75	80	85	75	80	85
pH	4.49	3.83	4.12	5.09	4.10	4.55
Total acidity						
NaOH/100 g	31.79	35.53	34.39	23.18	40.22	27.60
NH ₃ , mmol/100 g	2.27	0.08	0.98	3.08	0.08	1.49
SCFA, mmol/100 g	38.32	14.35	19.32	45.12	27.95	16.84

At the time of the evaluation, a subsample of 200 grams of each was extracted from the 24 samples. Once the subsamples were obtained, they were conveniently mixed, separated in three parts and dried in an oven at a temperature of 60 °C, for one week. After drying, they were ground with the help of a hammer mill equipped with a 2.5 mm screen. After samples were placed in plastic containers with lid for storage and subsequent use.

Four male Pelibuey x Dorper crossbred lambs were used, with a mean liveweight of 35 kg, which were previously implanted with a simple flexible polymer

de 42 días de conservación con un total de 24 muestras (5 kg cada una) para cada tratamiento. Las características fermentativas de estos ensilados se muestran en la tabla 2.

Al momento de la evaluación, se extrajo una submuestra de 200 gramos de cada una de las 24 muestras. Una vez obtenidas las submuestras estas se mezclaron convenientemente, separadas en tres partes y secadas en estufa a temperatura de 60 °C, por un período de una semana. Posterior al secado se molieron con la ayuda de un molino de martillo provisto de una criba de 2.5 mm. Después las muestras se colocaron en recipientes de plástico con tapadera para su almacenamiento y su

cannula in the rumen dorsal sac. They were previously internally and externally dewormed. Animals were housed in a group in a indoor stable, provided with appropriate feeders and drinking troughs. A diet with similar ingredients to the tested treatments was used (table 3).

posterior utilización.

Se utilizaron cuatro borregos machos de cruce Pelibuey x Dorper, con un peso vivo promedio de 35 kg a los que previamente se les implantó una cánula simple de un polímero flexible en el saco dorsal del rumen. Estos se desparasitaron previamente de manera interna y externa. Los animales se alojaron por grupos en

Table 3. Composition of the diet provided to sheep (fresh basis)

Composition	Percentage
Maize stubble	44.00
Sorghum grain meal	18.00
Wheat bran	8.00
Canola paste	12.00
Alfalfa meal	8.00
Sugar cane molasses	8.00
Urea	0.44
CaCO ₃	0.70
NaCl	0.35
Trace minerals ¹	0.50
Total	100.00

¹According to NRC (2001)

Food was offered daily at 10:00 am at a rate of 1 kg/animal per day (fresh basis), while water was available at all times. At the beginning of this experimental phase, animals were adapted to the diet for a period of 15 days.

In situ procedure of ruminal degradability, proposed by Mehrez and Orskov (1977), was used. Three grams for each standard nylon bag, measuring 5 x 10 cm and with a porosity of 50 $\mu\text{m}/\text{cm}^2$ were weighed and three repetitions per each sample and each hour were used. Later, they were closed by means of rubber bands and fastened with a special tie to metal rings. Bags were hanged in key holders, so that they were attached to a rope that was cast through the cannula into the rumen of animals to allow handling. Finally, those 24 bags with the samples were subjected to ruminal incubation in each of the four animals at 0, 4, 8, 16, 24, 48, 72 and 96 hours, with a total of 96 bags and samples from the four animals used. Incubation process started at 12:00 p.m. and successive extractions were made at random according to the programmed times of permanence in the rumen of each treatment, to finally remove all the bags at the end of the 96-hour incubation time.

After having removed the bags, they were washed three times with water in a commercial washing machine with a capacity of 4 kg, in order to make them as clean as possible. Each wash cycle lasted 5 minutes. Bags belonging to 0 time, occupied by the controls were washed separately to avoid their influence on the gain or loss of weight at the end of the process. Finally, they were placed on aluminum trays and placed in a forced

un establo cerrado, provisto de comederos y bebederos apropiados. Se empleó una dieta con ingredientes similares a los tratamientos que se probaron (tabla 3).

El alimento se ofreció diariamente a las 10:00 am a razón de 1 kg/animal por día (base fresca), mientras que el agua estuvo disponible todo el tiempo. Al inicio de esta fase experimental, los animales se adaptaron a la dieta por un período de 15 días.

Se utilizó el procedimiento *in situ* de degradabilidad ruminal propuesto por Mehrez y Orskov (1977). Se procedió a pesar tres gramos por cada bolsa de nailon estándar, con medidas 5 x 10 cm y con una porosidad de 50 $\mu\text{m}/\text{cm}^2$ y se utilizaron tres repeticiones de cada muestra y de cada hora. Posteriormente, se cerraron por medio de ligas y sujetándolas con un amarre especial a argollas de metal. Las bolsas se anclaron en porta llaves, para que éstas se sujetaran a una soga que se colocó a través de la cánula dentro del rumen de los animales para permitir su manipulación. Finalmente, esas 24 bolsas con las muestras se sometieron a incubación ruminal en cada uno de los cuatro animales en los tiempos 0, 4, 8, 16, 24, 48, 72 y 96 horas, con un total de 96 bolsas y muestras por los cuatro animales utilizados. El proceso de incubación se inició a las 12:00 p.m. y se hicieron sucesivas extracciones al azar de acuerdo con los tiempos programados de permanencia en rumen de cada uno de los tratamientos, para finalmente retirar todas las bolsas al final del tiempo de incubación de 96 horas.

Después de retirar las bolsas, éstas se lavaron tres veces con agua común en una lavadora comercial de una capacidad de 4 kg con la finalidad de que éstas quedaran

air oven at a temperature of 55 °C during 24 hours for drying.

Dry matter (DM) content of samples was determined by gravimetry by drying in an oven with forced air circulation, according to A.O.A.C (1990). All determinations were made in duplicate.

Kinetics of *in situ* disappearance of DM in the incubated samples was described by the following equation, proposed by Orskov and McDonald (1979) and McDonald (1981).

$$y = a + b (1 - e^{-ct})$$

Where "y" is DM disappearance in the time t, "a" is the immediately degradable fraction, "b" corresponds to the potentially degradable fraction by fermentation, while "a + b" is the total of "y", which can be degraded and "c" is the rate of degradation of fraction "b" (Mehrez and Orskov 1977, Orskov and McDonald 1979 and McDonald 1981). On the other hand, the effective degradability (ED) was calculated according to Orskov and McDonald (1979), taking into account the speed or step rate of ruminal digesta, k, in the following equation:

$$ED = a + [(bc)/(c + k)]$$

In this study, the value of k was assumed as 5 %/hour, corresponding to a moderate productive level (ARC 1984).

In previous analyzes, there was no significant effect ($P < 0.05$) of animal or animal x silage type interaction. Consequently, means for each incubation time, as well as *in situ* degradation kinetics indices were contrasted by the analysis of variance technique according to a single effect design (Steel *et al.* 1997), and in the cases where significant differences were found ($P < 0.05$), means were compared by Tukey multiple comparison test. A general linear model was used for data manipulation, using the statistical package SAS (2003), for computers. The linear model applied was the following:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + E_{ij}$$

Where:

Y_{ijk} = response variable

μ = general mean

A_i = silage treatments

E_{ijk} = random error

Results

Table 4 shows the results of the test, from the point of comparison of treatments within each *in situ* ruminal incubation time. A significant effect ($P < 0.05$) of treatment was found between 0 and 48 hours for DM degradation, with higher values for treatments with a higher content of whole fruit or industrial wastes (85 %). In contrast, all treatments did not seem to show a different percent degradation when they were incubated for 71 and 96 hours, and showed an average value of 73.1 and 75.1 %, respectively.

Table 5 lists data corresponding to indexes of *in*

lo más limpias posible. Cada ciclo de lavado tuvo una duración de 5 minutos. Las bolsas pertenecientes a los tiempos 0 que ocupaban los blancos se lavaron por separado para evitar la influencia de estas en una ganancia o pérdida de peso al final del proceso. Por último, se colocaron en charolas de aluminio y se introdujeron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 55 °C por un período de 24 horas para su secado.

El contenido de materia seca (MS) de las muestras se determinó por gravimetría mediante secado en una estufa con circulación forzada de aire de acuerdo con la A.O.A.C (1990). Todas las determinaciones se realizaron por duplicado.

La cinética de desaparición *in situ* de la MS en las muestras incubadas se describió mediante la siguiente ecuación, propuesta por Orskov y McDonald (1979) y McDonald (1981).

$$y = a + b (1 - e^{-ct})$$

Donde "y" es la desaparición de MS en el tiempo t, "a" es la fracción inmediatamente degradable, "b" se corresponde con la fracción potencialmente degradable por fermentación, mientras que "a + b", es el total de "y" que se puede degradar y "c", la velocidad de degradación de la fracción "b" (Mehrez y Orskov 1977, Orskov y McDonald 1979 y McDonald 1981). Por otra parte, la degradabilidad efectiva (DE) se calculó de acuerdo con Orskov y McDonald (1979), teniendo en cuenta la velocidad o tasa de paso de la digesta del rumen, k, en la ecuación siguiente:

$$DE = a + [(bc)/(c + k)]$$

En este estudio el valor de k fue asumido como 5 %/hora, correspondientes a un nivel productivo moderado (ARC 1984).

En análisis previos se encontró que no hubo efecto significativo ($P < 0.05$) de animal ni de la interacción animal x tipo de ensilado. En consecuencia, las medias para cada tiempo de incubación, así como los índices de la cinética de degradación *in situ* fueron contrastadas por la técnica del análisis de varianza de acuerdo con un diseño de un solo efecto (Steel *et al.* 1997), y en los casos en donde se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), las medias fueron comparadas por la prueba de comparación múltiple de Tukey. Se usó un modelo lineal general para la manipulación de los datos, haciendo uso del paquete estadístico SAS (2003), para computadoras. El modelo lineal aplicado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta

μ = Media general

A_i = Tratamientos de ensilados

E_{ijk} = Error aleatorio

Resultados

La tabla 4 presenta los resultados de la prueba, desde el punto de la comparación de tratamientos dentro de cada tiempo de incubación ruminal *in situ*. Se halló efecto

Table 4. Influence of incubation time on *in situ* ruminal degradation of DM in silages of Nayarit mango wastes (in percentages)

	Whole fruit, %			Industrial waste, %			SE±
	75	80 ¹	85	75	80 ¹	85	
N	4	4	4	4	4	4	-
	Incubation time, hr						
0	45.2 ^b	41.9 ^c	52.9 ^a	46.3 ^b	44.5 ^{bc}	56.8 ^a	1.16*
4	47.9 ^b	45.1 ^b	58.8 ^a	49.0 ^b	47.6 ^b	60.5 ^a	1.27*
8	50.4 ^b	48.0 ^b	62.6 ^a	51.5 ^b	50.4 ^b	63.5 ^a	1.37*
16	54.8 ^b	53.0 ^b	67.9 ^a	55.8 ^b	55.1 ^b	67.9 ^a	1.46*
24	58.4 ^b	57.1 ^a	71.3 ^a	59.2 ^b	59.0 ^b	71.0 ^a	1.45*
48	66.2 ^{bc}	65.8 ^c	76.1 ^a	66.0 ^c	66.9 ^{abc}	75.9 ^{ab}	1.24*
72	70.9	70.9	77.9	69.7	71.4	77.9	1.01
96	73.9	73.8	78.6	71.8	73.9	78.6	0.87

¹ Do not contain urea and sugar cane molasses. For more details, see table 1. *P<0.05

^{abc} Means without common letter in the same line differ significantly (P<0.05) among them

situ ruminal degradation kinetics of different evaluated silages. Significant statistical differences were found (P <0.05) among silage types for the immediately degradable (a) and potentially degradable (b) fractions, but neither (P <0.10) for degradation kinetic constant (c) nor for degradation potential (a + b). The effective degradability (ED) was significantly (P <0.05) higher in silages with a high content of ensiled mango wastes with respect to the other four types of materials, a trend that was similar for the constant "c" in these two types of silages.

significativo (P<0.05) de tratamiento entre 0 y 48 horas para la degradación de la MS, con valores más altos para los tratamientos con un mayor contenido de fruta entera o residuo industrial (85%). En contraste todos los tratamientos parecieron no mostrar un por ciento de degradación distinta cuando se incubaron por 71 y 96 horas, y mostraron un valor promedio de 73.1 y 75.1 %, respectivamente.

En la tabla 5 se listan los datos correspondientes a los índices de la cinética de degradación ruminal *in situ* de los distintos ensilados que se evaluaron. Se manifestaron diferencias estadísticas significativas (P<0.05) entre tipos de ensilados para las fracciones inmediatamente

Table 5. Kinetics of *in situ* ruminal degradation of DM in silages of Nayarit mango wastes

	Whole fruit, % ¹			Industrial waste, %			SE±
	75	80 ²	85	75	80 ²	85	
N	4	4	4	4	4	4	-
	Kinetic indexes						
a, %	45.2 ^{bc}	41.9 ^c	52.9 ^a	46.3 ^b	44.5 ^{bc}	56.8 ^a	1.16*
b, %	34.4 ^{ab}	36.8 ^a	25.7 ^b	28.7 ^{abc}	33.8 ^{ab}	23.1 ^c	1.3*
c, %/hr	0.020	0.023	0.054	0.025	0.024	0.042	0.004+
a + b, %	79.6	78.7	79.6	75.0	78.2	79.9	0.8
ED, %	62.2 ^b	61.2 ^b	67.1 ^{ab}	62.0 ^b	62.5 ^b	69.5 ^a	0.8*

¹ Percentage of fresh basis inclusion

² Do not contain urea and sugar cane molasses. For more details, see table 1

+ P<0.10; * P<0.05

^{abc} Means without common letter in the same line differ significantly (P<0.05) among them

Discussion

Although there is plenty of studies referring to *in situ* ruminal degradation of different food resources, there are only a few concerning different mango silage products. In studies, similar to those used in this research, Aguilera *et al.* (1997) found that DM disappearance in the incubated samples, after 45 days

degradable (a) y la potencialmente degradable (b), pero no (P<0.10) para la constante cinética de degradación (c) ni para la degradación potencial (a + b). La degradabilidad efectiva (DE) fue significativamente (P<0.05) mayor en los ensilados con un alto contenido de residuos de mangos ensilados con respecto a los otros cuatro tipos de materiales, tendencia que fue similar para

of preservation, was 54.0-54.5%. *In vitro* degradation of DM, measured in the same silage types, was 59.1 and 60.5%, respectively. Such data are considerably lower than those reported in this article. Other studies of *in vitro* degradability of mango peel, ensiled or not, have indicated high values of DM disappearance at 48 hours of incubation, 75.9 and 79.8 %, respectively, compared with seeds of the same fruit, 45.1 % (Sruamsiri and Silman 2009). The above indicates that mango fruit has a high degradation because it contains a large number of rapidly degradable compounds, contrary to what happened with the maize stubble fiber. It is also known that the addition of N as a non-protein source has repercussions in dry matter digestibility (Sánchez-Duarte and García 2017). In a research carried out on alfalfa varieties at different harvesting days and consequently on plant maturity, they found that the older the cut, the lower the DM degradation (Boschini-Figueroa and Chacón-Hernández 2017). In another study with agricultural by-products such as henequen bagasse, Gutiérrez *et al.* (2018) found greater degradability than 63 % at 72 h of *in situ* incubation.

In vitro degradability of DM silage of *Penisetum purpureum* with levels up to 15% of mango byproducts did not show substantial changes in the experiment conducted by Porras (1989). Meanwhile, Ledea *et al.* (2016) evaluated ruminal fermentation of *Cenchrus purpureus* in different plant fractions such as leaves and stems at different ages. In both parts, 50 % of degradation was surpassed. This percentage reached the maximum potential at 72 h, but decreased for fractions that were more than 120 days old. This situation could be similar to what happened in this research where high content of mango in its different presentations could influence the degradation of maize stubble, by providing a higher amount of rapidly degradable material for ruminal microorganisms, which coincides with the aforementioned by Villa *et al.* (2010). On the other hand, González *et al.* (2015) conducted the evaluation of the ruminal degradability of food by-products in fistulated sheep, where they concluded that physical and chemical characteristics of each ingredient have a direct influence on their degradation rate in the rumen.

In Tommy Atkins mangos, Conde *et al.* (2010) indicated values of degradability for peel and seed ascending to 99 and 54 %, respectively. Similarly, Pereira *et al.* (2008) reported that *in vitro* ruminal disappearance of DM in the case of mango wastes, essentially pulp, was very high, 83-84 % between 48 and 96 hours. This suggests that the values of degradability will necessarily be intermediate in mixtures where mango peel and seeds predominate, due to the low degradability of the fiber fraction of seeds, rich in ADF in comparison with the peel (Pereira *et al.* 2008).

la constante “c” en estos dos tipos de ensilados.

Discusión

Aunque es notorio el caudal de datos referentes a estudios de degradación ruminal *in situ* de distintos recursos alimentarios, son relativamente escasos los que conciernen a distintos productos ensilados de mango. En estudios, similares a los usados en esta investigación, Aguilera *et al.* (1997) encontraron que la desaparición de MS en las muestras incubadas, después de 45 días de conservación, fue 54.0-54.5 %. La degradación *in vitro* de la MS medida en los mismos tipos de ensilados fue 59.1 y 60.5 %, respectivamente. Tales datos son considerablemente más bajos que los informados en este artículo. Otros estudios de degradabilidad *in vitro* de cáscaras de mango, ensiladas o no, han indicado valores altos de desaparición de MS a las 48 horas de incubación, 75.9 y 79.8 %, respectivamente en comparación con semillas de la misma fruta, 45.1 % (Sruamsiri y Silman 2009). Lo anterior indica que el fruto de mango presenta una alta degradación por contener una gran cantidad de compuestos rápidamente degradables, caso contrario a lo sucedido en la fibra del rastrojo de maíz. Se sabe además que la adición de N como fuente no proteica tiene repercusiones en la digestibilidad de la materia seca (Sánchez-Duarte y García 2017). En una investigación realizada en variedades de alfalfa a diferentes días de cosecha y por consiguiente de madurez de la planta encontraron que a mayor edad de corte menor degradación de la MS (Boschini-Figueroa y Chacón-Hernández 2017). En otro estudio con subproductos agrícolas como el bagazo de henequén, Gutiérrez *et al.* (2018) encontraron una degradabilidad superior al 63 % a las 72 h de incubación *in situ*.

La degradabilidad *in vitro* de la MS de ensilados de *Penisetum purpureum* con niveles de hasta 15 % de subproductos de mango no mostró alteraciones sustanciales en el experimento realizado por Porras (1989). Por su parte, Ledea *et al.* (2016) evaluaron la fermentación ruminal de *Cenchrus purpureus* en diferentes fracciones de las plantas como hojas y tallos en diferentes edades. En ambas partes, se superó 50 % de degradación. Dicho porcentaje alcanzó el máximo potencial a las 72 h, pero disminuyó para las fracciones que tenían más de 120 días de edad. Esta situación pudiera ser similar a lo ocurrido en esta investigación donde los altos contenidos de mango en sus diferentes presentaciones pudieron influir en la degradación del rastrojo de maíz, al proporcionar una mayor cantidad de material rápidamente degradable para los microorganismos ruminales, lo que coincide con lo mencionado por Villa *et al.* (2010). Por su parte, González *et al.* (2015) realizaron la evaluación de la degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos fistulados, donde concluyeron que las características físicas y químicas de cada ingrediente influyen directamente en su tasa de degradación en el rumen.

En mangos Tommy Atkins, Conde *et al.* (2010) indicaron valores de degradabilidad para la cáscara y la

It is likely that, in the study by Aguilera *et al.* (1997), the evaluated silages were very rich in fiber, thus making *in vitro* and *in situ* ruminal degradability low. Perhaps the quality of maize stubble to be mixed with mango wastes could be another factor that may reflect changes in the digestive use of nutrients in the resulting mixtures. In this study, silages with more mango wastes and a lower proportion of maize stubble appeared to show higher figures of *in situ* ruminal degradation, at least until 48 hours of measurement. On the other hand, Valles *et al.* (2016) conducted an evaluation of different tropical grasses at different cut ages, which confirmed that cut age is related to degradation, because as the older the plant is the lower degradation due to the amount of lignin in the forage. This was manifested in the present study because stubble contents showed lower values of degradability in the times evaluated.

In this study, treatments containing urea and a lower maize stubble content seemed to determine higher values for the *in situ* ruminal degradability of DM. In this respect, Sruamsiri and Silman (2009), indicated that, when they supplied mango silage to cows, rectal DM digestibility increased from 53.8 to 58.6% when including between 0 and 15 % of leucaena leaves in the ration. Likewise, Sánchez and García (2017) evaluated N concentration in a silage used in dairy cattle and observed that N concentration in the ration influences digestibility, intake and milk production.

Data related to kinetics of *in situ* ruminal degradation suggest that silages with the highest proportion of mango products, whether fruit or industrial waste, showed a faster degradation of DM (c) and showed values within the range suggested by Sampaio (1988), for the degradation rate of good quality plant foods (from 2 to 6 % per hour). In the same way, it happened with the instant disappearance (a), in consonance with suggestions of Orskov and McDonald (1979). This instantaneous disappearance, 41.9-56.8 %, was considerably lower than that reported with other forage resources, such as *Cenchrus purpureus*, which presented the highest values of degradability at a cut age between 80 and 100 days (Ledea-Rodríguez *et al.* 2018).

When variable levels of mango wastes were added to elephant grass silages, Rego *et al.* (2008) noted that potential (a + b) and effective *in situ* disappearance in the rumen of sheep increased with the inclusion of ensiled mango wastes, which is in agreement with the results of the present experiment. In the case of industrial by-product of mango without being ensiled, Gonçalves *et al.* (2004) observed an effective DM degradation that rose 61.1 %, with a step rate of 5 %/hour, in their *in situ* digestion studies. This rather high figure also corroborates the high *in situ* digestive use, found in the research reported here.

semilla ascendentes a 99 y 54 %, respectivamente. De igual forma, Pereira *et al.* (2008) reportaron que la desaparición ruminal *in vitro* de MS en el caso de residuos de mangos, esencialmente pulpa, fue muy alta, 83-84 % entre 48 y 96 horas. Ello sugiere que en mezclas donde predominen cáscaras y semillas de mango, los valores de degradabilidad serán necesariamente intermedios debido a la baja degradabilidad de la fracción fibrosa de las semillas, ricas en FDA en comparación con la cáscara (Pereira *et al.* 2008).

Es probable que en el estudio de Aguilera *et al.* (1997), los ensilados evaluados hayan sido muy ricos en fibra, haciendo por consiguiente que la degradabilidad ruminal, tanto *in vitro* como *in situ* fuese tan baja. Tal vez la calidad del rastrojo de maíz a mezclar con los residuos de mangos pudiera ser otro factor que pudiera reflejar cambios en el aprovechamiento digestivo de los nutrientes en las mezclas resultantes. En este estudio, los ensilados con más residuos de mango y menor proporción de rastrojo de maíz parecieron mostrar cifras más altas de degradación ruminal *in situ*, al menos hasta las 48 horas de medición. Por su parte, Valles *et al.* (2016) realizaron una evaluación a diferentes pastos tropicales a diferentes edades de corte, que confirman que la edad de corte tiene una relación con la degradación, pues a mayor edad menor degradación por la cantidad de lignina en el forraje. Esto se manifestó en el presente estudio pues los contenidos de rastrojo mostraron valores más bajos de degradabilidad en los tiempos aquí evaluados.

En esta investigación los tratamientos que contenían urea y un menor contenido de rastrojos de maíz parecieron determinar valores más altos para la degradabilidad ruminal *in situ* de la MS. A este respecto, Sruamsiri y Silman (2009) indican que cuando suministraron ensilados de mangos a vacas, la digestibilidad rectal de MS subió de 53.8 a 58.6 % al incluir entre 0 y 15 % de hojas de leucaena en la ración. Por su parte, Sánchez y García (2017) evaluaron la concentración de N en un ensilaje que se utilizó en bovinos leche y observaron que la concentración de N en la ración influye en la digestibilidad, el consumo y la producción de leche.

Los datos relativos a la cinética de degradación ruminal *in situ* sugieren que los ensilados con mayor proporción de productos de mango, ya fuera fruta o residuo industrial, mostraron una degradación más rápida de la MS (c) y mostraron valores dentro del rango sugerido por Sampaio (1988), para la tasa de degradación de alimentos vegetales de buena calidad (de 2 a 6 % por hora). De igual forma ocurrió con la desaparición instantánea (a), en consonancia con lo sugerido por Orskov y McDonald (1979). Esta desaparición instantánea, 41.9-56.8 %, fue considerablemente más baja que la informada con otros recursos forrajeros, como el *Cenchrus purpureus*, el cual presentó los valores más altos de degradabilidad a una edad de corte entre los 80 y 100 días (Ledea-Rodríguez *et al.* 2018).

Cuando se adicionaron niveles variables de residuos de mango a ensilados de pasto elefante, Rego *et al.* (2008) notaron que la desaparición potencial (a + b) y efectiva

Conclusions

It is concluded that treatments with a higher content of whole fruit or industrial mango waste presented the highest ruminal degradation, probably influenced by its high content of rapidly fermentable material. It is suggested to perform tests to evaluate performance traits in ruminants fed with silages of mango wastes, as well as performing studies of *in vivo* digestion or *in vitro* gas production.

Acknowledgements

Thanks to the company Mexifrutas, from Tepic city, Nayarit, Mexico, for the facilities provided for the collection of industrial mango wastes used in the present research. Likewise, the technical assistance of the staff of the Laboratorio de Nutrición Animal y Forrajes, of the Unidad Académica de Agricultura, in Xalisco, is gratefully acknowledged.

in situ en el rumen de borregos aumentó con la inclusión de los residuos de mango ensilado, lo que está de acuerdo con los resultados del presente experimento. En el caso del subproducto industrial del mango sin ensilar, Gonçalves *et al.* (2004) observaron una degradación efectiva de la MS que ascendió a 61.1 % con una tasa de paso de 5 %/hora, en sus estudios de digestión *in situ*. Este alto valor también corrobora el alto aprovechamiento digestivo *in situ* que se encontró en la investigación que aquí se informa.

Conclusiones

Se concluye que los tratamientos con mayor contenido de fruta entera o residuo industrial de mango presentaron la mayor degradación ruminal, probablemente debido a la influencia de su alto contenido de material rápidamente fermentable. Se sugiere efectuar pruebas para evaluar rasgos de comportamiento en rumiantes alimentados con ensilados de residuos de mango, así como realizar estudios de digestión *in vivo* o producción de gas *in vitro*.

Agradecimientos

Se agradece a la empresa Mexifrutas, de la ciudad de Tepic, Nayarit, México, por las facilidades brindadas para el acopio de los residuos industriales de mango utilizados en la presente investigación. Igualmente se agradece la asistencia técnica del personal del Laboratorio de Nutrición Animal y Forrajes, de la Unidad Académica de Agricultura, en Xalisco.

References

- Agricultural Research Council (ARC). 1984. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Agricultural Research Council. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal. pp 345.
- Aguilera, A., Pérez-Gil, F., Grande, D, de la Cruz, I. & Juárez, J. 1997. Digestibility and fermentative characteristics of mango, lemon and corn stover silages with or without addition of molasses and urea. *Small Rum. Res.* 26(1-2):87-91.
- Ascanio, G. N. D., Elías, A., Santini, F., Rodríguez, R. & Herrero, F. 2017. *In situ* disappearance speed of a hard molasses block on low quality forage. *Cuban Journal of Agricultural Science.* 51(4): 443-446
- Boschini-Figueroa, C. & Chacón-Hernández, P. 2017. Ruminal degradability of alfalfa in the Costa Rica's Central Valley, Eastern zone. *Agron Mesoam.* 28(3):657-666. 2017 ISSN 2215-3608. doi:10.15517/ma.v28i3.26216
- Conde, A., Sandoval, A. P., Cueto, M. C., Rojas, N. M. & Arévalo, L. M. 2010. Nutritive value and silage conservation of mango industrial by products as animal feeds in ruminants. *J. Anim. Sci.* 88 (supplement 2):695. <http://www.jmttg.org/JOM/2010/toc.asp>
- Ferrer, R. E. N. 1987. Avaliação das características de polpa de manga (*Mangifera indica* L.) para elaboração e armazenamento do néctar. Master Thesis. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 66 p.
- Filho, C. C. C. C., Filho, J. C. S., Junior, A. P. N., Souza, R. M. S., Nunes, J. A. R., & Coelho, J. V. 2010. Frações fibrosas da silagem de residuo de manga com aditivos. *Cienc. Agrot. (Lavras).* 34(3):751-757.
- García, E. 1983. Modificaciones al sistema de clasificación de Koppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 98 pp.
- Gonçalves, J. S., Feitosa, J. V., & Neiva, J. N. M. 2004. Degradabilidade ruminal dos susprodutos agroindustriais do caju (*Anacardium occidentale* L.), graviola (*Anona muricata* L.), manga (*Mangifera indica* L.) e urucum (*Bixa orellana* L.) em ovinos. In: Reunión Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Campo Grande. Anais. Campo. Grande, 2004. 1 CD-ROM. pp 41.
- González, G. H., Lozano, G. G. A., Hernández, Z. H. G., Orozco, E. A. & Holguín, L. C. 2015. Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta. Primera edición. Colección Reportes Técnicos de Investigación. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. ISBN: 978-607-7953-80-7 Serie ICB, Vol. 16. ISBN: 978-607-520-148-1
- Gutiérrez, G. D., Elías, A., Lima, O. R., Tuero, O., Monteagudo, F. & Medina, L. B. 2018. Degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca del bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*). *Cuban Journal of Agricultural Science,* 52(1): 19-23.
- Ledeá, J. L., La O, O. & Ray, J. V. 2016. Caracterización de la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus*, tolerantes a la sequía. *Cuban Journal of Agricultural Science,* 50(3): 421-433.
- Ledeá-Rodríguez, J. La O, O. J., Ray, V. & Vázquez, C. 2018. Degradabilidad ruminal *In situ* de variedades de *C. purpureus*

- tolerantes a la sequía. Cuban Journal of Agricultural Science, 52(1): 25-33.
- McDonald, I. M. 1981. A revised method for the estimation of protein degradability in rumen. J. of Agric. Sci. (Cambridge). 96(1):251-252. <http://doi.org/10.1017/S0021859600032081>
- Mehrez, A. Z. & Orskov, E. R. 1977. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci. (Cambridge). 88:645-650.
- Nutrient Requirements of Ruminants (NRC). 2001. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Ruminants. 7th edición. Nat. Acad. Press. Washington, D.C. 384 p
- Official Association of Chemical Analysis (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Ofic. Anal. Chem. Arlington, Va. pp 1,117.
- Orskov, E. R. & McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. (Cambridge). 92(2):499-503. <http://doi.org/10.1017/S0021859600063048>
- Pagan, S. 2006. Caracterización del proceso fermentativo de ensilajes de residuos orgánicos de plantas procesadoras de piñas (*Ananas comosus*) y china (*Citrus sinensis*) y su evaluación en dietas para ovinos. Master Thesis. Univesidad de Puerto Rico. Mayaguez. pp 65.
- Pereira, L. G. R., Barreiros, D. C., Oliveira, L. S., Ferreira, A. L., Mauricio, R. M., Azevedo, J. A. G., Figueiredo, M. P., Sousa, L. F. & Cruz, P. G. 2008. Composição química e cinética de fermentação ruminal de subprodutos de frutas no sul da Bahia, Brasil. Liv. Res. Rur. Dev. 20(1)Artículo 1. <http://lrrd.org/lrrd20/1/ribe20001.htm>
- Pérez, M. H., Vázquez, V. & Osuna, J. A. 2009. Floral bud development of “Tommy Atkins” mango under tropical condition in Nayarit, México. In: Proceedings of the VIII International Mango Symposium (S.A. Oosthuysen, editor). Sun City, South África. Acta Hort. 820. 197-204. DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.820.21. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.820.21>
- Porras, F. J. Z. 1989. Conservação do subproduto da manga (*Mangifera indica*) e seu aproveitamento na ensilagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*). Master Thesis. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. pp 49.
- Rego, A. C., Cândido, M. J. D., Pereira, E. S., Cavalcante, M. A. B., Feitosa, J. V., Gomes, F. H. T., Neiva, J. N. M. & Rego, M. M. T. 2008. Degradabilidade ruminal *in situ* de silagens de capim elefante com adição de subproduto da manga. Rev. Cient. Prod. Anim. 10(1):28-36. <http://www.periodicos.upe.br/index.php/rcpa/article/view/42723/21270>
- Rego, M. M. T. 2010. Características fermentativas e valor nutritivo de silagens de capim-elefante contendo subprodutos do urucú, caju e manga. PhD Thesis. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. pp 130.
- Rego, M. M. T., Neiva, J. N. M., Rego, A. C., Cândido, M. J. D., Alves, A. A. & Lobo, R. N. B. 2010. Intake, nutrient digestibility and nitrogen balance of elephant grass silages with mango by-product addition. Rev. Bra. Zoot. 39(1):74-80. <http://www.doi.org/10.1590/s1516-35982010000100010>
- Sampaio, I. B. M. 1988. Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants. PhD Thesis. Universidad de Reading. Reading. pp 214.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA). 2006. Superficie de mango, volumen de producción y rendimiento promedio por municipio y variedad. Programa de Fomento Agrícola y de Sanidad Vegetal. Delegación Estatal en Nayarit. Mexico. pp 10.
- Sánchez-Duarte, J. I. & García, A. 2017. Ammonia-N concentration in alfalfa silage and its effects on dairy cow performance: A meta-analysis. Rev Colomb Cienc Pecu. 30:175-184 doi: 10.17533/udea.rccp.v30n3a01
- Sruamsiri, S. & Silman, P. 2009. Nutritive value and nutrient digestibility of ensiled mango bay-products. Maejo International J. Sci. Tech. 3(3):371-378. <http://www.mijst.mju.ac.th/vol3/371-378.pdf>
- Statistical Analysis System (SAS). 2003. User's Guide. Statistical Analysis System (SAS) Institute In Company. Cary (North Carolina).
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H. & Dickey, M. 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. MacGraw-Hill Book Company In Company (third edition). New York. pp 666.
- Valles, de la M. B., Castillo, G. E. & Bernal, B. H. 2016. Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales cosechados a cuatro edades. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 7(2): 141–158, ISSN: 2448-6698
- Villa, F. A., Meléndez, P. A., Carulla, J. E., Pabón, L. M. & Cárdenas, A. E. 2010. Estudio microbiológico y calidad nutricional del ensilaje de maíz en dos ecorregiones de Colombia. Rev Colomb Cienc Pecu. 23(1):65-77. <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/view/324531/20781731>

Received: February 9, 2019