

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



“ESTUDIO DE CONSERVACIÓN DE DESECHOS DE MANGO VARIEDAD TOMMY ATKINS (*Mangifera indica* L.) PARA ALIMENTACIÓN DE OVINOS”

TESIS:
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:
OTONIEL GUZMÁN GARCÍA

TUTOR: Dr. CLEMENTE LEMUS FLORES
COTUTOR: Dr. JULIO LY CARMENATTI

ASESORES:
Dr. SERGIO MARTÍNEZ GONZÁLEZ
Dr. ALEJANDRO PLASCENCIA JORQUERA
M.C. JOB OSWALDO BUGARÍN PRADO

Octubre, 2010. Xalisco, Nayarit.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIÓLOGO AGROPECUARIAS

Xalisco, Nayarit, 28 de Septiembre del 2010

DR. J. DIEGO GARCIA PAREDES
COORDINADOR DEL POSGRADO (CBAP)
P R E S E N T E

Asunto: Liberación de la Tesis del
C. Otoniel Guzmán García

Los que suscribimos, integrantes del Consejo Tutorial del C. Otoniel Guzmán García, declaramos que hemos revisado en forma y contenido la Tesis "Estudio de conservación de desechos de mango variedad Tommy Atkins (*Mangifera indica* L.) para la alimentación de ovinos", y en nuestra opinión cumple el requisito parcial para obtener el grado de Maestría en el área de Ciencias Zootécnicas y Veterinarias.

CONSEJO TUTORIAL

DIRECTOR

Dr. Clemente Lemus Flores

CO-DIRECTOR

Dr. Julio Ly Carmenatti

ASESORES

Dr. Sergio Martínez González

Dr. Alejandro Plascancia Jorquera

Job O'waldo Bugarín Prado
M en C. Job O'waldo Bugarín Prado

C.c.p.- Minutario.
C.c.p.- Expediente.

Unidad Académica de Agricultura Carretera Tepic-Compostela Km. 9 C.P. 63780, Xalisco Nayarit
Tel. 311-2-11-24-78.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS Y PESQUERA
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/249/10

Xalisco, Nayarit., 16 de noviembre de 2010

Ing. Alfredo González Jáuregui
Director de Administración Escolar

P r e s e n t e.

Con base al oficio de fecha 28 de septiembre de 2010, enviado por los CC. Dr. Clemente Lemus Flores, Dr. Julio Ly Carmenatti, Dr. Sergio Martinez González, Dr. Alejandro Plascencia Jorquera y M. en C. Job Oswaldo Bugarín Prado, donde se nos indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, se autoriza al C. Otoniel Guzmán García, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e

"Por lo Nuestro a lo Universal"



Dr. J. Diego García
Coordinador del Posgrado

POSGRADO EN
CIENCIAS BIOLÓGICO
AGROPECUARIAS

C.c.p.-Minutario.

C.c.p.-Expediente.

JDGP/ref.

DEDICATORIAS

A Dios por permitirme la vida y ayudarme a llegar a una meta más de mi camino.

A mis padres por su cariño, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de mi vida ya que sin ellos, no hubiera tenido la oportunidad de llegar hasta aquí.

María de los Ángeles García

Isidro Guzmán Echeverría

A mis hermanos por su comprensión y apoyo en todo momento.

Norma Angélica

Rosa Karmina

Marcos Isidro

Arely

A mi futura esposa que a lo largo de estos dos años de mi formación profesional me apoyó de manera incondicional, brindándome su amor y apoyo.

Nadia

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a:

A los Drs. Clemente Lemus Flores y Julio Ly Carmenatti, por depositar la confianza en mi para la realización de este trabajo y por su apoyo incondicional en todo momento. Por su amistad, confianza y cariño. Gracias por forjarme profesionalmente.

A la Universidad Autónoma de Nayarit y al Posgrado en Ciencias Biológicas Agropecuarias por la oportunidad.

Al personal del laboratorio de Nutrición Animal de la Unidad Académica de Agricultura de la UAN.

A la empresa Mexi Frutas de Tepic, Nayarit México. Por las facilidades brindadas para el acopio de la materia prima experimental. Especialmente al Dr. Gerardo Torres.

A mis amigos, Job Bugarín, Jorge Bonilla, Vania Soledad, Fernando Grageola, Víctor Márquez y Eduardo Sánchez por su apoyo absoluto en la realización de este trabajo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- Planteamiento del problema.....	4
1.2.- Justificación.....	4
1.3.- Hipótesis.....	5
1.4.- Objetivo general.....	5
1.4.1.- Objetivos específicos.....	5
II.- REVISION DE LITERATURA.....	6
2.1.- Mango.....	6
2.1.1.- Descripción botánica del mango.....	6
2.1.2.- Clasificación taxonómica.....	8
2.1.3.- Composición química.....	8
2.2.- Producción de mango.....	9
2.2.1.- Producción mundial.....	9
2.2.2.- Producción nacional.....	10
2.2.2.1.- Principales variedades cultivadas en México.....	11
2.2.3.- Producción estatal.....	11
2.3.- Residuos orgánicos.....	13
2.3.1.- Consideraciones en el uso de residuos orgánicos en la alimentación de rumiantes.....	15
2.3.2.- Principales frutos generadores de esquilmos con potencial para la alimentación de rumiantes.....	15
2.4.- El proceso de ensilaje.....	17
2.5.- Determinación del valor nutritivo de los alimentos.....	19
2.5.1.- Tipos de digestibilidad de acuerdo con la forma de medición..	20
2.5.1.1.- Digestibilidad aparente.....	20
2.5.1.2.- Digestibilidad verdadera o real.....	20
2.5.2.- Tipos de digestibilidad de acuerdo con el sitio del tracto gastrointestinal en que se determine.....	21

2.5.2.1.-	Método directo.....	21
2.5.2.2.-	Método indirecto.....	21
2.5.3.-	Tipos de digestibilidad según se utilicen o no los animales para su determinación.....	22
2.5.3.1.-	Digestibilidad <i>in vivo</i> e <i>in situ</i>	23
III.-	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1.-	Lugar de experimentación.....	28
3.2.-	Investigación 1. Determinación de la composición física y química de la variedad de mango Tommy Atkins cultivada en Nayarit.....	28
3.2.1.-	Origen de las muestras.....	28
3.2.2.-	Preparación de la muestra.....	29
3.2.3.-	Análisis químicos.....	29
3.2.4.-	Diseño experimental y análisis estadístico.....	29
3.3.-	Investigación 2. Efecto de distintos factores en la cinética de conservación de residuos de ensilados de mango.....	30
3.3.1.-	Origen de las muestras.....	30
3.3.2.-	Manejo de las muestras.....	31
3.3.3.-	Tratamientos.....	31
3.3.4.-	Proceso de ensilado.....	32
3.3.5.-	Manejo de los microsilos.....	32
3.3.6.-	Apertura de los microsilos.....	32
3.3.7.-	Análisis químicos.....	33
3.3.8.-	Diseño experimental y análisis estadístico.....	33
3.4.-	Investigación 3. Digestibilidad <i>in situ</i> de seis ensilados de residuos de mango variedad Tommy Atkins.....	34
3.4.1.-	Obtención de la muestra.....	35
3.4.2.-	Manejo de la muestra.....	35
3.4.3.-	Procesamiento de la muestra.....	35
3.4.4.-	Unidades experimentales.....	36
3.4.5.-	Alojamiento de los animales.....	36
3.4.6.-	Composición de la dieta y alimentación de los animales.....	37

3.4.7.-	Análisis químicos	37
3.4.8.-	Ajuste de los datos.....	38
3.4.9.-	Diseño experimental y análisis estadístico de los datos.....	38
IV.-	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1.-	Determinación de la composición física y química de la variedad de mango Tommy Atkins cultivada en el Estado de Nayarit.....	40
4.2.-	Efecto de distintos aditivos en la cinética de conservación de residuos de ensilados de mango de la variedad Tommy Atkins.....	45
4.2.1.-	Índices fermentativos.....	45
4.2.2.-	Efecto interacciones.....	47
4.2.3.-	Interacciones entre efectos principales.....	56
4.2.4.-	Efecto de temporada.....	56
4.2.5.-	Efecto de tiempo de conservación.....	58
4.2.6.-	Efecto de aditivos.....	59
4.2.7.-	Índices químicos.....	59
4.2.8.-	Efecto interacciones.....	62
4.2.9.-	Interacciones entre efectos principales.....	71
4.2.10.-	Efecto de temporada.....	71
4.2.11.-	Efecto de tiempo de conservación.....	72
4.2.12.-	Efecto de aditivos.....	73
4.3.-	Digestibilidad <i>in situ</i> de seis ensilados de residuos de mango de la variedad Tommy Atkins	74
V.-	CONCLUSIONES.....	79
VI.-	LITERATURA CITADA.....	80

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Composición nutrimental (por 100g de pulpa de mango variedad Tommy Atkins).....	6
Cuadro 2	Producción nacional de mango de la modalidad temporal y riego.....	10
Cuadro 3	Producción estatal de mango por municipio de la modalidad temporal y riego.....	12
Cuadro 4	Producción de mango por variedad en Nayarit	12
Cuadro 5	Composición de los ensilados (por ciento en base fresca)....	32
Cuadro 6	Composición porcentual de la dieta (base húmeda).....	37
Cuadro 7	Efecto de época en la composición física del mango Tommy Atkins	40
Cuadro 8	Interdependencia entre distintos componentes del mango Tommy Atkins.....	41
Cuadro 9	Componentes del mango de la variedad Tommy Atkins.....	42
Cuadro 10	Composición química del mango Tommy Atkins. Efecto de la época (por ciento en base seca).....	43
Cuadro 11	Composición química del mango Tommy Atkins. Efecto del componente de la fruta (por ciento en base seca).....	44
Cuadro 12	Índices fermentativos en ensilados de mango Tommy Atkins. Efecto de época.....	45
Cuadro 13	Índices fermentativos en ensilados de residuo de mango Tommy Atkins. Efecto del tiempo de conservación.....	46
Cuadro 14	Índices fermentativos en ensilados de residuos de mango Tommy Atkins. Efecto del tipo de aditivo.....	47
Cuadro 15	Interacciones en índices fermentativos de productos de mangos ensilados.....	47
Cuadro 16	Características químicas en ensilados de residuos de mango Tommy Atkins. Efecto de época (por ciento en base seca).....	60
Cuadro 17	Características químicas en ensilados de residuos de mango Tommy Atkins. Efecto del tiempo de conservación	

	(por ciento en base seca).....	61
Cuadro 18	Características químicas en ensilados de residuos de mangos variedad Tommy Atkins. Efecto del tipo de aditivo (por ciento en base seca).....	62
Cuadro 19	Interacciones en índices químicos de productos de mangos ensilados.....	63
Cuadro 20	Influencia del tiempo de incubación en la degradación ruminal <i>in situ</i> de la MS en ensilados de residuos de mangos Tommy Atkins (en por ciento).....	75
Cuadro 21	Cinética de degradación ruminal <i>in situ</i> de MS en ensilados de residuos de mangos Tommy Atkins.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Interacciones época x aditivo en índices fermentativos de ensilados de residuo de mango.....	49
Figura 2 Interacciones época x días en índices fermentativos de ensilados de residuo de mango.....	51
Figura 3 Interacciones aditivos x días en índices fermentativos de ensilados de residuo de mango.....	53
Figura 4 Interacción aditivo x días, agrupamiento de componentes principales de índices fermentativos de ensilados de residuos de mango al inicio de época (Junio).....	55
Figura 5 Interacción aditivo x días, agrupamiento de componentes principales de índices fermentativos de ensilados de residuo de mango al final de época (Agosto).....	55
Figura 6 Interacciones época x aditivo en índices químicos de ensilados de residuo de mango.....	64
Figura 7 Interacciones época x aditivo en índices químicos de ensilados de residuo de mango.....	66
Figura 8 Interacciones época x días en índices químicos de ensilados de residuo de mango.....	68
Figura 9 Interacción aditivo x días en índices químicos en ensilados de residuos de mango.....	70

RESUMEN

Se hicieron tres investigaciones para determinar el valor nutritivo de residuos ensilados de mangos para alimentar ganado ovino. En la investigación 1, se estudió la composición y características físicas y químicas de mangos (*Mangifera indica L.*) mexicanos de Nayarit, variedad Tommy Atkins, maduros y sin salida para el consumo humano. Se evaluó la influencia del inicio y final de cosecha (junio y agosto) en la proporción de cáscara, semilla y pulpa de muestras representativas. Después, se usó un factorial 2 x 3 para estudiar efecto de época (junio y agosto) y componentes en índices químicos de los mangos. No existió efecto ($P > 0.05$) por la época en el peso fresco de las frutas (435 g) ni en el por ciento de pulpa (75.9%), pero la proporción de cáscara aumentó y de semilla decreció ($P < 0.05$) en agosto con respecto a junio. No hubo efecto significativo ($P < 0.05$) en la interacción época x componente. La época no influyó en el contenido de MS de la fruta (26.4%) pero el de FDN y N aumentó ($P < 0.05$) en agosto con respecto a junio. El contenido de FDN fue distinto ($P < 0.05$) en cáscara, semilla y pulpa (40.1, 56.5 y 66.6%). En la investigación 2, se usó un factorial 2 x 6 x 6 y los factores a evaluar fueron la época, los tiempos de ensilado, 0, 7, 14, 21, 42 y 84 días, y seis tipos de ensilado. Tres de los microsilos fueron hechos con fruta madura desechada y otros tres con residuo industrial de mangos. Todos los ensilados contenían rastrojo de maíz (10 y 20%) con o sin melaza y urea. Los ensilados parecieron estabilizarse entre 14 y 21 días y los de agosto mostraron un contenido significativamente ($P < 0.05$) menor de MS y proteína bruta (29.2 y 9.2%) que los de junio (33.1 y 11.8%). En la FDN ocurrió lo contrario (69.1 y 64.4%). Los ensilados sin urea tenían valores sumamente bajos de proteína bruta (5.4 y 4.8%). El contenido de MS, FDN y proteína bruta reveló influencia significativa ($P < 0.05$) en las interacciones examinadas. Así mismo, se evaluaron factores que pueden intervenir en cambios de las características fermentativas de los ensilados del experimento 2. Se usó un factorial 2 x 6 x 6 para estudiar la influencia de la época de cosecha, los tiempos de conservación, y los seis tipos de ensilado. Se encontró influencia significativa ($P < 0.05$) para las interacciones estudiadas, tanto en el pH como en la acidez total y el contenido de AGCC. En la concentración de amoníaco solamente se

encontró efecto significativo ($P < 0.05$) en la interacción época x aditivo. Los ensilados parecieron estabilizarse en los valores de pH y acidez total entre 14 y 21 días. Los ensilados de agosto mostraron mejores indicadores fermentativos que los de junio, y los preparados con urea, una mayor concentración de amoníaco. En la investigación 3, se usó un diseño de clasificación simple para determinar la degradación ruminal *in situ* de MS en seis alternativas de ensilado de 42 días de residuos de mango. Los tiempos de degradación ruminal de la MS fueron 0, 4, 8, 16, 34, 48, 72 y 96 horas. Se halló efecto 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 una degradación distinta cuando se incubaron por 72 y 96 horas, y mostraron un valor promedio de 73.1 y 75.1%, respectivamente. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tipos de ensilados para las fracciones inmediatamente degradable (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 significativamente ($P < 0.05$) mayor en los ensilados con el contenido más alto de residuos ensilados de mangos con respecto a los otros cuatro tipos de materiales. Se sugiere que los residuos industriales de mango pueden ser un buen recurso alimentario para los rumiantes. No hay evidencias sobresalientes de que el inicio y final de cosecha influyan en características físicas y químicas de las frutas. Se recomienda utilizar tanto los ensilados con mangos maduros de desecho como los de residuos industriales de mangos, más rastrojo de maíz entre 10 y 20%, y urea agrícola y melaza de caña añadidas. Estos ensilados deben ser utilizados después de 21 días de conservación y confeccionarse preferentemente al final de la temporada de cosecha. Los ensilados de residuos de mango deben ser evaluados en pruebas de comportamiento.

Palabras clave: Mango, Residuos de mango, Ovinos, Ensilado.

I.- INTRODUCCIÓN

Desde la década de los años cincuenta del siglo pasado, la población aumenta de manera más acelerada que la generación de alimentos. El incremento demográfico y el aumento de los ingresos en todo el mundo, aunados a la transformación de las preferencias alimentarias, están estimulando un acelerado incremento de la demanda de carne, leche y huevos, a la vez que la globalización impulsa el comercio de insumos y productos (FAO, 2006). Por tal motivo, se estima que la demanda de productos de origen animal, registrarán un incremento mayor al de los otros productos alimenticios. Según la COAG (2007), se prevé que la producción de carne se elevará de 229 millones de toneladas en 2001 a 465 millones de toneladas en el 2050.

El sector primario, desempeña una función primordial puesto que es el medio de sustento de la población mundial. El pastoreo ocupa el 26% de la superficie terrestre, y la producción de forrajes requiere cerca de una tercera parte del total de la superficie agrícola. Cabe señalar que cerca de un 70% de las tierras de pastoreo se encuentran degradadas, principalmente a causa del exceso de pastoreo, la compactación de la tierra y la erosión causada por el ganado (FAO, 2006).

El hombre, en un esfuerzo constante por mejorar la productividad del sector agropecuario, ha abusado en el uso de insecticidas, herbicidas, fertilizantes y manejo inadecuado del suelo entre otros, provocando con esto un deterioro y grave desbalance de los recursos: agua, suelo, planta, animal y energía.

El reto para quienes actúan en el área tecnológica es contribuir a la generación de alimentos con características de inocuidad, que preserven los recursos y no lleguen al deterioro de la economía y el entorno local, para ello es necesario contar con alternativas que se adapten a cada una de las regiones ecológicas del país (COAG, 2007).

Por tal motivo en el caso particular del Estado de Nayarit, el sector frutícola en los últimos años ha experimentado un crecimiento, especialmente en el cultivo de mango. Esto ha permitido el establecimiento de empresas industrializadoras de frutas, las cuales generan grandes volúmenes de desechos anualmente.

Solo basta citar que en el año 2008 en el estado de Nayarit, se produjo 243,183.98 toneladas de mango, de las cuales 54,346.90 toneladas corresponde a la variedad Tommy Atkins (SIAP, 2008), esta última es la más representativa tanto a nivel estatal como industrial en el estado. Sin embargo, es importante destacar que en el procesamiento agroindustrial de esta fruta se descarta de 28 a 43% del total de la fruta, en forma de residuo: cascara y semilla (Filho *et al.*, 2006).

Bajo esta situación se hace necesaria la búsqueda de alternativas para la alimentación animal que considera el uso local de los recursos disponibles y que constituya un elemento importante en la generación de formas de producción adecuadas para el medio tropical. El empleo de subproductos agroindustriales contribuye a darle un noble fin a materiales potencialmente contaminantes. Su utilización en alimentación animal, requiere de un proceso tecnológico, en virtud de ser alimentos con alto contenido de humedad, y fácil descomposición (Nieves *et al.*, 2001).

La técnica del ensilaje ha demostrado ser una alternativa adecuada para preservar desechos agroindustriales como pulpa de cítricos (Llano *et al.*, 2008), piña (Herrera *et al.*, 2009) y pomasa de manzana (Anrique y Viveros, 2002), los cuales han sido utilizados para la alimentación de rumiantes. Estos residuos industriales presentan diferentes inconvenientes como el de no eliminar sus características afluentes y su bajo contenido de materia seca. Como alternativa se podrían mezclar con otros materiales fibrosos absorbentes (Ojeda *et al.*, 2003), como el bagacillo de caña de azúcar y rastrojo de maíz, pero controlando los niveles de inclusión, de manera que no se comprometa el valor nutritivo del ensilado resultante. Debido a que estos desechos presentan bajos niveles de proteína cruda, se establece la necesidad de

suplementar ese carente, mediante la incorporación de fuentes nitrogenadas entre las cuales la urea agrícola representa una alternativa, debido a su facilidad de adquisición y aporte de nitrógeno (Gutiérrez *et al.*, 2003).

Por lo anterior surge la necesidad de contribuir en la difusión de esta alternativa, donde el productor pueda aprovechar los recursos localmente disponibles para la alimentación de la especie ovina y así abaratar costos de producción y por ende participar en la conservación del medio ambiente.

1.1.- Planteamiento del problema

El Mango (*Mangifera Indica L.*) constituye uno de los cultivos de mayor importancia que se han venido desarrollando, con una gran demanda en el mercado tanto nacional como internacional; esto principalmente del consumo en fresco, así como también para la utilización de procesos industriales para la producción de jugos, néctares y mermeladas.

El estado de Nayarit ocupa uno de los primeros lugares a nivel nacional en la producción de este fruto; esto ha permitido el establecimiento de empresas industrializadoras encargadas de acaparar un gran volumen de producción de dicha fruta, lo cual ha generando una gran cantidad de desechos, los cuales se componen principalmente por cascara y semilla. Aunado a esto, durante la temporada de cosecha de esta fruta se descartan grandes volúmenes debido a que no cumplen con los estándares de calidad establecidos por las plantas industrializadoras y el consumidor. Finalmente este desecho ha generado un problema de contaminación ya que en la actualidad no se hace un adecuado manejo que permita su aprovechamiento y así mismo contribuir en el cuidado del medio ambiente.

1.2.- Justificación

La ausencia de tecnología para el tratamiento de desechos que se generan en empresas industrializadoras de frutas provoca grandes volúmenes de desecho sin que este reciba un manejo adecuado que permita su aprovechamiento y que impida su contribución en la contaminación ambiental. Por lo anterior surge la necesidad de buscar nuevas alternativas que permitan el uso racional y adecuado de estos para convertirlos principalmente en fuentes de alimentación para el ganado ovino. Si esta medida fuese adoptada por los pequeños, medianos y grandes productores de ovinos, se tendría como beneficio la disminución de costos de producción. Pues se estima que el costo de la alimentación en una empresa para la producción ovina es

de cerca del 80% de los gastos totales generados durante todo el proceso productivo.

1.3.- Hipótesis

Los residuos de la industrialización del Mango variedad Tommy Atkins, podrán aprovecharse mediante la técnica de ensilaje, lo cual mejorará su composición química, lográndose una buena degradabilidad a nivel ruminal.

1.4.- Objetivo General

Evaluar la composición físico - química y degradación ruminal de los residuos de la industrialización de Mango, así como su conservación mediante diferentes tratamientos de ensilaje.

1.4.1.- Objetivos Especificos

Determinar la composición física y química del mango de la variedad Tommy Atkins.

Valorar las características fermentativas y químicas de los diferentes tratamientos de residuos de Mango, con la adición de urea, melaza de caña de azúcar y rastrojo de maíz al 10 y 20%.

Estimar la cinética de degradación *in situ* en ovinos en los diferentes tratamientos de ensilados de Mango.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Mango

El *Mangifera indica*, L. (Mango) tuvo su origen en la India donde ha sido cultivado por más de 2000 años a. C., en 1779 fue introducido a México; siendo este el principal productor y exportador, sobre todo hacia los Estados Unidos, el consumo fresco es el más importante, es un fruto con gran aceptación a nivel mundial, debido a su color atractivo, su delicioso sabor y sus excelentes propiedades nutricionales (Cuadro 1), particularmente como fuente de vitamina C y A (Briceño *et al.*, 2005).

Cuadro 1.- Composición nutrimental (por 100g de pulpa de mango variedad Tommy Atkins).

Calorías	63.7 Kcal
Proteínas	0.40 g
Humedad	82.8 g
Hidratos de carbono	17.18 g
Fibra	1.06 g
Calcio	12.8 mg
Fósforo	17.9 mg
Hierro	0.63 mg
Vitamina A	1.87 mg
Ácido ascórbico	172 mg

Fuente: Briceño *et al.* (2005).

2.1.1.- Descripción botánica del mango

El mango típico constituye un árbol de tamaño mediano, de 10-30 m de altura y está constituido por las siguientes partes:

a) Tronco más o menos recto, cilíndrico y de 75-100 cm de diámetro, cuya corteza de color gris café tiene grietas longitudinales o surcos reticulados poco profundos que a veces contienen gotas de resina.

b) Copa: es densa y ampliamente oval o globular. Las ramas son gruesas y robustas, frecuentemente con grupos alternos de entrenudos largos y cortos que corresponden al principio y a las partes posteriores de cada renuevo o crecimientos sucesivos; son redondeadas, lisas de color verde amarillento y opaco cuando jóvenes; las cicatrices de la hoja son apenas prominentes.

c) Las hojas: son alternas, espaciadas irregularmente a lo largo de las ramas, de peciolo largo o corto, oblongo lanceolado, coriáceo, liso en ambas superficies, de color verde oscuro brillante por arriba, verde amarillento por abajo, de 10-40 cm de largo, de 2-10 cm de ancho y enteros con márgenes delgados transparentes. Las hojas tienen nervaduras visiblemente reticuladas, con una nervadura media robusta, conspicua y de 12-30 pares de nervaduras laterales más o menos prominentes; ellas expiden un olor resinoso cuando se les tritura; el peciolo es redondeado, ligeramente engrosado en la base, liso y de 1.5-7.5 cm de largo. Las hojas jóvenes son de color violeta rojizo o bronceado, posteriormente se tornan de color verde oscuro.

d) Fruto: se trata de una fruta carnosa que puede contener uno o más embriones. Los mangos de tipo indio son monoembrionicos y de ellos derivan la mayoría de los cultivares comerciales. Aunque, los poliembrionicos se utilizan como patrones. Posee un mesocarpio comestible de diferente grosor según los cultivares y las condiciones de cultivo. Su peso varía desde 150 g hasta 2 kg, su forma también es variable, pero generalmente es ovoide-oblonga, notoriamente aplanada, redondeada u obtusa a ambos extremos, de 4-25 cm de largo y 1.5-10 cm de grosor. El color puede estar entre verde, amarillo y diferentes tonalidades de rosa, rojo y violeta. La cáscara es gruesa, frecuentemente con lenticelas blancas prominentes; la carne es de color amarillo o anaranjado, jugoso y sabroso.

e) Semilla es ovoide, oblonga, alargada y estando recubierta por un endocarpio grueso y leñoso con una capa fibrosa externa, que se puede extender dentro de la carne (Osuna *et al.*, 2002).

2.1.2.- Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del mango de acuerdo a Kosterman y Bompard (1993), es la siguiente:

Clase	<i>Dicotiledóneas</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Sapindales</i>
Suborden	<i>Anacardineae</i>
Familia	<i>Anacardiaceae</i>
Género	<i>Mangifera</i>
Especie	<i>Indica</i>
Clasificador	<i>L.</i>

El género *Mangifera* comprende 69 especies (Kosterman y Bompard, 1993). Estas especies se encuentran distribuidas en una amplia zona geográfica con distintas condiciones ambientales y exhiben una considerable diversidad genética, particularmente en caracteres del fruto.

2.1.3.- Composición química

La variedad Tommy Atkins obtenida en Florida, es de tamaño medio con pesos que oscilan entre 450 y 700 gramos, el color de la corteza varía de amarillo intenso a rojizo oscuro, el tamaño del árbol es mediano. La pulpa representa el 79%, la cáscara el 10% y la semilla el 11% del peso total de la fruta (Brito *et al.*, 2003).

Brito *et al.* (2003), mencionan que la composición química de 100 g. de pulpa de mango variedad Tommy Atkins en su estado de madurez comestible proporciona los siguientes datos: agua 85.27 g, cenizas 0.35 g, vitamina C 23.09 mg, acidez titulable 0.43 mg de ácido cítrico, pH 3.49, taninos 0.48 mg, sólidos solubles 14.0° Brix, azúcares totales 14.07 g, azúcares reductores 3.07 g.

2.2.- Producción de mango

2.2.1.- Producción mundial

El mango a escala mundial en la actualidad ocupa el cuarto lugar entre las frutas tropicales de exportación, después del banano, la piña y el aguacate. Con una producción anual superior a los 20 millones de toneladas. Esta fruta se cultiva en más de 80 países, de los cuales, 63 de ellos producen cada uno más de 1,000 toneladas por año; se considera que cada cinco años su demanda se duplica en los países importadores (CORPOCAMARAS, 1999).

Este fruto se ha difundido por todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo. En la mayoría de estos lugares se usan plantas de semillas, lo que ha dado lugar a variedades nuevas bien adaptadas a estas nuevas zonas. Se calcula que existen 2.7 millones de hectáreas cultivadas en el mundo, de las cuales la mitad prácticamente se encuentra en la India, sin embargo este país casi no exporta fruta. Según datos de la FAO, en 1999 la superficie cultivada de mangos a escala mundial se distribuye entre: India (46.8%), China (7.1%), México (5.8%), Indonesia (5.4%), Tailandia (4.9%) y el resto del mundo (18.2%).

La producción sigue un patrón similar, con India (20%), China (9%), México (6%), Tailandia (5%), Filipinas (4%), Pakistán con (4%), Nigeria, Indonesia y Brasil (3%), respectivamente y con el 13% del total de la producción mundial.

Duarte (2002), menciona que en América Latina, México es el mayor productor y el mayor exportador del mundo, y ocupa el cuarto lugar de producción de mango con una superficie sembrada de 174 mil hectáreas cosechadas (FAOSTAT, 2005), seguido de Brasil. Les siguen países como Haití, República Dominicana, Venezuela, Perú y Cuba. De estos, solo Venezuela, Haití y la República Dominicana, han incrementado su producción en los últimos años y últimamente han surgido nuevos exportadores como Ecuador, Guatemala y Costa Rica.

2.2.2.- Producción nacional

Siller *et al.* (2009), mencionan que en México el cultivo del mango tiene importancia agrícola. En el 2006 se produjeron 1.7 millones de toneladas en 172 mil hectáreas y los principales estados productores fueron Sinaloa, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Michoacán, que aportaron 90% de la producción nacional (SIAP, 2008), ver cuadro 2. En este año, la exportación de mango mexicano generó 117 millones de dólares, que representa 14.4% del total de la producción nacional (FAO, 2004), y el resto se destinó al consumo interno aparente con un consumo *per cápita* de 16 kg. (SICM, 2008).

Cuadro 2.- Producción nacional de mango de la modalidad temporal y riego.

Ubicación	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton)
Baja california sur	1,002	9,913	9.9
Campeche	2,602	34,384	13.2
Chiapas	23,235	177,000	7.6
Colima	3,764	66,835	17.7
Durango	410	1,341	3.3
Guerrero	24,307	363,041	14.9
Hidalgo	84	667	7.9
Jalisco	5,195	52,949	10.2
México	527	4,441	8.4
Michoacán	19,681	126,268	6.4
Morelos	411	6,101	14.8
Nayarit	20,970	239,717	11.4
Oaxaca	17,676	193,988	10.9
Puebla	47	376	8
Querétaro	68	460	6.7
San luis potosi	210	2,164	10.3
Sinaloa	27,521	273,670	9.9
Sonora	12	244	20.3
Tabasco	309	1,581	5.1
Tamaulipas	1,084	10,110	9.3
Veracruz	22,763	146,812	6.4
Yucatán	376	4,354	11.6
Zacatecas	26	114	4.4
Total	172,284	1,716,536	9.96

Fuente: SIAP (2008).

A nivel nacional México en el 2008 tuvo una superficie destinada para este cultivo de 182,971 hectáreas, con una producción de 1, 716,536 toneladas, cuyo valor de la producción fue de 3, 782,015 pesos mexicanos. En el cuadro 2 se presenta la producción nacional de mango, por estado en condiciones de temporal y riego.

El estado de Guerrero en el año 2008 se posicionó en el primer lugar de la producción nacional, con 21.14% de total de la producción, siguiéndole los estados de Sinaloa, Nayarit, Oaxaca y Chiapas.

2.2.2.1.- Principales variedades cultivadas en México

Siller *et al.* (2009), señalan que las principales variedades de mango que se producen en el país con fines de exportación son: Kent, Keitt, Tommy Atkins y Haden, y en los últimos años también Ataulfo, todos ellos por sus características sobresalientes de sabor, aroma y tamaño.

2.2.3.- Producción estatal

Según el SIAP (2008), a nivel estatal los municipios más importantes en el aspecto de producción de esta fruta son: San Blas, Santiago Ixcuintla y Compostela. Lo cual se aprecia en los cuadros 3 y 4.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

Cuadro 3.- Producción estatal de mango por municipio de la modalidad temporal y riego.

Ubicación	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton)
Acaponeta	1,842	18,433	10.01
Ahuacatlán	1.75	12.2	7
Amatlan de cañas	8.25	62.2	7.54
Bahía de banderas	1,429	18,350	12.84
Compostela	3,019	38,110	12.62
Ixtlan del rio	6	45.5	7.58
El Nayar	1	7	7
Rosamorada	926	6,954	7.51
Ruiz	101	710	7
San Blas	6,528	71,666	10.98
Santa maria del oro	4	31	7.75
Santiago Ixcuintla	2,852	39,884	13.98
Tecuala	1,914	20,929	10.94
Tepic	2,247	23,751	10.57
Tuxpan	25	200	8
Xalisco	63.5	570	8.97
Total	20,96.75	21,871.49	1,387.93

Fuente: SIAP (2008).

Cuadro 4.- Producción de mango por variedad en Nayarit.

Variedad	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton)
Ataulfo	6,006	58,796	9.8
Criollos	132	1,307	9.9
Haden	1,687	17,597	10.4
Keitt	1,210	16,295	13.5
Kent	1,631	21,443	13.1
Manila	1,418	14,384	10.1
Tommy Atkins	4,979	62,143	12.5

Fuente: SIAP (2008).

2.3.- Residuos orgánicos

En las zonas tropicales se genera una gran variedad de residuos orgánicos de origen vegetal (residuos de cosechas) y animal (residuos del procesamiento de pescado y animales de finca) (Chedly y Lee, 2004; Bistanji *et al.*, 2000).

En los últimos años, con el objetivo de reducir los costos de producción que conlleva el disponer de estos residuos orgánicos y la contaminación ambiental, se ha generado interés en evaluarlos como alternativa a los ingredientes convencionales utilizados en dietas para animales domésticos. Para su inclusión eficaz en la alimentación animal es necesaria la caracterización de su valor nutricional en términos de: composición química, consumo voluntario, digestibilidad, eficiencia de utilización de nutrimentos absorbidos y posible presencia de compuestos anti-nutricionales; además, de conocer el volumen y periodo de su producción (Haro y Martínez, 2004).

Los residuos del procesamiento de frutas representan una fuente de alimento para la producción animal (Chedly y Lee, 2004; Bistanji, *et al.*, 2000). Un ejemplo claro de esto, es el caso del procesamiento de frutas cítricas, lo que genera un residuo llamado pulpa de cítricos, el cual se compone típicamente de la cáscara (60-65%), pulpa (30-35%) y semillas (0-10%) y representa el 60% del peso fresco de la fruta (Melo *et al.*, 2008). La composición química tanto del residuo fresco como procesado varía de acuerdo a la variedad de la fruta, época de cosecha y tipo de procesamiento. En términos generales, estos residuos se caracterizan por su alto contenido de pectinas y aporte de energía, razón por la cual se han utilizado en dietas para vacas lecheras (Assis *et al.*, 2004) y para producción de carne (Peacock y Kirk, 2003; Navamuel *et al.*, 2002). Además, la pulpa de cítricos se utiliza como ingrediente de algunas mezclas de alimentos concentrados y tiene propiedades equivalentes al forraje, ya que contribuye a mantener niveles altos de acetato y pH neutro en el rumen, previniendo desórdenes metabólicos asociados a raciones deficientes en fibra (Peacock y Kirk, 2003).

Otro residuo orgánico utilizado en la alimentación de rumiantes es la pulpa de piña. Al procesar la fruta ya sea para jugo o enlatado, se generan residuos que se componen de la cáscara, las hojas y parte de la pulpa. Su característica más notable es su alto contenido de fibra, por lo que es usado como sustituto del forraje (Ba Mui *et al.*, 2001).

Junior *et al.* (2005), evaluaron el consumo voluntario y la digestibilidad aparente de nutrimentos en varios residuos orgánicos del procesamiento de frutas secadas al sol, los cuales fueron ofrecidos como única fuente de alimento a ovinos. Los residuos orgánicos de piña evaluados en este estudio mostraron consumos diarios de materia seca, fibra neutra detergente y proteína cruda de 924.2, 670.6 y 75.3 g/animal, respectivamente, mientras que los correspondientes porcentajes de digestibilidad aparente fueron de 47.5, 29.0 y 50.8.

Por otro lado, actualmente un residuo orgánico que se ha venido utilizando en la alimentación en rumiantes es el mango. Durante el procesamiento agroindustrial de esta fruta se descartan del 35 a 60% del peso total de esta fruta; el cual incluye cascara y semilla, las cuales presentan una variación en su proporción del 20 al 30% y de 10 a 30% respectivamente (Larrauri *et al.*, 1996). Por su parte Filho *et al.* (2006), mencionan que durante el procesamiento de esta fruta se producen cantidades de residuos que corresponden aproximadamente de un 28% a un 43% del peso total de la fruta.

Por su parte, Sá *et al.* (2007), evaluaron la composición químico-bromatológica del subproducto de mango reportando valores de 90.78 MS, 5.81 extracto etéreo, 6.84 PC, 33.68 FDN, 23.13 fibra ácido detergente, 10.55 hemicelulosa.

2.3.1.- Consideraciones en el uso de residuos orgánicos en la alimentación de rumiantes

Un factor que influye en el uso de los residuos orgánicos como ingredientes fijos en dietas para animales domésticos es su disponibilidad estacional y su alto contenido de humedad, lo cual los convierte en compuestos altamente perecederos. Se han evaluado diversos métodos físico-químicos para conservar los nutrimentos de estos residuos. Entre ellos, están la deshidratación y la acidificación directa. La deshidratación es un proceso muy utilizado en el manejo de estos residuos, sin embargo, el alto costo de la maquinaria y los combustibles lo hace en muchos casos económicamente no viable. Además, los métodos físico-químicos son generalmente inaccesibles a nivel de producción. La acidificación directa ocasiona problemas de corrosión en las estructuras utilizadas para la preservación del residuo orgánico, además, de problemas de seguridad personal para los empleados. Si se consideran los factores antes mencionados, la digestión anaeróbica o preparación de ensilaje es una alternativa real, pues permite utilizar el residuo húmedo y es relativamente fácil de llevar a cabo (Chedly y Lee, 2004).

Estos mismos autores consideran que la fermentación anaeróbica, es un método eficaz para el manejo de residuos orgánicos, por el bajo costo de producción; y además, los ensilados resultantes pueden ser utilizados como suplemento en la alimentación del ganado en pastoreo, pues durante épocas de sequía son generalmente apetecible y la fermentación reduce o elimina la presencia de compuestos tóxicos y microorganismos no deseables que pueden haber estado presentes en el residuo orgánico fresco.

2.3.2.- Principales frutos generadores de esquilmos con potencial para la alimentación de rumiantes

Los frutos y sus subproductos pueden utilizarse no solo en la alimentación humana, sino también en la del ganado, sobre todo al generarse de ellos residuos o

esquilmos, que no tienen importancia para el consumo humano, pero sí para el ganado ovino y otras especies de rumiantes, por su aporte de energía, fibra, minerales y vitaminas (Devendra y McLeroy, 1986).

Hernández *et al.* (2002), indican que en ocasiones existe un exceso en la producción de frutos como el banano, coco, mango, piña, guama o guabo y jicaro, lo anterior ocasiona que en determinadas épocas se presente un bajo precio en el mercado y su abundancia puede convertirlos en contaminantes potenciales cuando no siempre existe experiencia o conocimiento para su empleo en la alimentación animal. Como consecuencia, existe un considerable desaprovechamiento de estos esquilmos frutícolas, que bien utilizados serían una posibilidad de incrementar la producción de carne y de leche para venderse a un mejor precio y con ello ayudar a mejorar el *modus vivendi* de las comunidades del trópico y sub trópico mexicano.

De las numerosas especies frutales que crecen en las zonas tropicales, sólo algunas se han desarrollado técnica y comercialmente como cultivos frutales (Ramos, 2000). Este mismo autor determina que el origen de los mismos es variado, como en el caso de la piña, papayo o coco, que tienen origen americano; mientras que otros proceden del subcontinente indostánico y el mango y el banano del sudeste de Asia.

García (1997), indica que los residuos o esquilmos provenientes de los frutos tropicales pueden ser procesados como alimentos secos (harinas) o convertidos en ensilajes. Mayen-Mena (1987), establece que a pesar de ser bajos en contenido proteico, pueden ser utilizados como suplementos en dietas o raciones de los rumiantes, sobre todo en épocas críticas por falta de forraje o alimento; otra manera de utilizar sería como complemento en sistemas de explotación donde la demanda de energía es menor en alguna fase productiva de estos animales.

2.4.- El proceso de ensilaje

Garcés *et al.* (2007), señalan que el ensilaje es una técnica que permite la fermentación de carbohidratos solubles presentes en un forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas. El producto final es la conservación del alimento porque la acidificación del medio inhibe el desarrollo de microorganismos. El oxígeno es perjudicial para el proceso porque habilita la acción de microorganismos aerobios que degradan el alimento ensilado hasta CO_2 y H_2O . Este proceso sirve para almacenar alimento en tiempos de cosecha y suministrarlo en tiempos de escasez, y conservar su calidad y palatabilidad a un bajo costo, lo cual permitirá aumentar el número de animales por hectárea o la sustitución de algunos concentrados.

El ensilaje se logra por medio de una fermentación láctica espontánea en condiciones anaerobias. Las bacterias epifíticas de ácido láctico fermentan los carbohidratos hidrosolubles del forraje producen ácido láctico y en menor cantidad ácido acético. Al generarse estos ácidos el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen a la putrefacción. El proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas (Weinberg *et al.*, 1996; Merry *et al.*, 1997).

Fase 1.- Fase aeróbica

En esta fase que dura sólo pocas horas, el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los materiales vegetales y a los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras y las enterobacterias. Además hay una actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (6.5-6.0).

Fase 2.- Fase de fermentación

La fase comienza al producirse un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad bacteriana proliferará y se convertirá en la población predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH baja a valores entre 3.8 a 5.0.

Las bacterias que producen ácido láctico pertenecen a la microflora epifítica de los vegetales. Los componentes que se asocian con el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*. La mayoría de ellos son mesófilos, es decir pueden crecer en un rango de temperaturas que oscila entre 5° y 50°C, con un óptimo entre 25° y 40°C, además son capaces de modificar el pH del ensilaje a valores ácidos entre (4 y 5), dependiendo de las especies y el tipo de forraje.

Fase 3.- Fase estable

Esta se inicia siempre y cuando se mantengan las condiciones de anaerobiosis. La mayoría de los microorganismos presentes en la Fase 2 reducen lentamente su presencia. En el caso de los acidófilos sobreviven este periodo en estado inactivo; otros, como *clostridios* y *bacilos* sobreviven como esporas.

Sólo algunas proteasas, carbohidrasas y microorganismos especializados que son capaces de tolerar ambientes ácidos continúan activos pero a menor ritmo; como en el caso de *Lactobacillus buchneri*.

Fase 4.- Fase de deterioro aeróbico

Con la apertura del silo y la exposición de este al aire da inicio esta etapa lo cual es inevitable, cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la explotación por daño de la cobertura del silo. El periodo de deterioro puede dividirse en dos etapas:

La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen el ácido acético. Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. En esta etapa también se incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos también facultativos como mohos y enterobacterias. El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje. Las pérdidas por deterioro pueden variar entre 1.5 y 4.5% MS diaria, estos valores son similares a los que pueden presentarse en silos herméticamente cerrados y durante periodos de almacenaje de varios meses (Honig y Woolford, 1980).

2.5.- Determinación del valor nutritivo de los alimentos

Por digestión puede entenderse todo el proceso de transformación que sufren los alimentos en el tracto gastrointestinal del animal, desde su aprehensión e ingestión hasta la defecación o excreción de los residuos de alimentos que no han sido aprovechados por el animal. La digestibilidad es el índice que cuantifica globalmente estos procesos y comúnmente se expresa en porcentaje (Ly, 2008).

$$\text{Digestibilidad, \%} = \frac{\text{consumo} - \text{excreción fecal}}{\text{Consumo}} \times 100$$

2.5.1.- Tipos de digestibilidad de acuerdo con la forma de medición

En la práctica lo que generalmente se denomina digestibilidad es en realidad una digestibilidad aparente, puesto que no se consideran las secreciones endógenas y las transformaciones que tienen lugar durante la digestión y que pueden ser excretadas por vía fecal. Es muy difícil, aun experimentalmente, poder delimitar cual es la digestibilidad verdadera y particular, por lo que se acepta indistintamente el término de digestibilidad aparente o el de digestibilidad (Ly, 2008).

2.5.1.1.- Digestibilidad aparente

El concepto de digestibilidad aparente se puede expresar de varias formas dependiendo de la información que se emplee para su estimación. Se considera como la diferente entre la totalidad de los nutrientes excretados en las heces y lo consumido (Maynard y Loosli, 1975).

Por su parte Van Soest (1982), define la digestibilidad aparente como el balance de la pérdida del alimento en las heces. Así mismo, mucha de la materia orgánica presente en las heces es de origen endógeno (descamación intestinal) y microbiana (Cullison, 1979).

2.5.1.2.- Digestibilidad verdadera o real

La digestibilidad verdadera es el balance entre la dieta y los residuos del alimento en las heces, inclusive productos del metabolismo. El coeficiente de digestibilidad verdadera tiende a ser más alto que el de digestibilidad aparente, así que la digestibilidad verdadera representa la parte del alimento disponible para la digestión animal o enzimas microbiales (Van Soest, 1982).

Castellanos *et al.* (1999), mencionaron que el concepto de digestibilidad verdadera es un concepto teórico y para su determinación se requeriría hacer una diferenciación y valoración de los componentes que aparecen en las heces que no son de origen alimenticio directo, si no de origen metabólico.

2.5.2.- Tipos de digestibilidad de acuerdo con el sitio del tracto gastrointestinal en que se determine

Existen dos métodos para medir la digestibilidad de un alimento, el método directo y el método indirecto. Cada uno de estos métodos presentan sus características las cuales serán necesario considerar (Ly, 2008).

2.5.2.1.- Método directo

En este método se registran exactamente el consumo de alimento y la excreción fecal de un animal sometido a un tratamiento dietético dado, en un periodo de tiempo también exacto, que generalmente no debe de ser menor de cinco días consecutivos después de un periodo de adaptación que generalmente no debe ser menor a una semana. Como desventaja de este método, puede existir contaminación entre excretas y orina; además el confinamiento de los animales reduce el tono muscular y probablemente al disminuir el tránsito de digesta se sobrestima la digestibilidad con respecto a los animales alojados en corrales (Nieves *et al.*, 2008).

2.5.2.2.- Método indirecto

La forma indirecta para medir la digestibilidad no requiere cuantificar el consumo ni la excreción fecal, se puede utilizar un marcador que se agrega o que está incluido dentro del alimento en forma natural (Nieves *et al.*, 2008).

Los marcadores para considerarse como tal no debe afectar ni ser afectados por los procesos digestivos, deben tener la misma velocidad de paso que los materiales de

estudio, además de que no deben causar efectos adversos al animal, no obstante, se deben poder analizar químicamente (Gutiérrez, 1991).

Dentro de la clasificación de los marcadores se encuentran los no absorbibles, que son sustancias que no se digieren en el tracto digestivo y que se desechan completamente en las heces, pueden ser:

Marcadores externos: son indicadores que se adicionan a la dieta o se proporcionan oralmente entre estos encontramos: el óxido de cromo (Cr_2O_3), óxido de titanio y elementos tierras raras (Nieves *et al.*, 2008).

Marcadores internos: son aquellos que aparecen naturalmente en la dieta, entre estos encontramos: fibra ácido detergente indigestible, lignina indigestible y ceniza ácido insoluble (Nieves *et al.*, 2008).

2.5.3.- Tipos de digestibilidad según se utilicen o no los animales para su determinación

El valor nutritivo potencial de un alimento puede ser determinado, en primera instancia, por el análisis químico proximal, pero el valor real del mismo para el animal solo se puede lograr a través de un análisis de las pérdidas inevitables que ocurren durante la digestión, absorción y metabolismo (Minson, 1982). Esto obedece a que después de consumir un alimento hay residuos ingeridos que son excretados en las heces, los cuales significan una merma en términos de la utilización del mismo, por lo que la primera pérdida impuesta al alimento está representada por la parte que no es digerida ni absorbida en el animal.

De acuerdo con Posada *et al.* (2006), las características de fermentación de los alimentos en el rumen pueden ser estudiadas por diferentes métodos: *in vivo*, *in situ* e *in vitro*. Debido a que los estudios *in vivo* los alimentos solo pueden ser evaluados en raciones totales y requieren considerables recursos, en los últimos años varias

técnicas *in situ* e *in vitro* han sido desarrolladas. Dentro de las técnicas *in vitro*, la de uso más frecuente es la descrita por Tilley y Terry (1963), la cual fue modificada por Goering y Van Soest (1970), para estimar la digestibilidad verdadera de la materia seca.

La técnica *in vitro* consiste en la utilización de enzimas en lugar de microorganismos, cuya principal ventaja es que no se requieren de animales como donadores de inóculo. Las dos técnicas anteriores son usadas como procedimientos para estimar la digestibilidad final del sustrato y no proveen información sobre la cinética de digestión. La técnica de la bolsa de nylon descrita por Orskov *et al.* (1980), supera esta limitante al proporcionar estimativos de la tasa y la dinámica de degradación de los constituyentes del alimento; sin embargo, es una aproximación laboriosa, costosa e invasiva en la que solamente un pequeño número de muestras pueden ser evaluadas al mismo tiempo.

Otra técnica del método *in vitro* es la técnica de producción de gas la cual permite determinar la extensión y la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas producido durante un proceso fermentativo (Theodorou *et al.*, 1994). Una de las ventajas de este procedimiento radica en que el curso de la fermentación y el papel de los componentes solubles del sustrato puede ser cuantificado (Pell *et al.*, 1997), lo cual es particularmente evidente en los primeros horarios de incubación, una vez que la técnica supera la falta de sensibilidad de los procedimientos gravimétricos (*in situ* e *in vitro*) para medir los pequeños cambios que ocurren en el peso del sustrato (Noguera *et al.*, 2002).

2.5.3.1.- Digestibilidad *in vivo* e *in situ*

La digestibilidad *in vivo* consiste en alimentar a un animal con cantidades predeterminadas de una dieta de composición conocida, para medir cuidadosamente la ingestión de los diferentes nutrientes por parte del animal durante un tiempo determinado el cual se acompaña de la recolección total de las heces. Se requiere

que la recolección de las heces esté libre de contaminación urinaria y que estas representen en forma cuantitativa el residuo no digerido del alimento ingerido previamente medido. Posteriormente se analizan tanto el alimento, como las heces para determinar el contenido de nutrimentos presentes en ambas muestras (Church y Pond, 1987; Maynard *et al.*, 1986).

Estos mismos autores indican que es importante destacar que al animal se le tiene que suministrar la dieta a estudiar durante un periodo preliminar para eliminar residuos provenientes de alimento consumido antes de iniciar el estudio y para permitir que el animal se adapte a la dieta de prueba. Después de este periodo se inicia la recolección de heces; posteriormente, se hace un análisis de las mismas ya que los componentes que se pierden en estas corresponden a la mayor pérdida individual de los nutrimentos ingeridos, en virtud de que una vez que un alimento sufra los procesos de degradación gastrointestinal se expulsa el remanente en las heces (Church y Pond, 1987; Maynard *et al.*, 1986).

Para un estudio de digestibilidad *in vivo* se recomienda utilizar jaulas metabólicas, las cuales actualmente presentan algunas modificaciones en comparación con las utilizadas en un principio para animales de laboratorio. Una característica esencial de estas jaulas es que el animal debe tener libertad de movimiento, en particular para recostarse y para levantarse, así como para permitir la recolección por separado de heces y orina, en este tipo de jaulas el animal se encuentra confinado de tal manera que no puede darse la vuelta, ajustando el largo de las mismas al tamaño del animal, el comedero se encuentra al frente, tanto su construcción como colocación evita que el alimento sea desperdiciado por el animal (Maynard *et al.*, 1986).

Maynard *et al.* (1986), consideran que una desventaja para la medición de la digestibilidad que implican el empleo de animales vivos (*in vivo*), es el costo económico, así como el tiempo dedicado para obtener las muestra, la necesidades de mano de obra calificada, las grandes cantidades de alimento y el numero de análisis químicos (aunque poseen menos posibilidades de error con relación a los

métodos alternativos), por lo que en la actualidad se han desarrollado nuevos métodos de digestibilidad denominados *in vitro*.

Por otro lado, la digestibilidad *in situ* es una práctica que se basa en la utilización de bolsas sintéticas para medir la digestión de los forrajes a nivel ruminal (Torres *et al.*, 2009). Esta técnica ha sido de gran aceptación sobre todo cuando se requiere medir la digestibilidad aparente de la materia MS, fibra y nitrógeno, debido principalmente a la rapidez con que se puede obtener resultados y porque no demanda de equipos sofisticados y materiales que requieren las otras técnicas (Mehrez y Orskov, 1977). Sin embargo, la utilidad y confiabilidad de esta depende de factores tales como la cantidad de la muestra, del tamaño de la bolsa y de la partícula del sustrato a utilizar.

Noguera *et al.* (2007), hacen referencia que la técnica *in situ* ofrece la posibilidad de estudiar la degradabilidad ruminal de los alimentos a través de la utilización de sacos de nylon suspendidos en el rumen. Así mismo el autor menciona que esta técnica ha sido adoptada por el AFRC (1992), como método estándar para caracterizar la degradabilidad ruminal del nitrógeno. Esta técnica ha sido seleccionada debido a su gran aproximación a los resultados *in vivo*. Este método también puede ser usado para describir las características de la degradación de los componentes estructurales del forraje.

Sin embargo, la técnica tiene varias limitantes conocidas: la falta de proceso de rumia sobre la muestra y su reducida posibilidad de escape, las características de la bolsa (tamaño, número y estabilidad del poro) y el procesamiento de la muestra encubada. El empleo de metodologías estandarizadas y la evaluación de los materiales y procedimientos contribuyen a reducir el error experimental asociado a esta técnica. Así, se ha demostrado la factibilidad de emplear diversos tipos de tela para la fabricación de las bolsas y obtener resultados similares, siempre que la selección del material se haga con criterios objetivos como los ya señalados: tamaño, número y estabilidad del poro (Burgos *et al.*, 2003).

Por su parte Vanzant *et al.* (1998), sugieren ciertos criterios de procedimientos para estandarizar la técnica, que a continuación se muestra en el siguiente esquema:

Concepto	Recomendación
Dieta:	
Tipo	60 a 70 % de forraje
Nivel de alimentación	Mantenimiento
Frecuencia de alimentación	>2 veces / día
Bolsa:	
Material	Polyester
Tamaño de poro	40 a 60 μm
Tamaño de muestra: área de superficie	10 mg/cm^2
Procesamiento de muestra:	
Repeticiones:	
Número de animales	>2
Número de días	>2
Numero de bolsas	>1
Procedimiento de incubación:	
Preincubación	No necesario
Posición ruminal	En la parte ventral del rumen
Introducción/ remoción	Remoción simultanea
Tiempo de incubación	Que describan una curva
Enjuague	Mecánico (5 veces 1 min. / enjuague)
Corrección microbiana	Si
Modelo matemático	Simple disponible y adecuado para describir los datos
Sustrato estándar	Si

Ahora bien, en lo que respecta a la cantidad de muestra a utilizar Vanzant *et al.* (1998), nos dice que hay influencia significativa en la degradación debido a la cantidad de muestra en relación con la superficie de la bolsa. Para calcular la muestra a utilizar el mismo autor sugiere la siguiente ecuación:

$$M/A \text{ (mg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Peso de muestra (mg)}}{\text{Área de la bolsa en cm}^2 \text{ [(ancho x longitud) x2]}}$$

La recomendación es mantenerse en el rango de 10 a 20 mg/ cm².

Por otra parte, en el criterio de tiempos de incubación Orskov *et al.* (1980), sugiere que los tiempos de incubación varían de acuerdo al material que se esté incubando, la sugerencia de este autor es que en concentrados sean de 12 a 36 horas, forrajes de alta calidad de 24 a 60 horas y forrajes de baja calidad de 48 a 72 horas.

Es importante establecer el tiempo de incubación de acuerdo a los objetivos del estudio y la naturaleza de las muestras a estudiar ya que no es recomendable generalizar el tiempo que un determinado alimento debe permanecer en el rumen. No obstante se sugiere que el número de tiempos a evaluar para un alimento no sea menor a 6, cuando se pretenda generar el potencial y la tasa de degradación ruminal del alimento.

Burgos *et al.* (2003), mencionan que una etapa importante de la metodología de la técnica es el lavado de las bolsas después de su incubación en el rumen, cuyo propósito es eliminar material contaminante y evitar errores en la estimación de la desaparición de la muestra incubada. No obstante, este proceso es muy variable; una gran proporción (60%) de investigadores emplean lavadoras, pero no mencionan fabricantes o programas de lavado empleados.

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1.- Lugar de experimentación

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones de la Unidad Académica de Agricultura, perteneciente a la Universidad Autónoma de Nayarit, en el Laboratorio de Nutrición Animal, la cual se encuentra ubicada en el km 9, carretera Tepic – Compostela, en el municipio de Xalisco, Nayarit, México. Con ubicación geográfica de 21° 25' 40.88" latitud norte y 104° 53' 29.54" longitud oeste (Guzmán *et al.*, 2010a)

El presente trabajo se dividió en tres fases de investigación.

3.2.- Investigación 1. Determinación de la composición física y química de la variedad de mango Tommy Atkins cultivada en Nayarit

El objetivo de esta investigación fue comparar la composición física y química de la variedad Tommy Atkins de mango (*Mangifera indica* L.), cultivado en el estado de Nayarit, y cosechado al inicio y final de temporada, comprendida entre los meses de junio y agosto del 2009. Se utilizó un total de 24 mangos maduros, escogidos al azar, de los cuales 12 se obtuvieron al inicio de temporada en el mes de junio de 2009 y los otros 12 restantes se colectaron al final de la temporada en el mes de agosto del mismo año.

3.2.1.- Origen de las muestras

Las frutas se obtuvieron en mercados locales y el acopio fue de mangos maduros, nayaritas. El criterio de madurez fue subjetivo y se basó en el aroma, color de la piel y consistencia de la fruta, de acuerdo con compradores habituales en el mercado. Cabe mencionar que ninguna de las frutas mostró características de descomposición.

3.2.2.- Preparación de la muestra

La separación física de las partes de la fruta se realizó en forma manual, tres frutas constituyeron una muestra, para un total de cuatro muestras por temporada. Las tres partes en que se dividió cada fruta fueron: cascara ó exocarpio, pulpa ó mesocarpio y semilla ó endocarpio. Las partes de los mangos se pesaron en forma fresca en una balanza digital con apreciación de 1 g.

3.2.3.- Análisis químicos

Los análisis de materia seca (MS), cenizas (C) y proteína cruda (PC) se realizaron por métodos reconocidos por la AOAC (1995), por duplicado, al igual que las determinaciones de las paredes celulares vegetales de fibra ácido detergente (FDA), fibra neutro detergente (FDN) y hemicelulosa (HEM), que se realizaron siguiendo la metodología descrita por Van Soest y Robertson, (1985).

3.2.4.- Diseño experimental y análisis estadístico

Para el estudio de la composición física y química de la variedad de mango Tommy Atkins, se aplicó un diseño factorial 2 x 3, donde se consideraron las dos épocas (inicio y final de cosecha) como primer factor, las tres partes en que se dividieron las frutas (cáscara, pulpa y semilla) como segundo factor, para lo cual se utilizó el siguiente modelo lineal para el análisis de los datos:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + r + (A_i)\beta_j + (A\beta)_{ij} + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta.

μ = Media general.

A_i = Efecto de la época de cosecha (Inicio y Final).

β_j = Efecto del componente de la fruta.

r = Efecto de la repetición.

$r(A_i)$ = Efecto de la repetición en la época de cosecha.

$A\beta_{ij}$ = Interacción de la época de cosecha, con el componente de la fruta.

E_{ij} = Error experimental.

Las medias se contrastaron por la técnica del análisis de Kruskal-Wallis de acuerdo a las recomendaciones sugeridas Steel *et al.* (1997), empleando el paquete estadístico SAS (2003), en donde este se empleo en todos los análisis.

3.3.- Investigación 2. Efecto de distintos factores en la cinética de conservación de residuos de ensilados de mango

El objetivo de esta investigación experimental, fue valorar la composición química de seis tratamientos de ensilado a base de residuo de mango de la variedad Tommy Atkins de desecho y residuo generado después de la industrialización del mismo, utilizando urea y melaza 2 y 3%, más la adición de rastrojo de maíz a un 10 y 20% en peso.

3.3.1.- Origen de las muestras

Para la elaboración de los microsilos se utilizo residuo de mango variedad Tommy Atkins, provenientes de inicio y final de la temporada de cosecha comprendida entre junio – agosto de 2009, del Estado de Nayarit. Dicha muestra tenía las siguientes característica de que era fruta de desecho que por apariencia y consistencia no era apta para el consumo humano y no cumplía con las exigencias que establecen las empresa encargada de su industrialización establecen. Esto fue así en la empresa nayarita donde se acopiaron los residuos de mango.

Por otra parte el residuo que se genera después de la industrialización de esta fruta, compuesta principalmente por cascara y semilla, formo parte de la muestra para la elaboración de los tratamientos.

Aunado a esto, se utilizó rastrojo de maíz de procedencia local; al igual que la melaza de caña y urea agrícola.

3.3.2.- Manejo de las muestras

Una vez obtenidas las muestras de mango, estas fueron trasladadas al laboratorio de Fisiología Nutricional donde se procedió a moler los dos tipos de residuo de mango, con la ayuda de un molino mixto provisto de cuchillas y martillo, con la finalidad de obtener muestras más homogéneas y facilitar el proceso de ensilado.

De igual forma el rastrojo que se utilizó, fue picado con el mismo molino antes mencionado, con una criba de 2.5 cm, para obtener un tamaño de partícula similar.

3.3.3.- Tratamientos

Los tratamientos que se realizaron para esta segunda investigación experimental, fueron los mismos para el inicio y final de temporada de cosecha, los cuales se obtuvieron a partir de la mezcla en base fresca, en las proporciones que aparecen en el cuadro 5, de acuerdo con las sugerencias de Aguilera *et al.* (1997).

Cuadro 5.- Composición de los ensilados (por ciento en base fresca).

	Ensilado					
	Fruta entera, %			Residuos industrial, %		
	75	80	85	75	80	85
	2	5	1	4	6	3
Componentes¹						
Fruta entera	75	80	85	0	0	0
Residuo industrial	0	0	0	75	80	85
Rastrojo de maíz	20	20	10	20	20	10
Urea	2	0	2	2	0	2
Melaza	3	0	3	3	0	3

¹ La fruta entera, los residuos de industria del mango y el rastrojo de maíz se molieron antes de preparar los silos.

3.3.4.- Proceso de ensilado

Se prepararon microsilos de forma manual a escala de laboratorio, de 5 kg. El material a ensilar se introdujo en bolsas de polietileno y se compactaron para después cerrarlos herméticamente con la ayuda de una bomba de vacío Edwards modelo RV5, para garantizar su conservación. Por cada tiempo se realizaron 4 réplicas para un total de 24 microsilos por tratamiento que multiplicados por los 6 tratamientos en su totalidad sumaron 144 microsilos para cada temporada de cosecha.

3.3.5.- Manejo de los microsilos

Los microsilos fueron almacenados bajo lecho en donde se llevó el registro diario de temperatura ambiental en dos horarios: 9.00 am y 3:00 pm.

3.3.6.- Apertura de los microsilos

Los microsilos fueron abiertos a los 0, 7, 14, 21, 42 y 84 días de su conservación. En el momento de abrirlos se anotaron características organolépticas como olor, color y

aspecto del conservado para verificar que el proceso de conservación fuera el idóneo para las exigencias que la presente investigación requería.

3.3.7.- Análisis químicos

La composición química de los ensilados se determinó en alícuotas representativas de cada muestra, los análisis siguientes se hicieron por triplicado:

- Materia seca y pH (Dominguez y Ly, 1978).
- Cenizas (AOAC, 1995).
- Nitrógeno, por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990).
- Amoníaco (NH_3) y ácidos grasos de cadena corta (AGCC) totales, por destilación con arrastre de vapor (Phimmasan *et al.*, 2004).
- Materia orgánica, por diferencia (100 - % de cenizas).
- Acidez total por valoración con NaOH 0.01N (Dominguez y Ly, 1978).
- Fibra detergente ácido (FDA), Fibra detergente neutro (FDN), Lignina (LIG), Hemicelulosa (FDN - FDA) y la Celulosa (FDA - LIG) según la metodología descrita por Van Soest y Robertson (1985).

Para las determinaciones químicas de pH, acidez total, NH_3 y AGCC totales se preparó un extracto acuoso, mediante suspensión y mezcla del material ensilado con agua, en la proporción 1:4 en peso. Con la ayuda de una centrifuga DAMON/ IEC DIVISION, el material fue expuesto a 4000 RPM por un periodo de 15 min, para después colectar el sobrenadante. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

3.3.8.- Diseño experimental y análisis estadístico

La segunda investigación experimental se diseñó como un arreglo factorial 2 x 6 x 6 con dos réplicas por tratamiento, en el que los factores fueron las temporadas (inicio

y final), los tipos de ensilado (Cuadro 5) y los tiempos de conservación, mediante el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + \beta_j + C_k + (A\beta)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + E_{ijkl}$$

En donde:

Y_{ijkl} - Variable de respuesta.

μ = Media general.

A_i - Efecto temporada.

β_j - Efecto tipo de ensilaje.

C_k = Efecto tiempo de fermentación.

$A\beta_{ij}$ - Efecto de las interacciones.

AC_{ik} = Efecto de la interacción temporada y tiempo de fermentación.

BC_{jk} = Efecto de la interacción tipo de ensilaje y tiempo de fermentación.

E_{ijkl} - Error aleatorio.

Las medias fueron contrastados por la técnica del análisis de varianza de acuerdo con las recomendaciones de Steel *et al.* (1997) y en los casos en donde se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), estas medias fueron comparadas por la prueba de Tukey. El paquete estadístico SAS (2003), fue el empleado en todos los análisis a ejecutar.

3.4.- Investigación 3. Digestibilidad *in situ* de seis ensilados de residuos de mango variedad Tommy Atkins

El objetivo de esta investigación experimental fue determinar la digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS), de seis tratamientos de ensilado de residuo de mango de inicio de temporada.

3.4.1.- Obtención de la muestra

Las muestras utilizadas en esta investigación experimental fueron obtenidas de los microsilos abiertos a los 42 días en cada uno de los 6 tratamientos de la época de inicio (junio).

3.4.2.- Manejo de la muestra

Las muestras fueron convenientemente mezcladas y secadas en una estufa a una temperatura de 60° C, por un periodo de una semana. Posteriormente al secado fueron molidas con la ayuda de un molino motorizado Thomas – Wiley Modelo 4, a través de una criba de 1 mm; una vez molidas fueron colocadas en recipientes de plástico con tapadera para su almacenamiento y su posterior utilización.

3.4.3.- Procesamiento de la muestra

Una vez obtenidas las muestras se prosiguió a pesar 3 gramos por triplicado en bolsas de nylon de la marca ANKOM TECHNOLOGY, con medidas 5 x 10 cm. con una porosidad de 50 $\mu\text{m} \times \text{cm}^{-1}$. Posteriormente se amarraron con ligas y fueron sujetadas con un amarrado especial a argollas de metal, las mismas fueron ancladas en porta llaves, para que estas fueran sujetadas a una soga que fue colada a través de la cánula dentro del rumen de los animales para permitir su manipulación.

Finalmente, las bolsas con las muestras fueron sometidas a incubación ruminal en cada uno de los 4 animales en los tiempos 0, 4, 8, 16, 24, 48, 72 y 96 horas. El proceso de incubación se inició a las 12.00 p.m. y se hicieron las extracciones sucesivas de las bolsas 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 haber retirado las bolsas, éstas fueron lavadas tres veces con agua común, en una lavadora General Electric de una capacidad de 4 kg, con la finalidad de que éstas quedaran lo más limpias posibles; cada ciclo de lavado tuvo una duración de 5 minutos.

Es importante mencionar que las bolsas pertenecientes a los tiempos 0 que ocupaban los blancos fueron lavadas por separado para evitar la influencia de éstas en una ganancia o pérdida de peso al final del proceso.

Por último, una vez lavadas fueron colocadas en charolas de aluminio y se introdujeron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 55°C por un periodo de 24 horas para su secado. Transcurrido este tiempo fueron sacadas y colocadas en un desecador para permitir su enfriamiento por un espacio de 15 minutos para después pesarlas en una balanza analítica y hacer los cálculos correspondientes.

3.4.4.- Unidades experimentales

Para la realización de este experimento, 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 (Bar-Diamond) simple flexible en rumen (Stedile *et al.*, 2008). Estos fueron desparasitados previamente de manera interna y externa. Con ivermectina en dosis de 1 ml por cada 50 kg.

3.4.5.- Alojamiento de los animales

Los animales fueron alojados en grupo en instalaciones cerradas con las siguientes características: el lugar estaba provisto de muros y piso de concreto con amplia ventilación para permitir la circulación del aire. Con una puerta construida de acero con una medida de 1 metro de ancho por 2 metros de alto. La superficie del corral fue de 17.48 m². Los comederos estaban contruidos de metal con las siguientes

características: con dimensiones de 2 m de largo y 34 cm de alto, provisto de 10 separaciones de 20 X 30 cm cada una de ellas.

3.4.6.- Composición de la dieta y alimentación de los animales

Los animales fueron alimentados una vez por día con la dieta que se describe en el Cuadro 6, en cantidad de 1 kg por animal por día. Previo al período de incubación se permitió un período de adaptación de 10 días a la dieta.

Cuadro 6.- Composición porcentual de la dieta (base húmeda).

Ingredientes	%
Rastrojo de maíz	44.00
Sorgo grano	18.00
Pasta de canola	12.00
Salvado de trigo	8.00
Alfalfa	8.00
Melaza	8.00
Carbonato de calcio	0,70
Urea	0.435
Sal	0.35
Minerales trazas	0.50
Total	100.00

3.4.7.- Análisis químicos

En este experimento, las determinaciones analíticas se circunscribieron a la cantidad de muestra residual dentro de la bolsa de nylon en cada tiempo de incubación y al contenido de materia seca (MS) de este residuo, junto con el conocimiento de la cantidad de muestra inicialmente incubada y su concentración de MS. Los análisis de materia seca se realizaron de acuerdo con la AOAC, (1995).

3.4.8.- Ajuste de los datos

La cinética de desaparición *in situ* de la MS en las muestras incubadas fue descrita 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 (Mehrez y Orskov, 1977; Orskov y McDonald, 1979; McDonald, 1981).

Una vez obtenidos los valores, estos se capturaron mediante el programa Neway (Chen, 1995), para obtener las curvas ajustadas de la desaparición *in situ* a través del tiempo así como los valores de a, b y c. Finalmente estos últimos fueron trasladados al paquete estadístico SAS (2003), en el que se efectuó el análisis de varianza y comparación de medias entre tratamientos.

3.4.9.- Diseño experimental y análisis estadístico de los datos

Para el caso de la tercera investigación experimental se aplicó un diseño de un solo efecto, donde se consideraron los seis tratamientos de ensilaje del tiempo 42 días de la época inicio de temporada, mediante el siguiente modelo lineal.

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

En donde:

Y_{ij} Variable de respuesta

μ Media general.

A_i Tratamientos de ensilados.

E_{ij} Error aleatorio.

Las medias fueron contrastadas por la técnica del análisis de varianza mediante las recomendaciones convencionales de (Steel *et al.*, 1997) y en los casos en donde se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), estas medias fueron separadas por la prueba de Tukey, mediante el uso del paquete estadístico SAS (2003).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Determinación de la composición física y química de la variedad de mango Tommy Atkins cultivada en el Estado de Nayarit

En el cuadro 7 se muestran los valores obtenidos para la composición física de los mangos examinados. No hubo efecto significativo ($P>0.05$), de época en el peso fresco de las frutas (417 y 454 g) ni en el por ciento de pulpa (76.1 y 75.8%), pero la proporción de cáscara aumentó y la de semilla decreció ($P<0.05$), en agosto con respecto a junio.

Cuadro 7.- Efecto de época en la composición física del mango Tommy Atkins.

	Junio	Agosto	EE ±
n	4 ¹	4	-
Composición, g			
Cáscara	57.1	69.3	2.31*
Semilla	42.1	39.1	2.12
Pulpa	318.7	345.5	13.35
Total	417.9	454.2	16.34
Composición, %			
Cáscara	13.7	15.5	0.45*
Semilla	10.1	8.5	0.37*
Pulpa	76.1	75.8	0.44
Total	100.0	100.0	-

¹ Cada réplica se compone de tres frutas. Todos los datos se

expresan *in natura*

* $P<0.05$

Se detectó cierto grado de interdependencia entre los distintos componentes de los mangos. El resultado de la matriz de correlación de Pearson se aprecia en el cuadro 8. Mientras que el porcentaje de semilla no estuvo correlacionado significativamente ($P>0.05$) con los otros índices medidos, la correlación entre la cáscara y la pulpa, o entre la cáscara y la cáscara más la semilla, fueron altamente significativas ($P<0.001$) de una manera inversa con la primera y directa con la segunda. El por

ciento de cáscara también estuvo correlacionado inversamente ($P < 0.05$) con el de la semilla.

Cuadro 8.- Interdependencia entre distintos componentes del mango Tommy Atkins¹.

	Cáscara	Semilla	Cáscara y Semilla
Semilla	-0.447		
Cáscara y semilla	0.663	0.372	
Pulpa	-0.662	0.372	-0.999

¹ Todas las medidas se expresan en por ciento del total en base fresca.

$P < 0.05$ para $r < 0.400$

La información relativa a las características de los componentes físicos y el contenido de nutrientes de mangos, influidos por la época, es más bien escasa, probablemente, porque el periodo de cosecha de la fruta es relativamente corto en el mundo tropical (Siller *et al.*, 2009). En el caso de Nayarit, la recolección y procesamiento de los mangos se circunscribe a tres meses, desde junio hasta agosto. En la presente investigación se hallaron evidencias de que, aunque ligeras, las variaciones en las características de las frutas pueden estar presentes. Tal vez estas variaciones sean más o menos importantes, en dependencia del destino de las frutas no aptas para el consumo humano, o de los desechos industriales de los mangos.

No obstante el uso previo de los productos de mango en la alimentación animal en México (Scotillo, 1984; Aguilera *et al.*, 1997), la discusión de los datos aquí presentados se basa en el contraste con datos de otros países productores de mangos, debido a la escasa información nayarita disponible sobre el tema (Siller *et al.*, 2009).

Datos de mangos de la India sugieren que la proporción de las semillas, así como del endospermo, puede variar considerablemente (Ramteke *et al.*, 1999). Así se ha sugerido que las semillas pueden constituir entre el 10 y el 25% del peso de la fruta, de acuerdo con la variedad considerada (Hemawathy *et al.*, 1988). Esta variabilidad

en la proporción de las semillas de los mangos está presente en la información brindada por Wu *et al.* (1993), quienes sugirieron que el porcentaje de semillas en los mangos podía estar entre 9 y 40. De acuerdo con los resultados de este trabajo, las semillas de la variedad cultivada Tommy Atkins tienen a contribuir poco al total del peso de la fruta, y más bien están en el entorno de la cota inferior indicada por investigadores como Hemawathy *et al.* (1988) y Wu *et al.* (1993).

Las cáscaras de los mangos parecen oscilar en el rango de 7-24% según Wu *et al.* (1993), mientras que de acuerdo con Beerh *et al.* (1976), las cáscaras pueden contribuir con 15-20% de las frutas. Los resultados de la presente investigación coinciden con los resultados hallados por otros autores brasileños (Brito *et al.*, 2003; Pereira da Silva *et al.*, 2009; Siller *et al.*, 2009). Ello pudiera indicar que la fruta de mango empleada en este estudio estuvo dentro de los estándares informados para sus componentes físicos, que como se sabe, y particularmente su masa, puede estar influenciada por distintos factores agronómicos (Quijada *et al.*, 2004, 2009). Un resumen de la información existente sobre la composición física de la variedad Tommy Atkins de mangos se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9.- Componentes del mango de la variedad Tommy Atkins.

Peso, g	Componentes, % <i>in natura</i>			Referencia
	Cáscara	Semilla	Pulpa	
450-700	-	-	-	Campbell (1973)
462	-	-	-	Laborem <i>et al.</i> (1979)
-	-	11.4	-	Nunes <i>et al.</i> (1991)
450	10	11	79	Brito <i>et al.</i> (2003)
375	14	10	76	Siller <i>et al.</i> (2009)
521.1	14.4	10.6	75.0	Pereira da Silva <i>et al.</i> (2009)
436.1	13.7-15.5	8.5-10.1	75.8-76.1	Este experimento

Los resultados obtenidos en este experimento, a partir de la matriz de correlación de Pearson, sugieren que es posible pronosticar el contenido del residuo no comestible de los mangos a partir del por ciento de cáscara de las frutas. Esto estaría dado por la expresión:

$$y = 14.63 + 0.64 x \text{ (r, 0.663; } P < 0.001)$$

Donde el valor de "y" expresa el porcentaje de cáscara, y el de "x", el porcentaje de cáscara más semilla, ambos en base fresca. A este respecto, Pradeepkumar *et al.* (2006), informaron que en 31 genotipos de mangos indios, entre los que no se encontraba la variedad Tommy Atkins, el peso de la cáscara estaba igualmente correlacionado con el peso de la semilla (r, 0.464), la pulpa (r, 0.694) y la fruta entera (r, 0.758). Estas discrepancias pudieran estar vinculadas con la forma de expresión de las distintas partes de los mangos. En este sentido, aparentemente es necesario hacer más estudios en esta dirección.

Desde el punto de vista de la composición química, no se halló interacción significativa ($P > 0.05$) época x componente de fruta en ninguno de los índices evaluados. En el cuadro 10 aparece reflejado el efecto de época, donde no hubo efecto de época en el contenido de MS y materia orgánica de la fruta (promedio, 26.4 y 99.0%) pero las concentraciones de FDN y N tendió a aumentar ($P < 0.05$) en agosto con respecto a junio.

Cuadro 10.- Composición química del mango Tommy Atkins. Efecto de la época (por ciento en base seca).

	Junio	Agosto	EE ±
MS	27.6	25.2	2.28
Cenizas	1.02	0.90	0.19*
Materia orgánica	98.98	99.10	0.13
FDN	52.3	56.5	2.71*
FDA	24.2	25.7	1.78
Hemicelulosa	28.17	30.80	1.62*
Nx6.25	0.61	1.30	0.13*

* $P < 0.05$

En el cuadro 11 se presenta la información correspondiente al efecto de componente de las frutas. Los resultados obtenidos en la composición química de los tres componentes de la fruta, arrojaron que la cáscara, presentó los valores significativamente ($P < 0.05$) más bajos en las variables N, FDN, FDA y hemicelulosa

en comparación con los otros dos componentes de la fruta. En general, pudiera destacarse que todos los componentes de los mangos examinados fueron ricos en pared celular y pobres en compuestos nitrogenados y minerales.

Cuadro 11.- Composición química del mango Tommy Atkins. Efecto del componente de la fruta (por ciento en base seca).

	Cáscara	Semilla	Pulpa	EE ±
MS	21.9 ^b	40.8 ^a	16.4 ^c	0.80*
Cenizas	0.50 ^b	2.13 ^a	0.25 ^c	0.18*
Materia orgánica	99.5 ^b	98.7 ^a	98.7 ^a	0.12*
FDN	40.1 ^c	56.7 ^b	66.6 ^a	1.4*
FDA	17.4 ^c	24.1 ^b	33.3 ^a	1.1*
Hemicelulosa	22.6 ^b	32.5 ^a	33.3 ^a	1.1*
Nx6.25	0.48 ^b	1.20 ^a	1.20 ^a	0.12*

* P<0.05

^{abc} Medias sin letra en común en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) entre si

Es característico encontrar que la cáscara y semilla de mangos sean materiales sumamente fibrosos, con poco contenido de elementos minerales y nitrogenados (Göhl, 1982). En lo concerniente a las semillas, no son escasos los datos sobre la composición química del endospermo o almendra de la semilla, en comparación con la semilla como tal (Díaz y Cobo, 1983; Odunsi, 2005; Abdalla *et al.*, 2007).

De acuerdo con Madhukara *et al.* (1993), la cáscara o piel de los mangos contiene como promedio 32% de azúcares reductores, mientras que entre los componentes fibrosos, están la celulosa, la lignina y la pectina, con valores de 13, 13 y 7% en base seca, respectivamente. Las cáscaras contienen muy poca proteína, solamente 4% según Madhukara *et al.* (1993), o 1.76-2.05% en las variedades Raspuri y Badami (Ajila *et al.*, 2007). Estos resultados coinciden con los encontrados en esta investigación. Según los resultados aquí descritos, no hay evidencias de que el inicio y final de cosecha afecten considerablemente en características físicas y químicas de las frutas, como para considerar que estos cambios influyan decisivamente en el

valor nutritivo de los mangos. Se sugiere que las partes del mango consideradas de desecho en la industria (cáscara y semilla) pueden ser un buen recurso alimentario destinado a la alimentación de animales rumiantes.

4.2.- Efecto de distintos aditivos en la cinética de conservación de residuos de ensilados de mango de la variedad Tommy Atkins

4.2.1.- Índices fermentativos

En el proceso de almacenamiento, la temperatura ambiental promedio durante el transcurso del experimento fue de 27.5 y 38.5°C a las 9:00 a.m. y 3:00 p.m. respectivamente. Al momento de la apertura de los microsilos, nunca se notó la presencia de alcohol, ni sintoma alguno de putrefacción. Todos los microsilos tenían un olor agradable y en ningún caso fue necesario retirar la capa superficial por la presencia de hongos.

Los valores de las medias para las características fermentativas de los ensilados, considerando la temporada de cosecha, se muestran en el cuadro 12. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) para la concentración de pH y NH_3 pero no para la acidez total y la concentración de AGCC en los microsilos, estos últimos fueron superiores en junio con respecto a agosto.

Cuadro 12.- Índices fermentativos en ensilados de mango Tommy Atkins. Efecto de época.

	Junio	Agosto	EE ±
n	72	72	-
pH	4.55	4.24	0.07*
Acidez total, mequiv NaOH/100 g MS	26.75	25.77	1.61
NH_3 , mmol/100 g MS	1.32	0.74	0.18*
AGCC, mmol/100 g MS	21.20	20.27	1.73

* $P < 0.05$

En el cuadro 13 se listan los datos correspondiente a la variación de los índices fermentativos de acuerdo con el tiempo de conservación. Aparentemente, entre 0 y 7

días, el valor del pH de los microsilos fue significativamente diferente ($P < 0.05$), pero de ahí en adelante, se notó poca variación en estos indicadores. La acidez total pareció alcanzar un máximo a los 14 días de conservación, y la concentración de AGCC lo hizo a los 21 días. Hubo poco efecto significativo ($P < 0.05$) en la concentración de NH_3 por efecto de tiempo de conservación.

Cuadro 13.- Índices fermentativos en ensilados de residuo de mango Tommy Atkins. Efecto del tiempo de conservación.

	Días de ensilado						EE±
	0	7	14	21	42	84	
n	24	24	24	24	24	24	-
pH	4.89 ^a	4.43 ^b	4.31 ^{bc}	4.29 ^c	4.23 ^c	4.21 ^c	0.25*
Acidez total, mequiv NaOH/100 g MS	18.12 ^c	23.23 ^b	29.61 ^a	28.70 ^a	28.42 ^a	29.47 ^a	4.45*
NH_3 , mmol/ 100 g MS	0.72 ^b	0.69 ^b	0.94 ^{ab}	1.19 ^{ab}	1.18 ^{ab}	1.44 ^a	0.57*
AGCC, mmol/100 g MS	13.54 ^e	16.91 ^{de}	18.78 ^{cd}	23.61 ^b	22.56 ^{bc}	29.02 ^a	4.67*

* $P < 0.05$

^{abcde} Medias en la misma fila sin letra en común difieren significativamente ($P < 0.05$) entre sí

El efecto de tratamiento con aditivos sobre los índices fermentativos se presenta en el cuadro 14. Se observó que tanto en la fruta entera como en el residuo industrial, la concentración de AGCC y el pH fueron más altos ($P < 0.05$), cuando estos productos eran el 75% de la mezcla en comparación con los otros tratamientos en los que los mismos estaban a 80 y 85%. Los tratamientos sin aditivos de melaza y urea mostraron un valor mínimo y máximo ($P < 0.05$), para la concentración de NH_3 y la acidez total de las muestras respectivamente.

Cuadro 14.- Índices fermentativos en ensilados de residuos de mango Tommy Atkins. Efecto del tipo de aditivo.

	Fruta entera, %			Residuo industrial, %			EE±
	75	80 ¹	85	75	80 ¹	85	
n	24	24	24	24	24	24	-
pH	4.45 ^b	4.06 ^d	4.14 ^{cd}	4.92 ^a	4.24 ^c	4.54 ^b	4.41*
Acidez total, mequiv NaOH/100 g MS	26.52 ^b	32.65 ^a	25.57 ^{bc}	19.44 ^d	30.46 ^a	22.91 ^c	0.45*
NH ₃ , mmol/100 g MS	1.47 ^a	0.08 ^b	1.30 ^a	1.88 ^a	0.07 ^b	1.36 ^a	5.12*
AGCC, mmol/100 g MS	23.77 ^{ab}	20.34 ^{ab}	16.12 ^c	24.36 ^a	20.10 ^{bc}	19.72 ^{bc}	1.87*

¹ No contienen urea y melaza de caña. Para detalles, ver cuadro 5

*P<0.05

^{abcd} Medias sin letra en común en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) entre sí.

4.2.2.- Efecto interacciones

En el cuadro 15. Se presentan las interacciones encontradas para los índices fermentativos. Se halló influencia significativa (P<0.05) para las interacciones época x aditivo, época x días de conservación, aditivos x días de conservación y época x aditivos x días de conservación tanto el pH de las muestras, como la acidez total y el contenido de AGCC. En la concentración de amoníaco solamente se encontró efecto significativo (P<0.05) en la interacción época x aditivo. Otros detalles relativos al efecto de las interacciones en los índices fermentativos fueron expuestos por Guzmán, (2010).

Cuadro 15.- Interacciones en índices fermentativos de productos de mangos ensilados.

Interacciones	pH	AT	NH ₂	AGCC
Época x aditivo	*	*	*	*
Época x días ¹	*	*	NS	*
Aditivo x días	*	*	NS	*
Época x aditivo x días	*	*	NS	*

¹ Tiempo de conservación de los microsilos

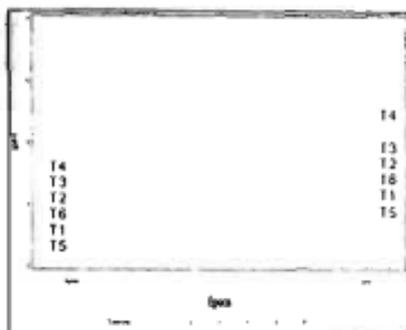
*P<0.05

En las figuras 1, 2 y 3 se muestran los detalles de las interacciones encontradas en este experimento, mientras que en las figura 4 y 5 aparece el agrupamiento de componentes principales (Johnson y Wichern, 1982), de los índices fermentativos.

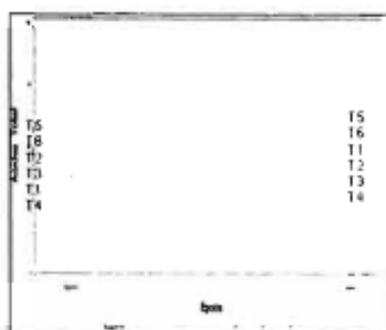
En la figura 1 se puede observar como en la interacción época por aditivos, para el pH todos los tratamientos mantienen el mismo orden, presentando los valores menores en agosto. En relación para acidez total en los tratamientos 5 y 6 en ambas épocas mantienen los valores más altos, que son los tratamientos que contenían un 80 % de fruta entera y residuo industrial, sin adición de aditivos. Independientemente de la época los tratamientos conservaron el orden de sus valores a excepción del el tratamiento 1 que disminuyo la cantidad.

En relación al NH_3 a excepción de los tratamientos 5 y 6 que no contienen aditivo todos los demás tratamientos disminuyeron en agosto la concentración de NH_3 , siendo más bajo en los tratamientos 2 y 4 que contenían menos cantidad de fruta entera y residuo industrial respectivamente.

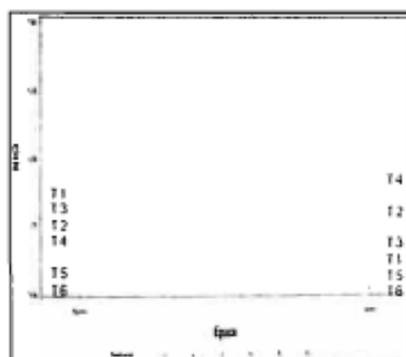
La concentración de AGCC presento un comportamiento variado, los tratamientos 2 y 4 (menor cantidad de fruta entera y residuo industrial) tendieron a disminuir la concentración, y los tratamientos 3 y 5 tendieron a incrementarla en la época de agosto.



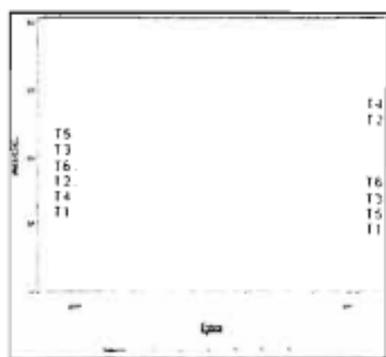
1a. Valor de pH



1b. Acidez total (mequiv NaOH/100g)



1c. Concentración de NH_3 (mmol/100g)



1d. Concentración de AGCC (mmol/100g)

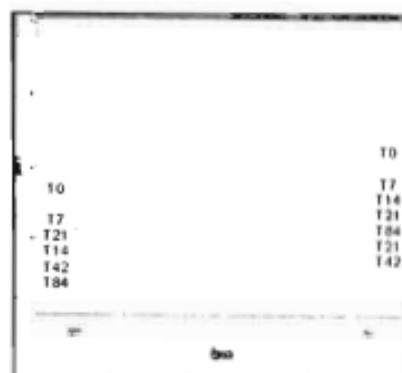
Figura 1. Interacciones época x aditivo en índices fermentativos de ensilados de residuos de mango.

1, 2 y 5 expresan los ensilados de fruta de desecho con rastrojo de maíz sin o con melaza de caña de azúcar y urea. 4, 3 y 6 expresan los ensilados de residuo industrial de mango con rastrojo de maíz si o con melaza de caña de azúcar y urea. Para detalles ver texto.

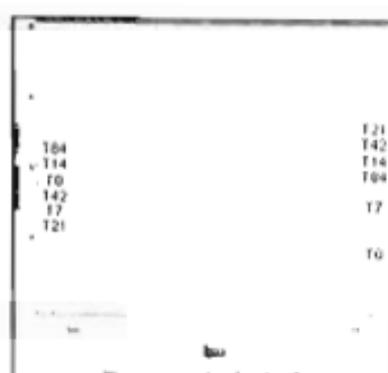
En la figura 2 se observa la interacción época x días, para pH que todos los tiempos de ensilaje los disminuyen, siendo menor la disminución en el tiempo 0 en la época de agosto. Observándose que a partir de los tiempos 14 y 21 de conservación el comportamiento fue similar, logrando una estabilidad.

Los valores para acidez total considerando la época son variados, los tiempos de ensilaje 7, 14 y 84 son estables, disminuyendo para los tiempos 21 y 42 en agosto. Se observa que sin ensilar en el tiempo 0 la acidez total resulto ser mayor en agosto.

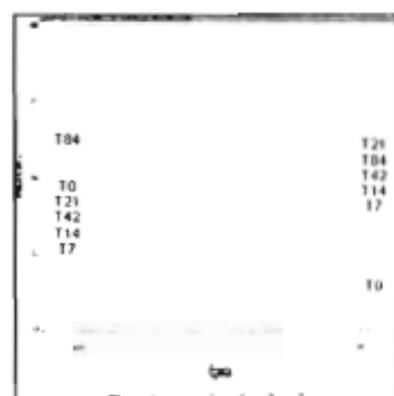
En la concentración de AGCC los valores para épocas son variados, observando que los tiempos 14, 21 y 42 disminuyen las concentraciones en agosto. Se observa que la concentración de AGCC sin ensilar tiempo 0 resulto ser mayor en agosto.



2a. Valor de pH



2b. Acidez total (mequiv NaOH/100g)



2c. Concentración de AGCC (mmol/100g)

Figura 2. Interacciones época x días en índices fermentativos de ensilados de residuos de mango.

1, 2 y 5 expresan los ensilados de fruta de desecho con rastrojo de maíz sin o con melaza de caña de azúcar y urea. 4, 3 y 6 expresan los ensilados de residuo industrial de mango con rastrojo de maíz si o con melaza de caña de azúcar y urea. Para ver detalles ver texto.

La interacción aditivo x días de conservación se muestra en la figura 3. Para pH en todos los tratamientos disminuye logrando estabilizarse a partir del día 14 manteniendo el orden en sus valores.

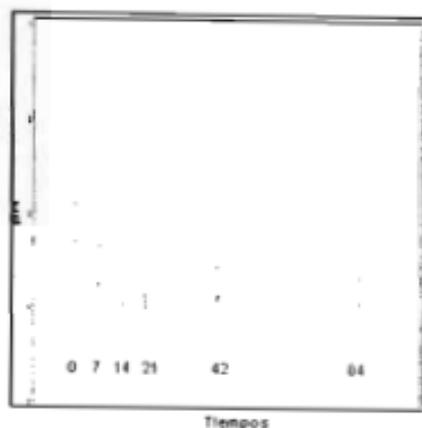
En relación a la variable acidez total todos los tratamientos aumentaron su valores hasta los días 14 y 21, a partir de estos días se observa que los valores son estables.

Mientras que para la concentración de AGCC se incremento con los tiempos de ensilajes logrando estabilizarse a los 21 días de su conservación.

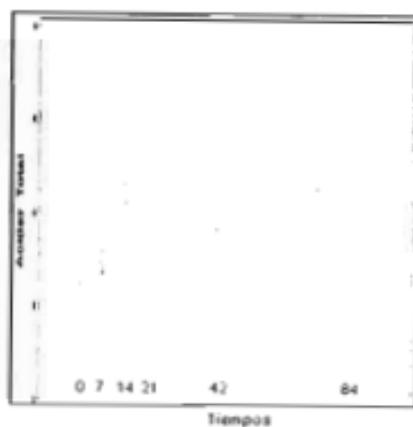
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SANTO DOMINGO



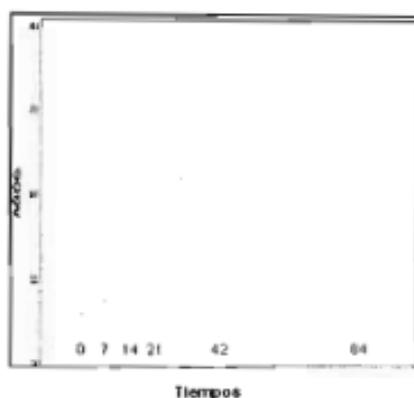
SISTEMA DE BIBLIOTECAS



3a. Valor de pH



3b. Acidez total (mequiv NaOH/100g)



3c. Concentración de AGCC (mmol/100g)

Figura 3. Interacción aditivo x días en índices fermentativos en ensilados de residuos de mango.

1, 2 y 5 expresan los ensilados de fruta de desecho con rastrojo de maíz sin o con melaza de caña de azúcar y urea. 4, 3 y 6 expresan los ensilados de residuo industrial de mango con rastrojo de maíz si o con melaza de caña de azúcar y urea. Para detalles ver texto.

En la figura 4 se observan el agrupamiento de la interacción aditivo x días en la época de junio considerando en conjunto las variables fermentativas. En el eje de las Y el componente 1 indica la cantidad de pH, el componente 2 se indica en el eje de las X para los valore de NH_3 , AGCC y acidez total.

Considerando menores pH y mayor concentración de AGCC y acidez total los tratamientos 1, 5 y 6 a los 14 y 21 días de conservación presentaron el mejor balance en sus características fermentativas.

En la figura 5 se observan el agrupamiento de la interacción aditivo x días en la época de agosto considerando en conjunto las variables fermentativas. En el eje de las Y el componente 1 indica la cantidad de pH, acidez total y AGCC, mientras que el componente 2 se indica en el eje de las X para los valore de NH_3 .

Considerando menores pH y mayor concentración de AGCC y acidez total los tratamientos 2, 5 y 6 a los 14, 21 y 84 días de conservación presentaron el mejor balance en sus características fermentativas.

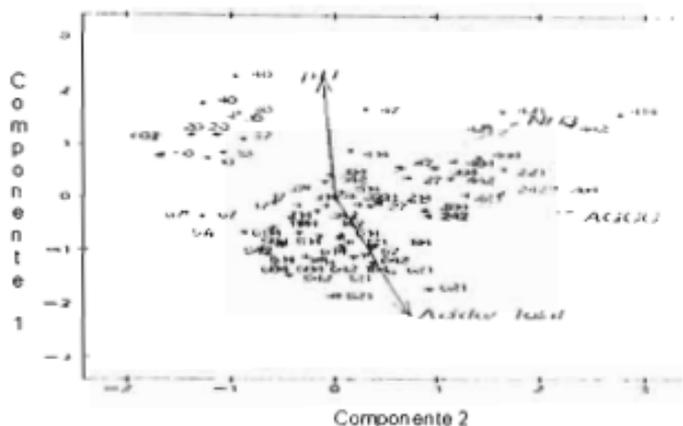


Figura 4. Interacción aditivo x días, agrupamiento de componentes principales de índices fermentativos de ensilados de residuos de mango al inicio de época (Junio). Para ver detalles ver texto.

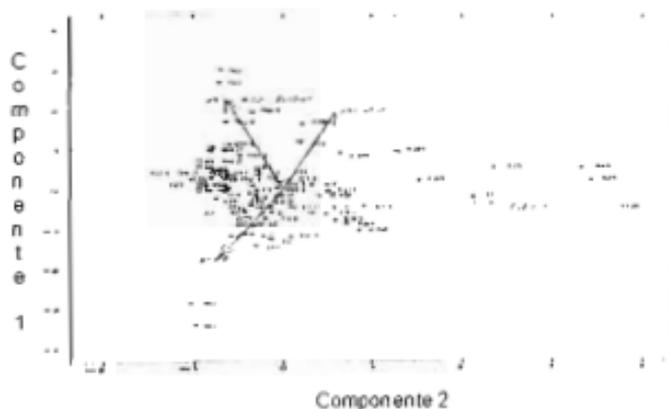


Figura 5. Interacción aditivo x días, agrupamiento de componentes principales de índices fermentativos de ensilados de residuo de mango al final de época (Agosto). Para detalles ver texto.

4.2.3.- Interacciones entre efectos principales

Es complicado dar una interpretación a los resultados de este experimento debido a la complejidad de las interacciones encontradas, que por otra parte, son generalmente observadas en estudios de residuos convencionales de plantas procesadoras de alimentos, como Serena y Bach Knudsen (2007), quienes hallaron un efecto importante de época en el contenido de cenizas, y en consecuencia, de materia orgánica, en distintos subproductos de la industria alimentaria. Serena y Bach Knudsen (2007), han sugerido que cambios en el proceso tecnológico pueden ser la causa de las diferencias encontradas en los residuos o subproductos alimentarios. Igualmente, en un estudio más específico de índices fermentativos en ensilados de mango con niveles variables de distintos aditivos fibrosos, Filho *et al.* (2010), observaron interacciones significativas para el contenido de MS, FDN, FDA y lignina cuando determinaron la composición química en muestras de 70 días de conservación. A continuación, se discuten los efectos principales correspondientes a las medidas evaluadas en la presente investigación.

4.2.4.- Efecto de temporada

Merece destacarse que aparentemente los ensilados preparados en agosto mostraron una mejor calidad que los de junio, al menos desde el punto de vista fermentativo, sobre todo por presentar menores valores de pH y NH_3 . A este respecto, McDonald *et al.* (1991), han sugerido que los ensilados de buena calidad deben tener un pH por debajo de 4.2, como los hallados aquí fundamentalmente en agosto. En este sentido, los valores de pH por encima de 4.2 pudieran estar indicando un proceso fermentativo sin predominio de bacterias lácticas, que son esenciales para la acidificación efectiva del medio. Sin embargo, a juzgar por los bajos contenidos de NH_3 en los ensilados, muy por debajo del 12% del total del N, es permitido suponer que en ningún caso ocurrió una degradación notable de los compuestos nitrogenados por bacterias del género *Clostridium* (Jonsson, 1989). Un contenido de nitrógeno amoniacal por encima del 12% del total es síntoma

inequívoco de una menor calidad de los silos (McDonald *et al.*, 1991). Es posible que en estos resultados exista cierto grado de influencia de la urea añadida a la mezcla, que contribuiría a elevar el pH, sobre todo en los momentos iniciales del proceso fermentativo, a los tiempos de 0 y 7 días. Aguilera *et al.* (1997), informaron que en ensilados de mangos similares a los confeccionados en este experimento observaron valores de pH más altos, entre 5.0 y 4.9 cuando la urea estaba incluida en la fórmula, en comparación con el caso en que estaba ausente, con cifras de entre 4.9 y 4.4. Esto estuvo evidentemente asociado con dos hechos, la capacidad amortiguadora de la urea y la concentración de NH_3 generado por esta misma urea, que fue aproximadamente ocho veces superior en el ensilado que contenía urea con respecto al ensilado sin urea.

Se ha sugerido que los ensilados tropicales pueden tener un pH más alto que los de un clima templado (Cathpoole y Hentzel, 1971), entre 4.2 y 5.0 de acuerdo con McDonald, (1981). De acuerdo con este criterio, se han informado ensilados tropicales con pH por encima de 4.2 (Panditharatne *et al.*, 1986; Rojas-Bourrillon *et al.*, 1998). A este respecto, no se conocen los factores que gobiernan la caída del pH, pero algunos autores se inclinan por considerar que en el trópico pudiera predominar la formación de ácido acético sobre la de ácido láctico (Cathpoole y Hentzel, 1971; Panditharatne *et al.*, 1986).

Los cambios en las características fermentativas (Guzmán *et al.*, 2010b) de los ensilados de ambas épocas de cosecha, es posible que estuvieran influidos por la naturaleza de las frutas utilizadas, que mostraron ciertas diferencias según se cosecharan en junio o en agosto (Guzmán *et al.*, 2010a). La temperatura ambiental pudiera ser un factor que podría haber modificado el proceso fermentativo (McCullough, 1975; McDonald *et al.*, 1991), pero aún así, en la presente investigación no hubo evidencia de cambios notables en la temperatura ambiental entre días aunque sí la hubo en el ciclo diario (*vide supra*). Se sabe que existen factores de manejo agronómico que pueden verse reflejados en el rendimiento y características de las frutas (Yeshitela *et al.*, 2005; Quijada *et al.*, 2009), lo que no

fue objeto de la presente investigación. Igualmente pudieran existir factores inherentes a cambios en el proceso de extracción de la parte de interés económico en las frutas (Serena y Bach Knudsen 2007).

En la actualidad no se cuenta con antecedentes útiles en el caso de la variedad de la fruta examinada. Esto puede ser atribuible al período relativamente corto de la duración de la estacionalidad de esta fruta, la cual se circunscribe a tres meses, que va del mes de junio al de agosto en Nayarit. En la Florida, lugar de origen de la variedad cultivada examinada, se ha referido que junio y julio son los meses de maduración de los mangos Tommy Atkins, aunque en algunas temporadas ello puede ocurrir en el mes de agosto (Campbell, 1973; Campbell y Campbell, 1993). Este período de tiempo es similar al indicado en el sur de Sinaloa, al norte de Nayarit, por Guzmán-Estrada, (1997) o en el mismo Nayarit (Pérez *et al.*, 2006, 2009).

4.2.5.- Efecto de tiempo de conservación

Es importante destacar que en general todos los ensilados se estabilizaron a partir de los 14 y 21 días de su elaboración, en sus índices fermentativos. Es interesante señalar que el pH disminuyó al principio para estabilizarse a los 14 días, pero la concentración de NH_3 junto con la de AGCC totales se elevó paulatinamente hasta el final del tiempo de ensilado. Un comportamiento parecido fue observado anteriormente por Aguilera *et al.* (1997), en los ensilados de mangos. En este sentido, Rego *et al.* (2010), encontraron que aún con valores de pH oscilando en un rango apropiado, el NH_3 fue alto, más allá del 12% del N total. Por su parte, Whittenbury *et al.* (1967), asociaron esta rápida caída inicial del pH de los ensilados con el no incremento en la concentración de N amoniacal y de ácido butírico, debido a la inhibición de algún tipo de microflora indeseable.

4.2.6.- Efecto de aditivos

Según Bolsen *et al.* (1996), el objetivo fundamental de los aditivos que se incluyen en la preparación de los silos, es poseer una alta concentración de carbohidratos fermentables, baja capacidad amortiguadora, materia seca cercana al 30%, y bacterias lácticas adecuadas. Es interesante señalar, que se han utilizado residuos de mango como aditivo a materiales a ensilar más convencionales, con vistas a alcanzar índices adecuados en los silos (Filho *et al.*, 2010; Rego *et al.*, 2010), y viceversa, éstos con diferentes aditivos (Filho *et al.*, 2006, 2010). Éste último tipo de ensilados han sido los preparados en estudios mexicanos (Scotillo, 1984; Aguilera *et al.*, 1997; este experimento).

En este trabajo, junto con el rastrojo de maíz, se añadió conjuntamente urea agrícola y melaza de caña de azúcar. Se supone que la melaza en el momento de ensilar debiera producir más ácido láctico, por el suministro de carbohidratos rápidamente fermentables (McDonald *et al.*, 1991). Como resultado final, debiera ser evidente una caída en el pH de los silos. Sin embargo, esto no fue evidente en este experimento. Es probable que la acción de la urea añadida junto con la melaza fuera más influyente que ese otro aditivo.

4.2.7.- Índices químicos

El efecto de época en las características químicas de los microsilos se presenta en el cuadro 16. Se observó que hubo efecto significativo ($P < 0.05$), de temporada en todos los índices medidos. En este sentido, tanto la concentración de MS como de materia orgánica y la proteína bruta fueron menores ($P < 0.05$), en los microsilos preparados en agosto con respecto a los de junio. En contraste, la concentración de FDN, FDA y lignina fueron superiores ($P < 0.05$), en agosto. Los cambios en las fracciones fibrosas medidas fueron tales que, el contenido de FDN disminuyó, y el de FDA aumentó en los materiales ensilados en agosto con respecto a junio.

Cuadro 16.- Características químicas en ensilados de residuos de mango Tommy Atkins. Efecto de época (por ciento en base seca).

	Junio	Agosto	EE ±
n	72	72	-
Materia seca	33.15	29.23	0.75*
Cenizas	1.92	3.07	0.09*
Materia orgánica	98.07	96.92	0.09*
FDN	64.48	69.12	0.77*
FDA	39.05	50.57	0.75*
Lignina	10.67	19.79	0.35*
Hemicelulosa	25.42	18.55	0.69*
Celulosa	28.38	30.98	0.60*
Proteína bruta, Nx6.25	11.86	9.29	0.73*

* P<0.05

El efecto del tiempo de conservación en las características químicas de los ensilados se muestra en el cuadro 17. No presento efecto significativo ($P>0.05$) de los días de conservación en la concentración de ceniza y materia orgánica. En cambio, el nivel de FND y el de FDA, al igual que el de lignina, mostró ($P<0.05$), un valor máximo a los 7 y 14 días de conservación, respectivamente. La concentración de FDN aumentó a un valor máximo 7 días después de ensilar e igualmente para la celulosa, entre 14 y 42 días de cerrarse los microsilos.

Cuadro 17.- Características químicas en ensilados de residuos de mango Tommy Atkins. Efecto del tiempo de conservación (por ciento en base seca).

	Días de ensilado						EE±
	0	7	14	21	42	84	
n	24	24	24	24	24	24	-
Materia seca	34.60 ^a	30.50 ^{bc}	30.54 ^{bc}	29.81 ^c	30.93 ^b	30.77 ^b	3.71*
Cenizas	2.38	2.45	2.50	2.35	2.68	2.61	0.41
Materia orgánica	97.61	97.54	97.49	97.64	97.31	97.38	0.41
FDN	65.65 ^o	69.61 ^a	68.70 ^{ab}	68.24 ^{bc}	67.09 ^c	64.52 ^d	2.34*
FDA	40.79 ^c	45.16 ^{ab}	46.48 ^a	45.97 ^a	46.71 ^a	43.76 ^b	3.57*
Lignina	14.02 ^b	15.42 ^a	16.04 ^a	15.77 ^a	15.82 ^a	14.30 ^a	2.52*
Hemicelulosa	21.86 ^b	24.45 ^a	22.21 ^{ab}	22.27 ^{ab}	20.37 ^b	20.75 ^b	2.65*
Celulosa	26.76 ^b	29.73 ^a	30.44 ^a	30.19 ^a	30.88 ^a	29.45 ^a	2.04*
Proteína bruta	9.06 ^d	10.67 ^c	10.90 ^b	10.67 ^c	10.62 ^c	11.36 ^a	2.34*

*P<0.05

^{abcd} Medias en la misma fila sin letra en común difieren significativamente (P<0.05) entre sí

El efecto de tratamiento con aditivos en la composición química de los microsilos se muestra en el cuadro 18. Los tratamientos que no contenían melaza y urea agrícola presentaron un menor nivel de cenizas y proteína bruta, así como una mayor concentración de materia orgánica, FDN y FDA (P<0.05). Otras fracciones fibrosas, tales como FDA, hemicelulosa y lignina, fueron influenciadas (P<0.05) en el mismo sentido de acuerdo con la naturaleza de los aditivos de los productos de mango que se usaron en el experimento.

Cuadro 18.- Características químicas en ensilados de residuos de mangos variedad Tommy Atkins. Efecto del tipo de aditivo (por ciento en base seca).

	Fruta entera, %			Residuo industrial, %			EE±
	75	80 ¹	85	75	80 ¹	85	
n	24	24	24	24	24	24	-
Materia seca	32.06 ^c	27.03 ^d	26.62 ^d	35.41 ^a	32.98 ^b	33.05 ^b	0.18*
Cenizas	3.10 ^a	2.21 ^b	2.38 ^b	2.75 ^a	2.27 ^b	2.75 ^b	0.38*
Materia orgánica	96.89 ^b	97.78 ^a	97.81 ^a	97.24 ^b	97.72 ^a	97.74 ^a	0.38*
FDN	66.84 ^b	70.66 ^a	64.42 ^c	66.03 ^b	69.47 ^a	63.39 ^c	2.30*
FDA	45.45 ^b	47.78 ^a	44.28 ^b	43.60 ^{bc}	45.73 ^{ab}	42.03 ^c	3.60*
Lignina	14.44 ^c	15.21 ^{abc}	15.46 ^{ab}	15.69 ^b	14.80 ^{bc}	15.79 ^a	2.54*
Hemicelulosa	21.38 ^{ab}	22.88 ^a	20.13 ^b	22.43 ^{ab}	23.73 ^a	21.36 ^{ab}	2.65*
Celulosa	31.01 ^a	32.56 ^a	28.81 ^b	27.91 ^{bc}	30.93 ^a	26.24 ^c	1.60*
Proteína bruta	12.87 ^c	5.42 ^e	14.92 ^a	11.86 ^d	4.83 ^f	13.39 ^d	1.25*

¹ No contienen urea y melaza de caña. Para detalles, ver cuadro 5

* P<0.05

^{abcdef} Medias sin letra en común en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) entre sí

4.2.8.- Efecto interacciones

El resultado de las interacciones que se estudiaron para los índices químicos se muestran en el cuadro 19. Tanto el contenido de MS como el de FDN y proteína bruta mostraron influencia significativa (P<0.05), en todas las interacciones examinadas. Lo mismo ocurrió cuando se realizó la evaluación del efecto de la interacción época x aditivos (P<0.05). Con excepción del contenido de cenizas y materia orgánica, la interacción época x días de conservación fue significativa (P<0.05), en todos los índices evaluados. Algo similar se hizo evidente para la interacción aditivos x días. Por otra parte no se encontró efecto significativo (P>0.05), en la interacciones época x aditivos x días en el caso de la ceniza y la materia orgánica, junto con el contenido de celulosa.

Cuadro 19.- Interacciones en índices químicos de productos de mangos ensilados.

Interacciones	MS	Cz	MO	FDN	FDA	Lig	PB	Cel	Hem
Época x aditivos	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Época x días ¹	*	NS	NS	*	*	*	*	*	*
Aditivos x días	*	NS	NS	*	NS	*	*	NS	*
Época x aditivos x días	*	NS	NS	*	*	*	*	NS	*

¹ Tiempo de conservación de los microsilos

*P<0.05

En las figuras 6, 7, 8 y 9 se muestran los detalles de las interacciones en los índices químicos encontradas en este experimento. En la figura 6 se puede apreciar las interacciones época x aditivo de los índices químicos de los ensilados de residuos de mango. En lo que respecta a la concentración de MS%, se observa que la concentración de esta fue menor en agosto con respecto a junio, así mismo es importante destacar que los tratamientos 3, 4 y 6 los cuales estaban hechos a base de residuo industrial fueron los que mayor porcentajes de MS% presentaron tanto al inicio y final de época.

Para la concentración de cenizas%, se puede observar como los tratamientos realizados al final de época (agosto), mostraron una mayor concentración con respecto a los de inicio de época (junio). En relación a la concentración de MO%, los valores se comportaron de forma variada de igual manera se pudo apreciar que los ensilados realizados al inicio de época, mostraron un mayor contenido en contraste con los que se realizaron al final de la época.

La concentración de FDN y FDA, tanto al inicio y final de época, estuvo dentro de los rangos informados por Aguilera *et al.* (1997), sin embargo en la interacción época x aditivo se puede observar como los ensilados hechos al inicio de época mostraron los valores más altos.

En cuanto a la concentración de PB, los tratamientos mostraron un comportamiento variado donde los valores más bajos los obtuvieron los tratamientos 5 y 6 los cuales no contenía melaza y urea en ambas épocas (inicio – final).



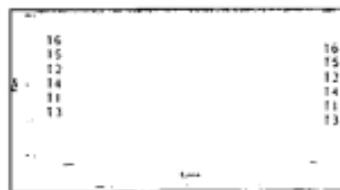
6a. Concentración de MS%



6b. Concentración de cenizas %



6c. Concentración de MO%



6d. Concentración de FDN%



6e. Concentración de FDA%



6f. Concentración de PB%

Figura 6. Interacciones época x aditivo en índices químicos de ensilados de residuos de mango.

1, 2 y 5 expresan los ensilados de fruta de desecho con rastrojo de maíz sin o con melaza de caña de azúcar y urea. 4, 3 y 6 expresan los ensilados de residuo industrial de mango con rastrojo de maíz si o con melaza de caña de azúcar y urea. Para detalles ver texto.

En la figura 7 se muestran las concentraciones de lignina, celulosa y hemicelulosa %, de las interacciones época x aditivo en los Índices químicos de los ensilados de residuos de mango.

En lo que respecta a la concentración de lignina%, los valores fueron variados en donde la concentración de ésta fue menor en los ensilados de la época de inicio (junio). La concentración de celulosa mostro una mayor concentración en los ensilados realizados en el mes de agosto, cabe destacar que los tratamientos de ambas épocas mostraron un comportamiento similar a excepción del tratamiento 2 el cual tuvo su mayor concentración en agosto.

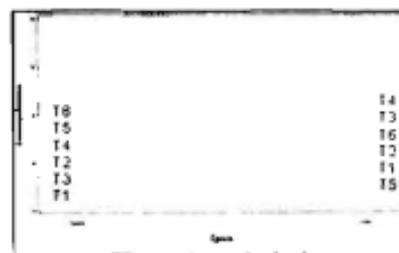
En hemicelulosa% se observo un alto índice de concentración en junio con respecto al mes de agosto, esto puede explicar el por qué los ensilados del mes de agosto mostraron una mejor calidad fermentativa.



7a. Concentración de lignina %



7b. Concentración de celulosa %



7c. Concentración de hemicelulosa %

Figura 7. Interacciones época x aditivo en índices químicos de ensilados de residuos de mango.

1, 2 y 5 expresan los ensilados de fruta de desecho con rastrojo de maíz sin o con melaza de caña de azúcar y urea. 4, 3 y 6 expresan los ensilados de residuo industrial de mango con rastrojo de maíz si o con melaza de caña de azúcar y urea. Para detalles ver texto.

En la figura 8 se puede observar las interacciones época x días en los índices químicos de los ensilados de residuos de mango. En lo que respecta a MS% los tratamientos realizados al inicio de época fueron más altos en comparación con los del final, lográndose estabilizar a partir del día 14 de conservación.

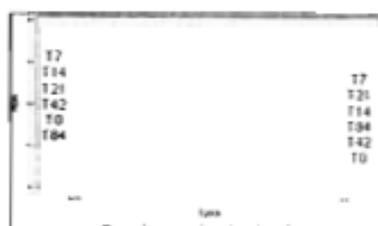
Para el caso de FDN, FDA y lignina la tendencia de incremento se presentó en los ensilados que correspondieron al final de época.

Correspondiente a la concentración de PB%, se observó que los ensilados de inicio de época tuvieron una mayor concentración, esto sin considerar el tipo de aditivo utilizado, lográndose estabilizar para ambas épocas en los tiempos 14 y 21.

En cuanto a la concentración de celulosa y hemicelulosa los valores fueron variados en ambas épocas. Se observó que ambas variables lograron estabilizarse a partir del día 14 y 21 de su conservación, sin embargo para celulosa el incremento se dio al final de la temporada, no siendo así para hemicelulosa que lo mostro al inicio.



8a. Concentración de MS%



8b. Concentración de FDN %



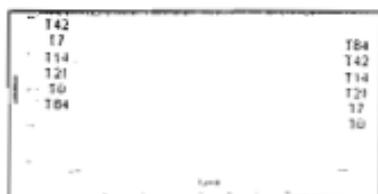
8c. Concentración de FDA%



8d. Concentración de lignina %



8e. Concentración de PB%



8f. Concentración de celulosa %



8g. Concentración de hemicelulosa %

Figura 8. Interacción época x días en índices químicos de ensilados de residuos de mango.

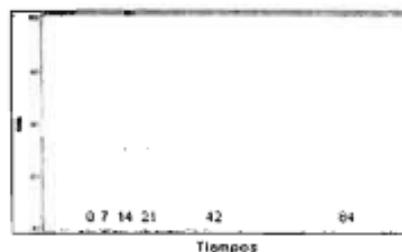
1, 2 y 5 expresan los ensilados de fruta de desecho con rastrojo de maíz sin o con melaza de caña de azúcar y urea. 4, 3 y 6 expresan los ensilados de residuo industrial de mango con rastrojo de maíz si o con melaza de caña de azúcar y urea. Para detalles ver texto.

En la figura 9 se muestra las interacciones aditivo x días en los índices químicos en los ensilados de residuos de mango. La concentración de MS, FDN, lignina, PB y hemicelulosa %, los valores de los tratamientos fueron variados para ambas épocas (junio y agosto), logrando una estabilidad a partir del día 14 y 21 de su conservación.

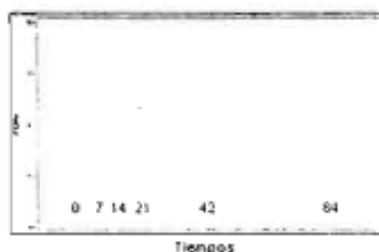
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



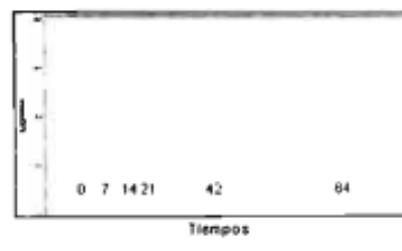
SISTEMA DE BIBLIOTECA



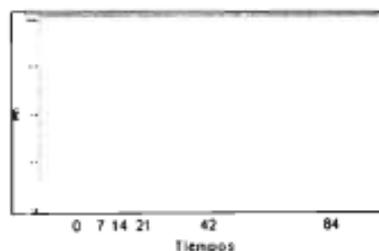
9a. Concentración de MS%



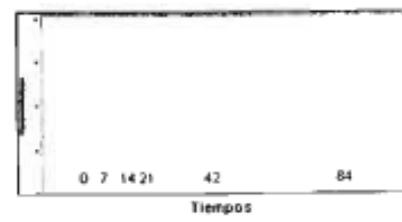
9b. Concentración de FDN%



9c. Concentración de lignina %



9d. Concentración de PB%



9e. Concentración de hemicelulosa %

Figura 9. Interacción aditivo x días en índices químicos en ensilados de residuos de mango.

1, 2 y 5 expresan los ensilados de fruta de desecho con rastrojo de maíz sin o con melaza de caña de azúcar y urea. 4, 3 y 6 expresan los ensilados de residuo industrial de mango con rastrojo de maíz si o con melaza de caña de azúcar y urea. Para detalles ver texto.

4.2.9.- Interacciones entre efectos principales

Una evaluación detallada de las interacciones observadas en este trabajo fue realizada por Guzmán (2010), utilizando para ello un tamaño de población mayor, lo que probablemente hizo disminuir la variabilidad de la misma. Es importante destacar que la concentración de MS de los silos, aunque influida por distintos factores, siempre estuvo dentro del rango generalmente aceptado para los ensilados de buena calidad (McDonald *et al.*, 1991). En general, el contenido de pared celular y el de otras fracciones fibrosas fue siempre alto, en coincidencia con los resultados de Aguilera *et al.* (1997), quienes trabajaron con ensilados de mango criollo mexicano. Lo anterior, como resultado de incluir al silo un 25% de rastrojo de maíz con el objetivo de incrementar su contenido de MS.

Los rastrojos añadidos a los silos contribuyeron con aproximadamente el 45 a 50% del monto de MS de los mismos. En el caso particular de la concentración de proteína, se hizo evidente la necesidad de aportar alguna fuente de N a los ensilados, debido al bajo contenido nitrogenado tanto de los rastrojos de maíz como de los productos de mango (Guzmán, 2010). A continuación se discute en detalle el efecto de los distintos efectos principales considerados en este estudio.

4.2.10.- Efecto de temporada

En el presente trabajo, aunque ligeras, se observaron diferencias entre inicio y final de temporada de procesamiento de los mangos, en las características de los materiales ensilado. La concentración de MS fue menor en agosto que en junio, pero en ambos casos, los valores registrados estuvieron dentro del rango recomendado, 25-35%, para caracterizar un ensilado de calidad adecuada (McCullough, 1975). En este sentido, McDonald *et al.* (1991), recomiendan un mínimo de 30% de MS para minimizar el crecimiento indeseable de clostridios. De la misma forma, Muck (1988), indicó que con el aumento en la concentración de MS, decrece progresivamente la actividad acuosa, lo que reduce proporcionalmente el crecimiento de

microorganismos como los *clostridios*. Por otra parte, la concentración de FDN, tanto al principio como al final de temporada, estuvo en el rango de las cantidades informadas por Aguilera *et al.* (1997), para ensilados de mango criollo mexicano con rastrojos de maíz. En lo relativo al nivel de proteína bruta, los datos de esta investigación concuerdan con los valores extremos publicados por Aguilera *et al.* (1997), para ensilados de mangos sin urea (5.9-6.3%) o con urea (21.5-21.8%).

Es posible que los cambios en las características químicas de los ensilados de ambas épocas de cosecha, estuvieran influidos por la naturaleza de las frutas utilizadas ya que mostraron ciertas diferencias según se cosecharan en junio o en agosto (Guzmán *et al.*, 2010b).

De hecho, en la actualidad no se cuenta con antecedentes útiles en el caso de la variedad de fruta examinada. Esto puede ser atribuible al periodo relativamente corto de la duración de la estacionalidad de esta fruta, la cual se circunscribe a tres meses, que va del mes de junio al de agosto en el estado de Nayarit. En la Florida, lugar de origen de la variedad cultivada estudiada, se ha referido que junio y julio son los meses de maduración de los mangos Tommy Atkins, aunque en algunas temporadas ello puede ocurrir en el mes de agosto (Campbell, 1973; Campbell y Campbell, 1993). Este periodo de tiempo es similar al indicado en el sur de Sinaloa, al norte de Nayarit, por Guzmán-Estrada, (1997) o en el mismo Nayarit (Pérez *et al.*, 2006, 2009).

4.2.11.- Efecto de tiempo de conservación

Es importante destacar que en general todos los ensilados se estabilizaron en sus índices químicos, a partir de los días 7 y 14 días de su conservación. Por otra parte, entre 0 y 7 días de conservación, la concentración de MS en los ensilados cayó de 34.6 a 30.5%, y a partir de ese momento se mantuvo invariable hasta los 84 días de conservación.

Solamente se observaron pequeñas variaciones evidentes en el nivel de FDN y celulosa en los ensilados a lo largo del proceso de conservación, mientras que el resto de los índices químicos medidos se mantuvo constante. Aguilera *et al.* (1997), informaron una respuesta similar en la concentración de FDN del ensilado de mango por ellos evaluados. En este sentido, se ha asegurado que durante el proceso de ensilado, tanto la celulosa como la lignina se mantiene invariable (Van Soest, 1994), en coincidencia con lo observado en este experimento; mientras que la hemicelulosa parecer ser una fuente adicional de carbohidratos (McDonald *et al.*, 1991), aparte de los carbohidratos solubles que son los preferentemente fermentados (Woolford, 1984). Esto puede ser la explicación a las variaciones en el contenido de FDN encontrado en el presente estudio.

4.2.12.- Efecto de aditivos

Según Bolsen *et al.* (1996), el objetivo fundamental de los aditivos que se incluyen en la preparación de los silos, es poseer una alta concentración de carbohidratos fermentables, baja capacidad amortiguadora, materia seca relativamente baja, entre 20 y 30%, y bacterias lácticas adecuadas. Es interesante señalar, que se han utilizado residuos de mango como aditivo a materiales a ensilar más convencionales, con vistas a alcanzar índices adecuados en los silos (Filho *et al.*, 2010; Rego *et al.*, 2010), y viceversa, éstos con diferentes aditivos (Filho *et al.*, 2006). A éste último tipo de ensilados han sido los preparados, similar al presente experimento, en estudios previos realizados en México (Scotlillo, 1984; Aguilera *et al.*, 1997).

Evidentemente, la inclusión de rastrojo de maíz en los ensilados preparados determinó una elevación de la concentración de la MS de los microsilos, tanto en los tres tratamientos con fruta desechada como en los otros tres con residuo industrial de mangos. Paralelamente, este rastrojo pudo actuar como un material absorbente de efluentes de los ensilados, tal como se indicó anteriormente (Aguilera *et al.*, 1997). Las proporciones de productos de mango: rastrojo de maíz igual a 85:10 y 75:20 en base fresca determinaron una concentración de MS que se mantuvo dentro

del rango considerado óptimo en la preparación de silos (McDonald *et al.*, 1991). En líneas generales, el rastrojo de maíz incluido en los silos no mostró influencia en el contenido de FDA, lignina y hemicelulosa, pero la concentración de FDN y celulosa mostraron variaciones que estuvieron asociadas con la ausencia o presencia de melaza en el material fermentado. De hecho, al incluir melaza en el silo, disminuyó la concentración de FDN y celulosa, lo que pudiera ser un efecto de inclusión en mayor o menor medida de rastrojo de maíz y melaza en el mismo material a conservar. Por otra parte, la presencia de urea en los silos determinó claramente un aumento en la concentración de proteína bruta en el producto ensilado. Los ensilados de mangos sin urea mostraron niveles muy bajos de proteína bruta, 4.82 y 5.42%, los cuales parecen ser inconvenientes para ser suministrados a rumiantes (Rojas *et al.*, 1995).

En resumen, dada sus características fisicoquímicas, tanto los ensilados de frutas de desecho como residuos industriales de mangos, con un contenido de rastrojo de maíz entre 10 y 20%, y enriquecidos (BH) con 3 de urea agrícola y 2% de melaza de caña de azúcar, tiene un uso potencial en la alimentación de rumiantes. Los silos de desechos de mangos pueden ser usados a partir de los 21 días de ser preparados y en condiciones como las descritas en este trabajo, serán de mejor calidad si se preparan al final de la temporada de la fruta, que a su comienzo. Dado su potencial, estos ensilados de mango debieran ser evaluados en pruebas de comportamiento y de determinación del valor nutritivo en animales rumiantes.

4.3.- Digestibilidad *in situ* de seis ensilados de residuos de mango de la variedad Tommy Atkins

En el cuadro 20 se presentan los resultados de la prueba (digestibilidad *in situ*), desde el punto de la comparación de tratamientos dentro de cada tiempo de incubación ruminal *in situ*. Se encontró efecto 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 72 y 96 horas, y mostraron un valor promedio de 73.1 y 75.1%, respectivamente.

Cuadro 20.- Influencia del tiempo de incubación en la degradación ruminal *in situ* de la MS en ensilados de residuos de mangos Tommy Atkins (en por ciento).

n	Fruta entera, %			Residuo industrial, %			EE±
	75	80 ¹	85	75	80 ¹	85	
	4	4	4	4	4	4	-
Tiempo de incubación, hrs							
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

¹No contienen urea y melaza de caña. Para detalles, ver cuadro 5

*P<0.05

^{abc}Medias sin letra en común en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) entre sí

En el cuadro 21 se listan los datos correspondientes a los índices de la cinética de degradación ruminal *in situ* de los distintos ensilados que se estudiaron. Se observaron diferencias significativas (P<0.05) entre tipos de ensilados para las fracciones inmediatamente degradable (a) y 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 mayor contenido de residuos de mangos ensilados con respecto a los otros cuatro tipos de materiales, tendencia que fue similar para la constante c en estos dos tipos de ensilados.

Cuadro 21.- Cinética de degradación ruminal *in situ* de MS en ensilados de residuos de mangos Tommy Atkins.

	Fruta entera, % ¹			Residuo industrial, %			EE±
	75	80 ²	85	75	80 ¹	85	
n	4	4	4	4	4	4	-
Índices cinéticos							
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 ²	25.7 ^b	28.7 ^{abc}	33.8 ^{ab}	23.1 ^c	1.3*
c, %/hrs	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
DE, %	62.2 ^b	61.2 ^b	67.1 ^{ab}	62.0 ^b	62.5 ^b	69.5 ^a	0.8*

¹ Por ciento de inclusión en base fresca

² No contienen urea y melaza de caña. Para detalles, ver cuadro 5

* P<0.10; * P<0.05

^{abc} Medias sin letra en común en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) entre sí

Aunque es notorio el caudal de datos referentes a estudios de digestión ruminal *in situ* de distintos recursos alimentarios, son relativamente escasos los que conciernen a distintos productos ensilados de mango. En estudios de digestión *in situ* de ensilados de mango criollo mezclado con rastrojos de maíz, 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 digestibilidad *in vitro* de la MS medida en los mismos tipos de ensilados fue 59.1 y 60.5% respectivamente (Aguilera *et al.*, 1997). Tales datos, junto con otros anteriores publicados por Scotillo, (1984), son considerablemente más bajos que los informados en este trabajo. Otros estudios de digestibilidad *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).

La digestibilidad *in vitro* de la MS de ensilados de *Penisetum purpureum* con niveles de hasta 15% de subproductos de mangos no mostró alteraciones sustanciales en el experimento de Porras, (1989), ni tampoco en la digestibilidad aparente de MS (53.8%), cuando Cavalcante *et al.* (2006), alimentaron borregos con zacate bermuda conteniendo hasta 80% de subproducto de mango *in natura*. Aún cuando ambas

técnicas no sean intercambiables (Ceballos *et al.*, 2008), debido a cierta correspondencia entre la digestibilidad ruminal *in situ* e *in vitro* de variados forrajes (López, 2005), incluidos los tropicales (Giraldo *et al.*, 2007), es lógico suponer que esta interdependencia sea válida también para los productos ensilados de mangos.

En mangos Tommy Atkins, Conde *et al.* (2010), detecto valores de degradabilidad para la cáscara y la semilla ascendentes a 99 y 54%, en ese orden. De igual forma, Pereira *et al.* (2008), determinaron 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 mezclas donde predominen cáscaras y semillas de mango, los valores de digestibilidad sean necesariamente intermedios debido a la alta indigestibilidad de la fracción fibrosa de las semillas, ricas en FDA en comparación con la cáscara (Pereira *et al.*, 2008; Guzmán *et al.*, 2010b). Es probable que en el estudio de Scottillo, (1984) y de Aguilera *et al.* (1997), los ensilados evaluados hayan sido muy ricos en fibra, haciendo por consiguiente que la digestibilidad o degradabilidad ruminal, tanto *in vitro* como *in situ* fuera 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.

En esta investigación, los tratamientos que contenían urea y un menor contenido de rastrojos de maíz parecieron determinar valores más altos para la digestibilidad ruminal *in situ* de la MS. En contraste, Rego *et al.* (2010), hallaron valores relativamente bajos para la digestibilidad aparente de ensilados de zacate elefante y residuos industriales de mango. Más aún, cuando los residuos de mango pasaron de 0 a 16% en la mezcla, la digestibilidad aparente fue de 51.1 a 43.8%. Es posible que en estos resultados haya influido el nivel de proteína de los ensilados (5.1 a 6.1%). A este respecto, Sruamsiri y Silman (2009), encontraron 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.

Los datos relativos a la cinética de degradación ruminal *in situ* sugieren que los ensilados con mayor proporción de productos de mangos, ya fuera fruta o residuo industrial, mostraron una degradación de la MS más rápida (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 alta que la informada con otros recursos alimentarios, frutos arbóreos no convencionales, evaluados en el trópico mexicano, y que estuvieron entre 17.5 y 29.6% (Miranda *et al.*, 2008). Cuando se adicionaron niveles variables de residuos de mango a ensilados de zacate elefante, Rego *et al.* (2010), notaron que la desaparición potencial (a + b) y efectiva *in situ* en el rumen de borregos aumentó con la inclusión de los residuos de mango al 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*. Esta cifra más bien alta, también corrobora el alto aprovechamiento digestivo *in situ* que se encontró en la investigación que aquí se informa.

V.- CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la primera investigación, se considera que no hay evidencias de que el inicio y final de cosecha influyan considerablemente en características físicas y químicas de las frutas, como para considerar que estos cambios influyan decisivamente en el valor nutritivo de los mangos. Se sugiere que las partes del mango consideradas de desecho en la industria (cáscara y semilla) pueden ser un buen recurso alimentario destinado a la alimentación de animales rumiantes.

Con lo que respecta a la investigación de las características fermentativas y químicas de los ensilados a escala laboratorio, se sugiere utilizar tanto los ensilados de frutas de desecho como residuos industriales de mangos para la alimentación animal, particularmente de animales rumiantes, con un contenido de rastrojo de maíz entre 10 y 20%, a los que se debe añadir urea agrícola y melaza de caña de azúcar con 2 y 3% de inclusión, en base fresca. Los silos de desechos de mangos pueden ser usados a partir de los 21 días de ser preparados y en condiciones como las descritas en este trabajo; serán de mejor calidad si se preparan al final de la temporada de la fruta. Aunado a esto, se considera necesario hacer estudios para incluir aditivos que consigan valores de pH por debajo de 4.2 en aquellos casos en que se añada urea a los silos. Así mismo, se sugiere la adición de una fuente nitrogenada para el enriquecimiento en el contenido de proteína bruta; ya que sin este tipo de aditivo los residuos podrán tener limitaciones en su utilización en la alimentación de rumiantes.

De acuerdo a lo resultados obtenidos de la digestibilidad ruminal *in situ*, se sugiere que los ensilados de residuos de mangos mezclados con rastrojo de maíz, tal como se confeccionaron en este trabajo, se considere como alternativa de conservación que determine un aprovechamiento ruminal similar. Por otra parte, se sugiere que estos ensilados de mango debieran ser evaluados en pruebas de comportamiento en borregos alimentados con ensilados de residuos de mango, así como evaluar parámetros productivos.

VI.- LITERATURA CITADA

Abdalla, A.E.M.; Darwish, S.M.; Ayad, E.H.E. y El-Hamahmy, R.M. 2007. Egyptian mango by-products. 1. Compositional quality of mango seed kernel. Food Chemistry, 103:1134-1140

AFRC (Agricultural and Food Research Council). 1992. Technical commite on responses to nutrients: Nutritive requeriments of ruminant animal protein. Nutrition Abstrac Revier. 68:65-71

Aguilera, A.; Pérez-Gil, F.; Grande, D.; de la Cruz, I. y Juárez, J. 1997. Digestibility and fermentative characteristics of mango, lemon and corn stover silages with or without addition of molasses and urea. Small Ruminant Research, 26: p.87-91

Ajila, C.M.; Bhat, S.G. y Prasada Rao, U.J.S. 2007. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. Food Chemistry, 102:1006-1011

Anrique, R y Viveros, M. 2002. Efecto del ensilado sobre la composición química y degradabilidad ruminal de la pomasa de manzana. Arch. Med. Vet. XXXIV. 2.p. 189-197

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th edition). Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (15th edition). Washington, DC.

Assis, A.J.; de Souza, C.J.M.; de Queiroz A.C.; Valadares, F.S. de C. Euclides, R.F.; Lana, R. de P.; Rodriguez, M.A.L.; Mendes, N. J. y de Souza M.S. 2004. Citrus pulp in diets for milking cows. 2. Digestibility of nutrients in two periods of feces

collection and rumen fluid pH and ammonia nitrogen. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33:242-250

Ba Mui, N.; Xuan Dan, C. y Duy Giang, V. 2001. The effects of kinds of pineapple residue silage on its chemical composition, in sacco degradability, and influence of its partial replacement of green grass in the goats diets on some characteristics of rumen fermentation. Proceeding – Workshop on improved utilization of by-products for animal feeding in Vietnam. www.vcn.vnn.vn/sp_pape/spec_5_4_2001_10.htm.

Bistanji, G.; Hamadeh, S.; Hassan, H.; Tami, f. y Tannous, R. 2000. The potential agroindustrial byproducts as feeds for livestock in Lebanon. *Livestock Research for Rural Development*. 12 (3). www.cipav.org.coM

Beehr, O.P.; Raghuramaiah, B.; Krisnamurthy, G.V. y Giridhar, N. 1976. Utilization of mango waste: recovery of juice from waste pulp and peel. *Journal of Food Science and Technology*, 13:138-141

Bolsen, K.K.; Ashbell, G. y Weinberg, Z.G. 1996. Silage fermentation and silage additives: a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 9:483-493

Briceño, S.; Zambrano, J.; Materano, W.; Quintero, I. y Valera, V. 2005. Calidad de los frutos de mango "bocado" madurados en la planta y afuera de la planta cosechados en madurez fisiológica. *Agronomía Tropical*. 56:1-12

Brito, B.; Vaillant, F.; Espín, S.; Lara, N.; Valarezo, O.; Rodriguez, M.; Samaniego, I.; Jaramillo, M.I. y Pontón, B. 2003. Informe final del Proyecto INIAP-PROMSA IQ-CV-077 "Aplicación de nuevas tecnologías agroindustriales para el tratamiento de frutas tropicales y andinas para exportación". Quito, Ecuador. p. 90

Burgos, A.; Rivas, C.; Leal, C. y Castro, C. 2003. Evaluación del método de lavado de bolsas (manual vs lavadora) en la técnica de degradación ruminal *in situ*. Técnica pecuaria México. 41:337-342

Cámaras de Comercio de Industrias y de la Construcción de Guayaquil (CORPOCAMARAS). 1999. Estudio de Competitividad de la Cadena Productiva de Mango en el Ecuador. p. 141

Campbell, C.W. 1973. The Tommy Atkins mango. In: Proceedings of the Florida State Horticultural Society, p 348-350

Campbell, R.J. y Campbell, C.W. 1993. Commercial Florida mango cultivars. Acta Horticulturae, 241:55-59

Castellanos, R.A.; Llamas, L.G. y Shimada, A. 1999. Manual de técnicas de investigación en ruminología. Sistema de educación continua en la producción de animales. México. p. 85-108

Catchpole, V.R. y Hentzel, E.F. 1971. Silage and silage making from tropical herbage species. Herbage Abstracts, 41:215-221

Cavalcante, M.A.B.; Clementino, R.H.; Neiva, J.N.M.; Cândido, M.J.D.; Rogério, M.C.P.; De Aquino, D.C. y de Lima, D.M. 2006 Consumo e digestibilidade da materia seca de dietas contendo diferentes níveis de subproduto da manga. In: 43 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, João Pessoa, pp 3

Ceballos, A.; Noguera, R.R.; Bólvivar, D.M. y Posada, S.L. 2008. Comparación de las técnicas *in situ* de los sacos de nylon e *in vitro* (Daisy[®]) para estimar la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. Livestock Research for Rural Development, 20(7): versión electrónica disponible in <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/7/ceb107.html>

Chediy, K. y S. Lee. 2004. "Silage from by-products for smallholders". www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICUT/AGP/AGPC/gp/SILAGE/HTML/Paper6.htm

Chen, X.B. 1995. Neway Excel. An Excel application program for processing feed degradability data. Version 6. International feed resource unit. Rowet Research Institute. Aberdeen, U.K.

Church, C. D. y Pond, G. W. 1987: Fundamentos de nutrición y alimentación de animales (1ª. ed.) México, D.F.: Limusa. p. 438

Comité de Agricultura (COAG). 2007. Como enfrentarse a la interacción entre la ganadería y el medio ambiente. Tema cuatro. Disponible en: <http://www.fao.org/AG/esp/revista/0704sp2.htm>

Conde, A.; Sandoval, A.P.; Cueto, M.C.; Rojas, N.M. y Arévalo, L.M. 2010. Nutritive value and silage conservation of mango industrial by products as animal feeds in ruminants. *Journal of Animal Science*, 88(supplement 2):695

Cullison, A. E. 1979. Feeds and Feeding. Second edition. Reston Virginia 11090. USA. p. 41-42

Díaz, A. y Cobo, G. 1983. Estudio de la composición química de dos variedades de semillas de mango para la alimentación animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 17:163-170

Devendra, G. y McIeroy, C. 1986. Producción de ovinos y caprinos en los trópicos, Ed. Manual Moderno, México, D. F.

Dominguez, P.L. y Ly, J. 1978. Algunas características fermentativas de cítricos ensilados con distintas proporciones de miel final de caña. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Ganado Porcino*, 1:25-38

Duarte, O. 2002. El mango una opción para Honduras. Zamorano, Honduras. p. 29

Filho, C.; Filho, J.; Junior, A.; Freitas, R.; Souza, R. y Nunes, J. 2006. Qualidade da silagem de residuo de manga com diferentes aditivos. *Ciencia Agrotecnia*. (Lavras). 32:1537 – 1544

Filho, C.C.C.C.; Filho, J.C.S.; Junior, A.P.N.; Souza, R.M.S.; Nunes, J.A.R. y Coelho, J.V. 2010. Frações fibrosas da silagem de residuo de manga com aditivos. *Ciencia e Agrotecnia* (Lavras), 34:751-757

Food and Agriculture Organization (FAO). 2004. Agricultural data. FAOSTAT. <http://www.faostat.org>.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2006. Enfoques. Las repercusiones del ganado en el medio ambiente. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0612sp1.html>

Food and Agriculture Organization (FAOSTAT). 2005. Statistical Databases. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/>

Garcés, M.; Suarez, E.; Serna, J. y Ruiz, S. 2007. Evaluación de la calidad bromatológica del ensilaje de pasto kikuyo y mani forrajero. *Revista Lasallista de Investigación*. 3:34-37

García, A. 1997. Alimentación del ganado rumiante, Instituto de Ciencia Animal, México, D. F.

Giraldo, L.A.; Gutiérrez, L.A. y Rúa, C. 2007. Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 20:269-279

Goering, H.K. y Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook No. 379. Washinton: Agricultural Research Service- USDA.

Gonçalves, J.S.; Feitosa, J.V. y 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: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Campo Grande, p 41

Göhl, B. 1982. Tropical Feeds. FAO Animal Production and Health Paper No. 12. Roma, pp

Gutiérrez, A. J. 1991. Nutrición de rumiantes en pastoreo. Colección de textos universitarios. Universidad Autónoma de Chihuahua. p. 279

Gutiérrez, F.; Rojas. A.; Dormond. H.; Poore. M. y Wing. R. 2003. Características nutricionales y fermentativas de mezclas ensiladas de desechos de piña y avícolas. Agronomía Costarricense 27:79-89

Guzmán-Estrada, C. 1997. Fruit drop and yield of five mango cultivars of five mango cultivars in Southern Sinaloa. In: Proceedings of the 5th International Mango Symposium (U. Lavi, C. Degani, S. Gazit, E. Lahav y E. Pesis, editores). Tel Aviv, 1:459-464

Guzmán, O. 2010. Estudio de conservación de desechos de mango (*Mangifera indica* L.) para la alimentación de ovinos en el Estado de Nayarit. Tesis MSc. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, pp

Guzmán, O.; Lemus, C.; Bugarín, J.; Bonilla, A. y Ly, J. 2010a. Composición y características químicas de mangos (*Mangifera indica* L.) maduros mexicanos de Nayarit destinados a la alimentación animal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 44:

Guzmán, O.; Lemus, C.; Martínez, S.; Bonilla, J.; Plasencia, A. y Ly, J. 2010b. Ensilado de residuos de mango (*Mangifera indica* L.) para la alimentación animal. Características químicas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 44:

Hemawathy, J.; Prabhakar, J.V. y Sen, D.P. 1988. Drying and storage behavior of mango (*Mangifera indica*) and composition of kernel fat. Asian Food Journal, 4:59-63

Haro, M.J.E. y Martínez, M.F.J. 2004. "Estrategias para el aprovechamiento ganadero de subproductos agrícolas en la provincia de Almería". www.gem.es/MATERIALES/DOCUMENT/DOCUMENT/g11/d11201.htm

Hernández, H. E. J.; Franco, G. J. F. y Pedraza, O. M. R. 2002: Principales frutos en el trópico y sub trópico generadores de esquilmos con potencial para la alimentación de rumiantes en México, Revista de Producción Animal, 14: 71-72

Herrera, M.; Chin-jones, R. y Bourrillon, A. 2009. Características fermentativas y nutricionales del ensilaje del rastrojo de piña (*Ananas comosus*). Agronomía Costarricense 33: 1-15

Honig, H. y Woolford, M. K. 1980. Changes in silage on exposure to air, in: C. Thomas (ed) *Forage Conservation in the 80s*. BGS Occasional Symposium, No.11. Hurley, UK: British Grassland Society. p. 76-87

Johnson, R.A. y Winchern, O.W. 1982. Applied Multivariate statistical Analysis. Prentice-Italy, Englewood. Cliff.

- Jonsson, A. 1989. The role of yeast and clostridia in silage deterioration. Swedish University of Agricultural Science, Report No. 42. Uppsala
- Junior, J.; Miranda, N.; Rodriguez, M.; Pimentel, J. y Lobo, R. 2005. Consumo e Digestibilidade Aparente de Subprodutos do Processamento de Frutas em Ovinos. R. Bras. Zootec. 34:659-669
- Kosterman, A.J.G.H. y Bompard, J.M. 1993. The mangoes, their Botany, Nomenclature, Horticultura and Utilization. Academic Press, Londres. p. 233
- Laborem, G.; Avilán, R. y Figueroa, M. 1979. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Mangifera indica* L.). Agronomía Tropical, 29:3-15
- Larrauri, J.A.; Ruperez, P. y Borroto, B. 1996. Mango peels as a new tropical fibre: preparation and characterization. Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie, 29:729-733
- Llano, D.; López, D. y Mora, F. 2008. Potencial del ensilaje de desechos de naranja (*Citrus sinensis*). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 17:41-44
- López, S. 2005. In vitro and in situ techniques for estimating digestibility. In: Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism (J. Dijkstra, J.M. Forbes, J. France, editores). CABI Publishing International. Londres, p 87-121
- Ly, J. 2008. Fisiología Digestiva del Cerdo (C. Lemus y J. Ly, editores). Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic. p. 165
- Madhukara, K.; Nand, K.; Raju, N.R. y Srilatha, H.R. 1993. Ensilage of mango peel for methane generation. Process in Biochemistry, 28:119-123

Mayen-Mena, J. 1987. Explotación de los Pequeños Rumiantes, Ed. Trillas, México, D.F.

Maynard, L.A. y Loosli, B.S. 1975. J. Nutrición animal. Tercera edición en español. p. 374

Maynard, L.A.; Loosli, K. J.; Hintz, F. H. y Warner, G. R. 1986. Nutrición Animal (4ª Ed.). México, D. F. Mac Graw Hill.

McCullough, M.E. 1975. Nuevas tendencias en ensilaje de forrajes. Revista Mundial de Zootecnia, 15:44-49

McDonald, P. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. Journal of Agricultural Science (Cambridge), 96:251-252

McDonald, P.; Henderson, A.R. y Heron, S.J.E. 1991. The Biochemistry of Silage (segunda edición). Marlow:Chalcombe, pp 340

Mehrez, A.Z. y Orskov, E.R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. Journal of Agricultural Science, 88:645-650

Melo, J.; Garcia, B.; Vazquez, H.; Sosa, N.; Marrero, D.; Más, Y. y Lañez, N. 2008. Características nutritivas de los hollejos húmedos de naranja (*Citrus sinensis* cv. Valencia) mantenidos en estibas. Técnica Pecuaria Mexico. 46:183-193

Merry, R.J. 1997. Current and future approaches to biocontrol in silage. En: Proceedings of the 8th International Symposium on Forage Conservation. (8: 1997: Pohorelice). Czech Republic: Research Institute of Animal Nutrition; 1997. p. 17-27

Minson, D.J. y McLeod, M.N. 1982. The *in vitro* techniques: its modification for estimating digestibility of large numbers of tropical pasture sample. In Division of Tropical Pasture Technical paper No. 8. Research Organization, Australia. p. 1-5

Miranda, M.L.R.; Palma, J.M.; Zorrilla, J.; Mora, A. y Gallegos, A. 2008. Degradabilidad *in situ* de la materia seca de la harina del fruto de guácima, *Guazuma ulmifolia*, con dietas de frutos de especies arbóreas. Zootecnia Tropical, 26:227-230

Muck, R.E. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. Journal of Dairy Science, 71:2921-3002

Navamuel, J.; Fioranelli, S.; Capellari, A.; Revidatti, M.; Coppo, N. y Coppo, J. 2002. Ganancia de peso en vacas de invernada suplementadas con pulpa de citrus. Livestock Research for Rural Development 14(1). www.cipav.org.com

Nieves, D.; Barajas, A.; Delgado, G.; Gonzales, C. y Ly, J. 2008. Digestibilidad fecal de nutrientes en dietas con forrajes tropicales en conejos. Comparación entre métodos directo e indirecto. Bioagro 20:67 – 72

Nieves, D.; Briceño, D.; Pineda, A. y Silva, L. 2001. Digestibilidad *in vivo* de nutrientes en dietas para conejos con niveles crecientes de naranjillo (*Trichanthera gigantea*). XVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), La Habana, (en CD – ROM).

Noguera, J.R. 2002. Estudio químico. *in situ*, *in vitro* e microscópico de pared celular de cinco genotipos de sorgo cosechados en tres épocas de corte. Ph. D. Thesis. Belo Horizonte: Escuela de Veterinaria de la Universidad Federal de Minas Gerais. p.148

Noguera, R.R. y Posada, L.S. (2007). Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 20:174-182

Nunes, R.F.M.; Sampaio, J.M.M. y Rodríguez, J.A. 1991. Comportamiento de cultivares de manguera (*Mangifera indica* L.) sob irrigação na região do vale de São Francisco. Revista Brasileira de Fruticultura, 13:129-137

Odunsi, A.A. 2005. Response of laying hens and growing broilers to the dietary inclusion of mango (*Mangifera indica* L.) seed kernel meal. Tropical Animal Health and Production, 37:139-150

Ojeda, F.; Cáceres, O. y Montejo, I. 2003. Evaluación de diferentes materiales absorbentes para ensilar hollejo de cítrico. Pastos y Forrajes. 26. p. 355

Osuna, G.J.A.; Guzmán, R.M.L.; Tovar, G.B.; Mata, M. de Oca. y Vidal, M.A.V. 2002. Calidad del mango 'Ataulfo' producido en Nayarit, México. Revista de Fitotecnia, México. 25:367-374

Orskov, E.R.; DeB Hovell, F.D. y Mould, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de alimentos. Prod. Anim Trop. 5:213-223

Orskov, E.R. y McDonald, E.I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted accordig to rate of pasaje. Journal of Agricultural Science (Cambridge), 92:499-503

Panditharatne, S.; Allen, V.G.; Fontenot, J.P. y Jarasuviya, M.C.N. 1986. Ensiling características of tropical grasses as influenced by stage of growth, additive and chopping length. Journal of Animal Science, 63:197-207

Peacock, F.M. y Kirk. W.G. 2003. Comparative feeding value of dried citrus pulp, corn feed meal, and ground snapped corn for fattening steers in drylot. Florida Cooperative Extension Service. Bulletin. p. 616

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAHÍA



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

Pell, A.N.; Doane, P.H. y Schofield, P. 1997. In Vitro digestibility and gas production. In: Simposio sobre Topicos Especiais em Zootecnica, Lavras, MG. p. 109 – 132

Pereira da Silva, D.F.; Siqueiras, D.L.; Pereira, C.S.; Salomão, L.C.C. y Struiving, T.B. 2009. Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata mineira. Revista Ceres (Viçosa), 56:783-789

Pérez, M.H.; Vázquez, V. y Osuna, J.A. 2009. Floral bud development of "Tommy Atkins" mango under tropical condition in Nayarit, Mexico. In: Proceedings of the VIII International Mango Symposium (S.A. Oosthuysen, editor). Sun City, South Africa 1:

Pérez, M.H.; Vázquez, V. y Salazar, S. 2006. Defoliación de brotes apicales y su efecto en la diferenciación floral del mango "Tommy Atkins". Revista de Fitotecnia de México, 29:313-319

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. y Cruz, P.G. 2008. Composição química e cinética de fermentação ruminal de subprodutos de frutas no sul da Bahia, Brasil. Livestock Research for Rural Development, 20(1): versión electrónica disponible in: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/1/pere201.html>

Phimmasan, H.; Pok, S. y Ly, J. 2004. A note on the estimation of metabolites in hard faeces of rabbits. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 11:38-42

Porras, F.J.Z. 1989. Conservação do subproduto da manga (*Mangifera indica*) e seu aproveitamento na ensilagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*). Tesis MScI. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, pp 49

Posada, S.; Noguera, R. y Bolivar, D. 2006. Relación entre presión y volumen para la implementación de la técnica *in vitro* de producción de gases en Medellín Colombia. Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria. 19:407-414

Pradeekumar, T.; Philip, J. y Johnkutty, I. 2006. Variability in physic-chemical characteristics of mango genotypes in northern Kerala. *Journal of Tropical Agriculture*, 44:57-60

Quijada, O.; Herrero, B.; Castellano, G.; Matheus, M. y Camacho, R. 2004. Evaluación de variedades de mango (*Mangifera indica* L.). II. Producción y eficiencia productiva. *Revista de la Facultad de Agronomía (La Universidad del Zulia)*, 2:253-261

Quijada, O., Herrero, B., González, R., Casanova, A. y Camacho, R. 2009. Influencia de la poda y de la aplicación de nitrato potásico y tiosulfato potásico sobre el mango en Maracaibo, Venezuela. II. Producción e índices de eficiencia productiva. *Agronomía Tropical*, 59:289-296

Ramos, G.S.C. 2000. Principales frutos del trópico y sub trópico. *Arboricultura, Enciclopedia práctica de la Agricultura*, Ed. Océano, Madrid, España.

Ramteke, R.S.; Vijayalakshmi, M.R. y Eipeson, W.S. 1999. Processing and value addition to mangoes. *Indian Food Industry*, 18:155-163

Rego, M.M.T.; Neiva, J.N.M.; Rego, A.C.; Cândido, M.J.D.; Carneiro, M.S.S. y Lobo, R.N.B. 2010. Chemical and bromatological characteristics of elephant grass silages containing a mango by-product. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39:81-87

Rojas, A.; Gómez, M. y Aguirre, D. 1995. Caracterización nutricional y digestibilidad in vitro del ensilaje de mezclas de frutos de pejobaje (*Bactris gasipaes*) y morera (*Morus alba*). *Agronomía Costarricense*, 19:39-43

Rojas-Bourrillon, A.; Ugalde, H. y Aguirre, D. 1998. Efecto de la adición de fruto de pejobaye (*Bactris gasipaes*) sobre las características nutricionales del ensilaje de pasto gigante (*Pennisetum purpureum*). *Agronomía Costarricense*, 22:145-151

Sá, C.; Neiva, J.; Gonçalves, J.; Cavalcante, M. y Lobo, R. 2007. Composicao bromatológica e características fermentativas de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) con niveis crescentes de adicao do subproduto da Manga (*Mangifera indica* L.). Revista Ciencia Agronómica, 38:199-203

Sampaio, I.B.M. 1988. Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants. Tesis DrSci. Universidad de Reading. Reading, pp 214

Scotillo, F.V.G. 1984. Factibilidad, evaluación y digestibilidad in vitro del ensilaje de mango con la adición de rastrojo de maíz. Tesis. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, pp

Serena, A. y Bach Knudsen, K.E. 2007. Chemical and physical characterisation of co-products from the vegetable food and agroindustries. Animal Feed Science and Technology, 139:109-124

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2008. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Producción Agrícola 2006.http://www.siap.gob.mx/agricola_siap/entidad/index.jsp

Siller, C.J.; Muy, D.; Báez, B.; Araiza, E. e Ireta, A. 2009. Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. Revista de Fitotecnia. México. 32:45 – 52.

Sistema de Información Comercial Mexicano (SICM). 2008. Consumo nacional aparente y consumo *per capita* de mango. <http://w4.siap.sagarpa.gob.mx>

Sruamsiri, S. y Silman, P. 2009. Nutritive value and nutrient digestibility of ensiled mango bay-products. Maejo International Journal of Science and Technology, 3:371-378

Statistical Analysis System (SAS). 2003. User's Guide. SAS Institute In Company Cary (North Carolina).

Stedile, R.; Beck, C.; Nóbrega, F.; Filho, A.; Ferreira, M.; Alievi, M.; Schiochet, F.; Bordin, A.; Gonzalez, P. y Lampert, M. 2008. Rumenostomia com colocacao de canula flexivel em ovinos. *Acta Scientiae Veterinarie*. 36:35-38

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. y Dickey, M. 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. MacGraw-Hill Book Company In Company (second edition). New York. p. 666

Theodorou, M.K.; Williams, B.A.; Dhanoa, M.S.; Mc Allan, A.B. y France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48:185-197

Tilley, J.M.A. y Terry, R.A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, 18:104-111

Torres, G.; Arbaiza, T.; Carcelén, F. y Lucas, O. 2009. Comparación de las técnicas *in situ*, *in vitro* y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*; 20:5-9

Vanzant, S.E.; Corchran, C.R. y Titgemeyer, C.E. 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminal feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science*. 76:2717-2729

Van Soest, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Ruminant metabolism, nutritional strategies the cellulolytic fermentation and chemistry of forages and plant fibers. Oliverly and Boyd Books Incompany. Londres, p.24

Van Soest, P.J. y Robertson, J.B. 1985. Analysis of forages and fibrous foods. Cornell University press, New York, USA. p. 165

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant (segunda edición). Cornell University. Ithaca, pp 476

Weinberg, Z.G. y Muck, R.E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. En: FEMS Microbiology Reviews. 19:53-68

Whittenbury, R.; McDonald, P. y Bryan-Jones, D.J.A. 1967. A short review of some biochemical and microbiological aspects of silage. Journal Science of Food and Agriculture, 18:441-444

Woolford, M.K. 1984. The Silage Fermentation. New York, pp 305

Wu, J.S.B.; Chen, H. y Fang, T. 1993. Mango juice. In: Fruit Juice Processing Technology IS. Nagy, C.S. Chen & P.E. Shaw, editores). Auburndale:Agscience In Company, p 620-655

Yeshitela, T.; Robbert, P.J. y Stassen, P.J. 2005. Effect of pruning on flowering, yields and fruit quality in mango (*Mangifera indica* L.). Australian Journal of Experimental Agriculture, 45:1325-1330