



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
DES CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**Estrategia de Suplementación con Base en el Uso de la Melaza en
Ovinos Alimentados con Forraje de Baja Calidad**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
TROPICAL**

Por

M.V.Z. ÁNGEL FERNÁNDEZ MÉNDEZ

Director de Tesis

DR. RENÉ PINTO RUÍZ

Villaflores, Chiapas, México

Febrero, 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V
DIRECCIÓN



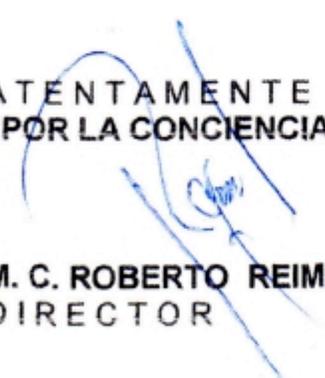
VILLAFLORES, CHIAPAS
24 DE ENERO DE 2018
OFICIO N° D/18/18

C. ÁNGEL FERNÁNDEZ MÉNDEZ
MAESTRANTE EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
P R E S E N T E.

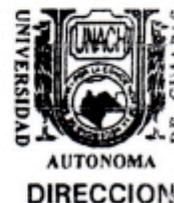
En atención a que usted ha presentado los votos aprobatorios del Honorable Jurado, designado para su evaluación profesional, de la tesis titulada: **“Estrategia de suplementación con base en el uso de la maleza en ovinos alimentados con forraje de baja calidad”**, por este conducto le comunico que se le autoriza la impresión del documento, de acuerdo a los lineamientos vigentes de la Universidad.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR”


M. C. ROBERTO REIMUNDO COUTIÑO RUIZ
DIRECTOR

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRONOMICAS



C. c. p. Archivo

DEDICATORIAS

A mi esposa; Tania Jiménez González, que es parte fundamental en mi vida y que siempre está conmigo en los momentos buenos y malos.

A mi padre; Tranquilino Fernández Molina, que siempre ha mostrado su apoyo incondicional y consejos que me han sido de bien.

A mi madre; Blanca Lidia Méndez Salcedo, que con su amor, paciencia y sobre todo enseñanza me ha guiado por el buen camino.

A mi familia que siempre ha estado conmigo en todo momento, mostrándome su amor y preocupación hacia mí.

Y a todos aquellos en general, que directa e indirectamente formaron parte de este proyecto. ¡GRACIAS POR CREER EN MÍ!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por darme el privilegio de ser becado en estos dos años de investigación.

A la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) y especialmente a la Facultad de Ciencias Agronómicas (CUTT San Ramón) por ser parte de este proyecto y pieza importante en su realización.

Al Colegio de la Frontera Sur por el apoyo brindado en este proyecto.

A mi comité tutorial por guiarme en la realización de esta tesis.

Al Cuerpo Académico Agroforestería Pecuaria, que fueron un eje importante en la realización de este proyecto.

Al Dr. René Pinto Ruiz por ser parte medular en este proyecto, agradezco cada uno de sus consejos, observaciones y llamadas de atención, que sin ellos no hubiera sido lo mismo, infinitas gracias.

Sinceros agradecimientos al Dr. Francisco Guevara Hernández, Dr. Alejandro Ley de Coss, Dr. Benigno Ruiz Sesma, M.C. Roselia Ramírez Díaz, M.C. Noé Alejandro Ruíz Orantes y compañeros de maestría y todos aquellos que formaron parte de este trabajo de investigación, que hoy llego a su conclusión; ¡MUCHAS GRACIAS!



FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS CAMPUS V
Agroforestería Pecuaria

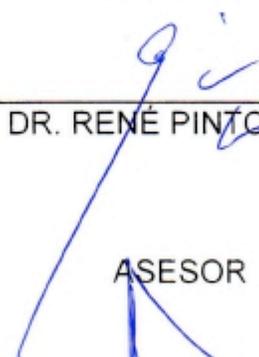


La presente tesis titulada, **Estrategia de Suplementación con Base en el Uso de la Melaza en Ovinos Alimentados con Forraje de Baja Calidad**, forma parte del proyecto de investigación “ *Integración de subproductos agropecuarios en la alimentación de los sistemas ganaderos del trópico seco*” registrado en la Coordinación de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias Agronómicas, bajo la dirección del Dr. René Pinto Ruiz y registrada en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Producción Animal, Ambiente e Innovación local del Cuerpo Académico en Agroforestería Pecuaria.

Esta tesis titulada **Estrategia de Suplementación con Base en el Uso de la Melaza en Ovinos Alimentados con Forraje de Baja Calidad**, fue realizada por el M.V.Z. Ángel Fernández Méndez, bajo la dirección y asesoría del Comité Tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**.

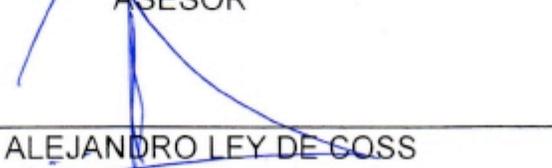
COMITÉ TUTORIAL

DIRECTOR



DR. RENÉ PINTO RUÍZ

ASESOR



DR. ALEJANDRO LEY DE COSS

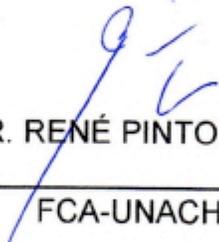


FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS CAMPUS V
Agroforestería Pecuaria

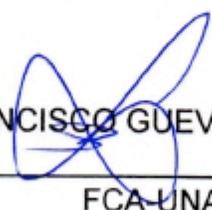


Esta tesis titulada **Estrategia de Suplementación con Base en el Uso de la Melaza en Ovinos Alimentados con Forraje de Baja Calidad**, fue realizada por el M.V.Z. Ángel Fernández Méndez, bajo la dirección y asesoría del Comité Tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**.

COMISIÓN REVISORA


DR. RENÉ PINTO RUIZ

FCA-UNACH


DR. FRANCISCO GUEVARA HERNÁNDEZ

FCA-UNACH



FMVZ-UNACH

DR. BENIGNO RUÍZ SESMA



FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS CAMPUS V
Agroforestería Pecuaria



PUBLICACIONES DERIVADAS DE ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Congreso internacional AGROCENTRO. 2016 en Santa Clara, Republica de Cuba. Universidad Central de las Villas, Martha Abreu **“Uso de las excretas avícolas, Chiapas, México”**.

Asociación Mexicana para la Producción y Seguridad Alimentaria. A.C. (AMPA), XLIV Reunión 2017 en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. **“PRODUCCION, CALIDAD Y ENRIQUECIMIENTO DE LA MELAZA PRODUCIDA EN CHIAPAS”**

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Características generales	3
2.2 Subproductos	3
2.2.1 Mieles	3
2.2.2 Cachaza	3
2.2.3 Bagazo de Caña.....	3
2.3 Melaza De Caña De Azúcar	4
2.3.1 Definición.....	4
2.3.2 Proceso de Obtención	4
2.3.3 Almacenamiento.....	5
2.3.4 Preparación y Extracción del Jugo	5
2.3.5 Clarificación	5
2.3.6 Evaporación.....	6
2.3.7 Cristalización	6
2.3.8 Centrifugación	6
2.3.9 Clasificación	7
2.3.4 Composición.....	7
2.3.5 Valor nutricional de la melaza	9
2.3.6 Propiedades fisicoquímicas.....	10
2.3.7 Microorganismos de la melaza.....	12
2.3.8 Aprovechamiento de la melaza	12
2.3.9 Almacenamiento de la melaza	13
3. MATERIALES Y METODOS	15
3.1 Ubicación del área de estudio	15
3.2. Experimento 1. Caracterización de la producción, calidad y uso de la melaza del estado de Chiapas	16
3.2.1 Caracterización de la producción y calidad de la melaza producida en Chiapas	16
3.2.2 Caracterización del uso de la melaza en el estado de Chiapas.....	16
3.2.3 Análisis de los datos.....	16
3.3. Experimento 2. Estrategia de suplementación con base en el uso de la melaza en ovinos alimentados con forraje de baja calidad	17
3.3.1 Características y manejo de los animales	17
3.3.2 Enriquecimiento de la melaza	17
3.3.3 Tratamientos evaluados y diseño experimental	17
3.3.4 Variables evaluadas	18
3.3.5 Composición química de las dietas	18
3.3.6 Fermentación y digestibilidad <i>in vitro</i> de las dietas evaluadas.....	18
3.3.7 Consumo de las dietas evaluadas.....	19

3.3.8 Ganancia de peso de los animales	19
3.3.9 Conducta animal.....	19
3.3.10 Costo de la suplementación	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1 Experimento 1. Caracterización de la producción, calidad y uso de la melaza del estado de Chiapas.....	21
4.2 Experimento 2. Estrategia de suplementación con base en el uso de la melaza en ovinos alimentados con forraje de baja calidad	25
4.2.1 Composición química de las dietas	25
4.2.2 Fermentación y degradación <i>in vitro</i> de las dietas evaluadas.....	27
4.2.3 Consumo de las dietas evaluadas.....	32
4.2. 6 Costo de la suplementación	37
5. CONCLUSIÓN	39
6. LITERATURA CITADA.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Aprovechamiento de la melaza de caña.....	13
Cuadro 2. Porcentaje de uso de la melaza en diferentes regiones ganaderas del estado de Chiapas.....	21
Cuadro 3. Utilización, costo y beneficios de la melaza comercializada en el estado de Chiapas.....	22
Cuadro 4. Indicadores productivos de la melaza producida en el estado de Chiapas.....	23
Cuadro 5. Composición química de las melazas comercializadas en el estado de Chiapas.....	24
Cuadro 6. Composición química de las dietas utilizadas en ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola o enriquecida (% BS).	27
Cuadro 7. Volumen fraccional de gas de las dietas empleadas en ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola y enriquecida.....	27
Cuadro 8. Parámetros de fermentación y digestibilidad <i>in vitro</i> de las dietas empleadas en ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola o enriquecida.....	31
Cuadro 9. Consumo de forraje por ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola o enriquecida.....	32
Cuadro 10. Ganancia de peso de ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza y Harina de paso...	34
Cuadro 11. Análisis económico de uso de Melaza en ovinos alimentados con forraje de baja calidad.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Fracciones de gas por la fermentación de las dietas empleadas en ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola y enriquecida.....	29
Figura 2. Cinética de fermentación <i>in vitro</i> de dietas empleadas en ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola y enriquecida.....	31
Figura 3. Comportamiento ingestivo de ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza y Harina de paso.....	35
Figura 4. Tiempo dedicado a la rumia de ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza y Harina de paso.....	36
Figura 5. Tiempo dedicado al descanso de alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza y Harina de paso.....	37

RESUMEN

El objetivo del estudio fue caracterizar la producción, uso y calidad de la melaza y realizar una estrategia de utilización de la melaza para la suplementación de ovinos alimentados con forrajes de baja calidad. En el primer trabajo se realizó un diagnóstico de producción y uso de melaza a través de la aplicación de una entrevista semiestructurada con preguntas abiertas a ganaderos y en los ingenios azucareros. Para conocer la composición química de la melaza, se realizó la toma de muestras en dos ingenios azucareros y se analizó el contenido materia seca (MS), cenizas (CEN), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC). Los datos derivados de las encuestas se analizaron a través de frecuencias y porcentajes mientras que los datos de la composición química de la melaza se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. En Chiapas, se producen alrededor de 13,000 t mensuales, el 68% de los productores utilizan la melaza en la alimentación animal, siendo las regiones Soconusco, Frailesca e Istmo-costa las que más demandan el subproducto. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en la calidad de la melaza entre los ingenios azucareros de Chiapas. En el segundo experimento se evaluó una estrategia de utilización de la melaza para mejorar su uso en la suplementación de ovinos alimentados con forrajes de baja calidad. Se utilizaron 12 ovinos hembras repartidos en 4 tratamientos en donde, T1= Heno, T2=Heno + 150 g de melaza + 120 g de Harina de paso, T3= Heno + 150 g de melaza enriquecida + 60 g de Harina de paso y finalmente al T4= Heno + 300 g de melaza enriquecida. Se evaluó la calidad química, fermentación y digestibilidad *in vitro* de las dietas ofrecidas así mismo, se determinó el consumo y ganancia de peso. Se empleó un diseño completamente al azar y la comparación de medias se mediante la prueba de Tukey al 0.05%. Los resultados indican la adición de melaza sola y enriquecida mejora la calidad nutritiva y parámetros de fermentación de pastos de baja calidad, pero para mejorar el consumo del mismo que reflejaría mejoras en la ganancia de peso es necesario no únicamente enriquecer a la melaza sino también utilizar una fuente de proteína verdadera, sin embargo, debido al costo de la suplementación, la decisión de utilizarla dependerá de los objetivos perseguidos en el animal.

Palabras Clave: Producción, Usos, Composición química, , Consumo, Ganancia de peso.

ABSTRACT

The objective of the study was to characterize the production, use and quality of the molasses and to carry out a strategy of using molasses for the supplementation of sheep fed with low quality forages. In the first work, a diagnosis was made of the production and use of molasses through the application of a semi-structured interview with questions open to farmers and in the sugar mills. To know the chemical composition of the molasses, samples were taken at two sugar mills and the dry matter (DM), ash (CEN), organic matter (OM) and crude protein (CP) content was analyzed. The data derived from the surveys were analyzed through frequencies and percentages while the data of the chemical composition of the molasses were analyzed under a completely randomized experimental design and the comparison of means was made using the Tukey test. In Chiapas, around 13,000 t monthly are produced, 68% of producers use molasses in animal feed, being the regions Soconusco, Frailesca and Istmo-costa the ones that most demand the by-product. No differences were found ($P > 0.05$) in the quality of the molasses between the sugar mills of Chiapas. In the second experiment, a strategy for the use of molasses was evaluated to improve its use in the supplementation of sheep fed with low quality forages. We used 12 female sheep divided into 4 treatments where, T1 = Hay, T2 = Hay + 150 g of molasses + 120 g of Meal flour, T3 = Hay + 150 g of enriched molasses + 60 g of Meal flour and finally to T4 = Hay + 300 g of enriched molasses. The chemical quality, fermentation and in vitro digestibility of the diets offered were evaluated, as well as the consumption and weight gain. A completely randomized design was used and the comparison of means was made using the Tukey test at 0.05%. The results indicate the addition of molasses alone and enriched improves the nutritional quality and fermentation parameters of low quality pastures, but to improve the consumption of it that would reflect improvements in the gain of weight is necessary not only to enrich the molasses but also to use a true source of protein, however, due to the cost of supplementation, the decision to use it will depend on the objectives pursued in the animal.

Key words: Production, Uses, Chemical composition,, Consumption, Weight gain.

1. INTRODUCCIÓN

En México la agroindustria de la caña de azúcar radica en el alto impacto que tiene en la creación de empleos en las 15 entidades y 215 municipios en los que se produce, así como en la participación de ésta en el producto interno del sector agrícola. La superficie que se utiliza para el cultivo de caña de azúcar hasta el año 2012 fue de 703,761 hectáreas y alrededor de 2,200,000 productores se dedican a cultivarla (SAGARPA, 2015). Entre los principales subproductos de importancia económica obtenidos de la molienda tenemos la miel final o melaza (CONADESUCA, 2016).

La melaza es un subproducto obtenido de la refinación de la sacarosa procedente de la caña de azúcar producida en los ingenios azucareros. Entre el 60 y 70% del subproducto es destinado para la alimentación animal (SAGARPA, 2015), principalmente para bovinos y ovinos.

Por un lado, en el estado de Chiapas, la industria azucarera es una de las más importantes del país lo que lo lleva a ocupar el cuarto lugar en producción de azúcar a nivel nacional y por el otro, la importancia económica de la ovinocultura se hace evidente principalmente por la alta demanda de esta especie para el consumo estatal y nacional (González *et al.*, 2016). Actualmente las regiones Centro, Frailesca, Norte, Istmo-Costa y Soconusco han potencializado la producción ovina, cuyos productos y derivados se comercializan a otros estados del país (Vázquez, 2014). En estos sistemas, la población ovina depende exclusivamente de forraje para satisfacer sus requerimientos nutricionales, sin embargo, estos sistemas son afectados por las fluctuaciones estacionales presentes en la región, en donde existe una época lluviosa y una seca muy marcada e influyen de manera muy importante en la disponibilidad y la calidad del forraje presente en las praderas (Sosa *et al.*, 2004), lo que ha sido reconocido como una de las principales causas del estrés nutricional que limita la producción animal en estas regiones (Rúgeles *et al.*, 2001). El consumo inadecuado de forraje que ocurre como resultado de una reducida disponibilidad en las praderas, el bajo nivel de proteína y un aumento en la lignificación de los pastos, puede consecuentemente reducir el consumo de nutrientes que requieren los ovinos para el crecimiento, la gestación y la lactancia (Kawas *et al.*, 1990).

Basado en lo anterior, la melaza es utilizada por los productores chiapanecos como un suplemento en la producción ovina en la época crítica, sin embargo, no existen reportes que caractericen este subproducto producido en los ingenios de Chiapas así como de la mejor forma de uso cuando se utiliza como suplemento en épocas críticas.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue caracterizar la producción anual, a su calidad y uso de la melaza producida en el estado de Chiapas y evaluar distintas estrategias de utilización de la melaza en ovinos para mejorar el consumo y aprovechamiento de forrajes de baja calidad.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Características generales

La Caña de Azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz, en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado forma el azúcar.

Forma espiguillas pequeñas agrupadas en rosetas y rodeadas por largas fibras sedosas. Se conocen diversas variedades cultivadas que se diferencian por el color y la altura de los tallos. El tallo de la caña es el que contiene el tejido esponjoso y dulce del cual se extrae el azúcar.

2.2 Subproductos

2.2.1 Mieles

La miel o también llamada melaza, es un líquido denso y viscoso de color oscuro, es producto final de la fabricación o refinación de la sacarosa procedente de la Caña de Azúcar. Este subproducto se usa para alimentos concentrados para animales y como suplemento alimenticio para el hombre. (Leeson y Summers, 2000).

2.2.2 Cachaza

Residuo que se elimina en el proceso de clarificación del jugo de caña durante la fabricación del azúcar. Es un material rico en fósforo, calcio, nitrógeno y materia orgánica, pero pobre en potasio. Se usa principalmente como abono, ya que mejora algunas propiedades físicas y ácidas del suelo, aunque también se emplea en alimentación de ganado vacuno y en la obtención de ceras y aceites (Leeson y Summers, 2000).

2.2.3 Bagazo de Caña

Desecho que queda después de la molienda de la Caña de Azúcar. Está formado por un conjunto de partículas de diferentes tamaños cuyo promedio oscila alrededor de 2 a 2.5mm el resto consta de sólidos solubles e insolubles. Es utilizado normalmente como combustible en las calderas que le dan energía a los ingenios (Leeson y Summers, 2000).

2.3 MELAZA DE CAÑA DE AZÚCAR

2.3.1 Definición

Las melazas, mieles finales o melazas “blackstrap”, suelen ser definidas, por muchos autores como los residuos de la cristalización final del azúcar de los cuales no se puede obtener más azúcar por métodos físicos.

La Norma ICONTEC 587 de 1994, define como miel final o melaza (no cristalizable) al jarabe o líquido denso y viscoso, separado de la misma masa cocida final y de la cual no es posible cristalizar más azúcar por métodos usuales.

La denominación melaza se aplica al efluente final obtenido en la preparación del azúcar mediante una cristalización repetida. El proceso de evaporación y cristalización es usualmente repetido tres veces hasta el punto en el cual el azúcar invertido y la alta viscosidad de las melazas ya no permitan una cristalización adicional de la sacarosa (Swan y Karalazos, 1990).

La melaza es una mezcla compleja que contiene sacarosa, azúcar invertido, sales y otros compuestos solubles en álcali que normalmente están presentes en el jugo de caña localizado, así como los formados durante el proceso de manufactura del azúcar. Además de la sacarosa, glucosa, fructosa y rafinosa los cuales son fermentables, las melazas también contienen sustancias reductoras no fermentables. Estos compuestos no fermentables reductores del cobre, son principalmente caramelos libres de nitrógeno producidos por el calentamiento requerido por el proceso y las melanoidinas que si contienen nitrógeno derivadas a partir de productos de condensación de azúcar y aminocompuestos (Honig, 1974).

2.3.2 Proceso de Obtención

Las melazas se obtienen como un subproducto final en la elaboración del azúcar de caña.

Sin entrar en mayores detalles, brevemente se explica en que consiste cada uno de los pasos que llevan a la obtención de la melaza de caña de azúcar.

2.3.3 Almacenamiento

La caña después de ser cortada es llevada a patios de almacenamiento en el ingenio. Este almacenamiento no debe ser muy prolongado, puesto que los efectos del sol disminuyen el rendimiento del jugo, lo mismo que su calidad; por este motivo, debe pasarse a la molienda en el menor tiempo posible después de haber sido cortada; dentro de lo posible debe procurarse que este tiempo no sobrepase las 48 horas para evitar pérdidas (Swan y Karalazos, 1990).

2.3.4 Preparación y Extracción del Jugo

Estas dos operaciones se llevan a cabo en una forma continua, por lo cual generalmente se conoce bajo el nombre de “Extracción del jugo”. Este proceso, se lleva a cabo en una serie de “cuchillas desmenuzadoras y molinos extractores”. La caña es desmenuzada en preparación para la molienda con cuchillas giratorias y desmenuzadoras para facilitar una mejor extracción del jugo (Ospina y Palacios, 1994).

La caña desmenuzada pasa a los molinos donde se efectúa el proceso de extracción del jugo; luego, esta caña es rociada con agua y jugos claros a medida que sale de cada molino, en esta forma se diluye el azúcar que queda en el bagazo a la salida de cada molino y se obtiene un mayor rendimiento en la extracción. En esta forma, se extrae más del 90% del azúcar que hay en la caña, quedando una parte remanente en el bagazo, el cual va a las calderas como combustible (Ospina y Palacios, 1994).

2.3.5 Clarificación

El jugo es bombeado de los molinos a los clarificadores por medio de bombas centrífugas hechas de materiales resistentes a la abrasión y a los ácidos. La clarificación se lleva a cabo por medio de cal y calor. La acidez del jugo es neutralizada con cal y luego se eleva la temperatura hasta su punto de ebullición. El precipitado que se forma por acción de la cal y el calor, se deja sedimentar en los tanques clarificadores continuos y el jugo clarificado es decantado de la espuma,

barro y desperdicios y es llevado a la estación evaporadora (Ospina y Palacios, 1994).

2.3.6 Evaporación

El jugo clarificado pasa a un evaporador de efecto múltiple sin ningún tratamiento previo. Los evaporadores consisten en una serie de techos de vacío, de tal manera que se logre la ebullición a temperatura más baja (Ospina y Palacios, 1994).

2.3.7 Cristalización

Se hace en tanques de vacío de efecto simple a presión reducida. El jarabe o las aguas madres de cristalizaciones anteriores (melazas), se evaporan hasta su saturación de azúcar; en este punto, los granos son separados de la masa en ebullición y sirven como núcleo para la formación de cristales. El tanque es cargado a medida que el agua se evapora y su contenido de azúcar es depositado sobre los cristales presentes sin la formación de cristales adicionales. En este punto, la mezcla de cristales y jarabe, constituye una masa densa denominada “Templa” (Ospina y Palacios, 1994).

2.3.8 Centrifugación

La Templa es derramada sobre un mezclador y de allí pasa a centrífugas verticales de alta velocidad. Los cristales de azúcar son retenidos en la centrífuga y pueden ser lavados con agua si se desea. Las aguas madres que se separan, se denominan melazas de primera. Completada la centrifugación, se remueve el azúcar quedando la máquina lista para una nueva carga (Ospina y Palacios, 1994).

El azúcar obtenido pasa a los depósitos para su despacho, mientras que las melazas se envían a un nuevo evaporador y de ahí a la centrífuga “B”, donde se obtiene el azúcar y las melazas de segunda. Estas melazas se someten a un proceso similar a los anteriores, obteniéndose en esta oportunidad azúcar de semilla y melazas finales. Estas melazas finales, han sido consideradas en los ingenios como producto sobrante y al cual son muy pocos los usos que se le dan (Ospina y Palacios, 1994).

2.3.9 Clasificación

La Asociación Americana de Control Oficial de Alimentos (AAFCO), recomienda diferentes clasificaciones para las melazas, según el azúcar total y el contenido de humedad, así:

Melaza Superior Blackstrap: Melaza de caña que contiene 23.4% de agua o menos, y 53.5% o más de azúcares totales.

Melaza Blackstrap: Melaza compuesta por 23.5% a 26.4% de agua y 48.5% a 53.5% de azúcares totales (Castro, 1993).

Otra clasificación de las melazas, se da por el porcentaje de materia sólida en peso, o grados Brix, de la siguiente manera:

Melaza Blackstrap: Es el subproducto de la elaboración del azúcar, cuyo porcentaje de materia sólida en peso (grados Brix), diluido con igual peso de agua es de 42.5 grados Brix.

Melaza de Caña Alimenticia: Es la melaza blackstrap diluida con agua, hasta una concentración en grados Brix, no menor de 39.75; a este producto no se le ha especificado un valor de concentración de azúcares.

Melaza High Test o Jarabe Invertido: Es el producto obtenido por la concentración del jugo clarificado, hasta un porcentaje de materia sólida en peso de 85% e invertido con ácido o con invertasa (Castro, 1993).

2.3.4 Composición

La composición de las melazas es muy heterogénea y puede variar considerablemente dependiendo de la variedad de caña de azúcar, suelo, clima, período de cultivo, eficiencia de la operación de la fábrica, sistema de ebullición del azúcar, tipo y capacidad de los evaporadores, entre otros. Por otro lado, la melaza de caña se caracteriza por tener grados Brix ó sólidos disueltos de 68- 75% y un pH de

5.0- 6.1% (Castro, 1993).

Azúcares

Los principales azúcares en la melaza son la sacarosa (60% - 63% en peso), la glucosa o dextrosa (6% - 9% en peso), y la fructosa o levulosa (5% - 10% en peso); estas dos últimas constituyen la mayor porción de los azúcares reductores encontrados en los análisis. La fructosa puede sufrir transformaciones al igual que la glucosa, debido a reacciones dependientes de la temperatura. El contenido de glucosa y fructosa en las melazas puede variar a causa de la hidrólisis de la sacarosa, a valores de pH ácido y a temperaturas altas (Castro, 1993).

No azúcares

Los no azúcares están compuestos por 33% de sustancias inorgánicas (Fe^{+++} , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , As^{3+} , Cd^{2+} , Hg^+ , Pb^+ y Cl^- , NO_3^- , SO_2^-); el 42% corresponde a sustancias nitrogenadas (aminoácidos, péptidos, colorantes); y el 25% a sustancias orgánicas libres de nitrógeno (ácidos carboxílicos, alcoholes, fenoles, ésteres, vitaminas, gomas y dextranos) (Castro, 1993).

Cenizas

En general la composición de las cenizas de las melazas, es cualitativamente similar a la del jugo, del cual se obtiene éstas. Casi todos los análisis publicados, muestran que el contenido de potasa varía alrededor de 40% del peso del carbono total de la ceniza; el contenido de cal es de 10% al 20%, el de sulfatos varía entre el 10% y el 20%, y las sales de magnesio, sodio, aluminio, la sílice, los cloruros, fosfatos y los óxidos de hierro, completan el resto del contenido de cenizas (Castro, 1993).

Compuestos nitrogenados

Están constituidos principalmente por aminoácidos mono y dibásicos, amidas ácidas, betaínas y pequeñas cantidades de peptonas y nitratos. Cuando los azúcares reductores, glucosa y fructosa, son sometidos a los procesos de clarificación, en el tratamiento subsiguiente, se producen varias reacciones, siendo la más importante la de los aminoácidos con estos azúcares, en la cual se forman productos coloreados como las melanoidinas y los residuos fermentables a los cuales se les ha encontrado

un contenido aproximado de 68% de nitrógeno combinado, en melazas.

El Nitrógeno total de las melazas, varía entre 0.4% y 1.5% del peso total de la melaza. La proteína cruda frecuentemente se determina como porcentaje en peso del contenido de nitrógeno (Castro, 1993).

Ácidos

El ácido aconítico, es el más abundante de los ácidos orgánicos presentes en la caña que se acumula en las melazas, representando aproximadamente el 6% del peso de sólidos en la melaza. Los ácidos málico y cítrico están presentes en cantidades apreciables en las melazas. El ácido Fórmico está presente como producto de descomposición; la mayoría de estos ácidos son metabolizados por los microorganismos, como fuente de carbono y no presentan problemas de inhibición de crecimiento (Castro, 1993).

Vitaminas

Aquellas vitaminas resistentes a la acción del calor y de los álcalis, aparecen encontradas en las melazas. La niacina, ácido pantoténico y riboflavina, importantes para el crecimiento microbiano, pueden estar presentes en cantidades significativas y otras vitaminas lo están en cantidades muy pequeñas (Castro, 1993).

Fenoles y Compuestos volátiles

Los fenoles presentes en las mieles finales, provienen de la parte fibrosa de la caña, éstos se derivan de los ácidos hidroxicinámico y parahidroxibenzóico.

Es necesario tener en cuenta, que desde el punto de vista de la fermentación, algunos fenoles son indeseables, por presentar actividad inhibitoria sobre el crecimiento de los microorganismos, a concentraciones de 0.5g/L. Los ácidos fenólicos que mayor actividad bacteriostática han demostrado son el cloragénico, el p-cumárico y el telúrico; estos dos últimos son capaces de inhibir totalmente el crecimiento de algunas bacterias (Castro, 1993).

2.3.5 Valor nutricional de la melaza

Aunque hay muchos reportes sobre el valor nutritivo de las melazas, como ingredientes de las raciones para rumiante, parece haber poca concordancia entre

los resultados obtenidos por los diversos investigadores. Aunque algunos de ellos llegan a la conclusión de que el valor nutritivo de las melazas es equivalente aproximadamente al 85% del maíz en grano (Tocagni, 1981).

Cuando las melazas son suministradas como alimento a novillos de engorde en proporción del 10%, éstas suministran una energía neta relativamente alta (EN). Sin embargo, cuando el nivel es incrementado a 25 y 40%, la EN se reduce en casi 100% (Olsen y Allermann, 1991).

La melaza es portadora de energía de fácil aprovechamiento por el animal, la cual representa del 70 al 75% del valor energético del maíz (Olsen y Allermann, 1991).

2.3.6 Propiedades fisicoquímicas

Viscosidad

Las relaciones entre concentración y viscosidad para soluciones de azúcar pura son igualmente válidas para las melazas. La viscosidad de las soluciones saturadas de azúcar impuro, aumenta rápidamente con el contenido de impurezas debido al incremento de la concentración de sólidos. El efecto de las sales minerales sobre la viscosidad de las soluciones de azúcar es variable. Un enriquecimiento de iones Ca^{2+} aumenta la viscosidad, mientras que un incremento de iones K^{+} , la disminuye (Swan y Karalazos, 1990).

Los compuestos orgánicos no azúcares, tienen un profundo efecto sobre la viscosidad, pues los componentes de alto peso molecular pueden incrementarla considerablemente (Swan y Karalazos, 1990).

La aireación influye marcadamente sobre la viscosidad aparente de las soluciones de azúcar, y si se disminuye el contenido de aire en las melazas, disminuye la viscosidad (Swan y Karalazos, 1990).

El efecto de las variaciones del pH sobre la viscosidad de las soluciones de azúcar es insignificante, excepto cuando el pH es superior a 11; en este caso, la viscosidad aumenta. El efecto de la concentración y la temperatura sobre la viscosidad de las melazas, tiene importancia práctica en la cantidad de melaza que fluye por las

tuberías y bombas, así como la descarga por gravedad natural, o el desplazamiento por fuerza centrífuga. Si se considera que la viscosidad de las melazas decrece a una temperatura dada, con una disminución de la concentración, y también cuando la concentración es constante y la temperatura aumenta (Swan y Karalazos, 1990).

La región de viscosidad crítica en la melaza de caña, está en un intervalo de concentraciones en grados Brix entre 81 y 85. Esto significa que un aumento de solo algunas décimas en el valor de la concentración, determina un incremento notable en la viscosidad (Swan y Karalazos, 1990).

pH

Las melazas de caña son ligeramente ácidas, tienen un pH entre 5.5 y 6.5; un pH bajo es atribuible a la presencia de ácidos alifáticos y al bajo pH de la clarificación, si es ácida (Swan y Karalazos, 1990).

El pH de las melazas cambia con la temperatura y depende también de la naturaleza y de la cantidad de material estabilizador del pH que posea (Swan y Karalazos, 1990).

La acción estabilizadora del pH tiene efecto sobre la melaza para resistir la adición de ácidos o álcalis, sin cambiar su naturaleza ácida o básica. En la melaza la acción estabilizadora depende del contenido de no azúcares y de las características de la melaza (Swan y Karalazos, 1990).

La estabilización del pH en las melazas de caña tiene un patrón uniforme, es decir, no existen variaciones irregulares debidas a relaciones de cambio de peso entre las sustancias que intervienen, por lo tanto la actividad estabilizadora se modifica (Swan y Karalazos, 1990).

Calor específico y Conductividad Térmica

En las soluciones de azúcar, el calor específico depende de la temperatura, de la concentración y de la composición. Se ha comprobado, que el calor específico disminuye al aumentar la concentración de las soluciones impuras de azúcar; es necesario, conocer el calor específico de las melazas para calcular la transferencia

de calor durante el calentamiento o enfriamiento (Swan y Karalazos, 1990).

Densidad

En la práctica, la densidad se determina mediante equivalencia con la concentración en grados Brix. Además, para su determinación se usan tres instrumentos densimétricos: el hidrómetro, la balanza de Westphal y el picnómetro, de los cuales el primero es el más utilizado (Swan y Karalazos, 1990).

2.3.7 Microorganismos de la melaza

Mediante ensayos adecuados con soluciones diluidas de melazas, se ha demostrado que éstas, a pesar de su bajo contenido de fósforo, constituyen un buen medio nutritivo para muchos microorganismos, tales como levaduras, hongos y bacterias (Ariza y González, 1997).

Se considera importante la presencia de microorganismos mesófilos y termófilos dentro de la melaza. Los organismos mesófilos se desarrollan bien durante la dilución de las melazas (Ariza y González, 1997).

2.3.8 Aprovechamiento de la melaza

La melaza ha sido suministrada al ganado de carne y de leche por muchos años, principalmente como aditivo para incrementar la gustosidad o facilitar la reducción a comprimidos de las raciones convencionales mezclados en seco.

También ha sido utilizada como vehículo en varios tipos de alimentos líquidos; como suplemento para el ganado en pastoreo solo o adicionado con otros componentes como urea y ácido fosfórico. Igualmente ha sido común como ingrediente alimenticio para pollos y cerdos, en donde constituye un subproducto de primer orden para su alimentación, ya que puede ser utilizada a niveles hasta de 40%, logrando alimentación adecuada en los animales (Ariza y González, 1997).

Por otro lado, se usa como fertilizante para suelos, mezclada con bagazo y otros componentes, en casos especiales de abundancia. También es frecuentemente

utilizada como combustible, para la preparación de pavimentos. Los diferentes usos de la melaza se resumen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Aprovechamiento de la melaza de caña

Utilización	Generalidades
Alimentos	Alimentación rica
Animales	Alimentación menos rica: desecados sobre pulpas, mezcla con diversos alimentos, pulverizado de forrajes, suplemento de ensilajes.
Recuperación de líquidos desazucarados	Vinazas para la obtención de ácido glutámico. Lejías finales como alimento animal y para la obtención de aminoácidos.
Fermentación	Levaduras para panificación. Levaduras para alimentación humana y animal: aditivo para piensos, extractos e hidrolizados de levadura, fuente de enzimas, vitaminas y ácidos nucleicos. Además es el sustrato utilizado en la producción de proteína unicelular. Grasas de levadura. Alcohol etílico. Productos colaterales de fermentación alcohólica.

Fuente: (Ariza y González, 1997)

2.3.9 Almacenamiento de la melaza

Los principales cambios notados durante el almacenamiento son: pérdida de sacarosa, ganancia de azúcares reductores, incremento del porcentaje de compuestos orgánicos no azúcares, pérdida de sólidos totales, y gran incremento de color (Honig, 1974).

La descomposición se atribuye principalmente a la reacción de las sustancias orgánicas inestables, con los azúcares reductores, formándose impurezas coloidales coloreadas, con alto contenido de carbono. Estos productos llegan a contener entre un 15 y 50% del nitrógeno total de la melaza, en forma no asimilables por los

microorganismos (Honig, 1974).

Para reducir la probabilidad de cambios químicos originados por las altas temperaturas (climas tropicales), la melaza recién centrifugada debe enfriarse, a la menor temperatura posible, antes de ser almacenada. La cantidad de melaza almacenada y la duración del período de almacenamiento, son factores que deben considerarse en las medidas de seguridad (Honig, 1974).

La pérdida de sacarosa, azúcares reductores y azúcares totales está acompañada de un aumento de las sustancias reductoras no fermentables. Normalmente, el aumento de éstas últimas, es más rápido durante los tres primeros meses de almacenamiento. La formación de estos productos va acompañada de desprendimiento de anhídrido carbónico y además está en relación inversa con la magnitud de la temperatura de almacenamiento (Honig, 1974).

Es necesaria la limpieza periódica de los tanques de almacenamiento, ya que los sólidos sedimentables se adhieren y se compactan con facilidad, principalmente en el fondo, siendo necesario removerlos con elementos cortantes (Honig, 1974).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

Para la caracterización y obtención de muestras se consideraron las siguientes industrias azucareras: Ingenio de Huixtla, S.A. de C.V., carretera el Arenal Km 8, localizado en Huixtla, Chiapas ubicada en la zona costa del estado a 54 msnm. En la provincia fisiográfica conocida como Cordillera Centroamericana, la cual posee un clima subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación media anual de 2,500 mm y el Ingenio ubicado en San Francisco Pujiltic perteneciente al municipio de Venustiano Carranza, Chiapas ubicado en la zona centro del estado a 780 msnm. con un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, una precipitación anual promedio de 1,500 mm (García, 1989).

Los análisis químicos se llevaron a cabo en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas campus V de la UNACH y en los laboratorios Institucionales de Bromatología del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), localizado en San Cristóbal de las Casas. El experimento con los animales se llevó a cabo en el Centro Universitario de Trasferencia de Tecnología (CUTT de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Autónoma de Chiapas, ubicada en el municipio de Villaflores, el cual pertenece a la región Frailesca, en el estado de Chiapas, México. Colinda al noreste con Chiapa de Corzo y Suchiapa; al norte con Ocozocoautla de Espinosa; al oeste con Jiquipilas; al sureste con Villa Corzo, y al suroeste con Arriaga y Tonalá, sus coordenadas son al norte 16° 32', al sur 16° 12' de latitud norte; al este 93° 03' y al oeste 93° 45' de longitud oeste. El clima de la región es caracterizado como cálido subhúmedo con lluvias en verano con una precipitación media anual es de 1,100 mm y una temperatura media anual de 25°C (INEGI, 2014).

3.2. Experimento 1. Caracterización de la producción, calidad y uso de la melaza del estado de Chiapas

3.2.1 Caracterización de la producción y calidad de la melaza producida en Chiapas

La caracterización se llevó a cabo a través de la aplicación de una entrevista semiestructurada con preguntas abiertas a las dos industrias productoras de melaza. Las encuestas se realizaron en el mes de marzo del 2016, a través de la cual se colectó información relacionada con la producción mensual del subproducto, puntos de distribución, precio y criterios para su comercialización. Para conocer la composición química de la melaza, se realizó la toma de muestras en el mes de marzo en cada uno de los ingenios azucareros. Las muestras de melaza se tomaron de forma aleatoria y se depositaron en recipientes de 100 mL para posteriormente ser analizadas en el laboratorio. A cada una de las muestras se les realizó el análisis químico proximal por triplicado, considerando el contenido de materia seca (MS), cenizas (CEN), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) de acuerdo a los métodos descritos por la AOAC (1990). El valor energético de las muestras fue determinado a través de combustión cerrada con presencia de oxígeno en bomba calorimétrica PARR.

3.2.2 Caracterización del uso de la melaza en el estado de Chiapas

Para conocer el uso de la melaza se utilizó un muestreo aleatorio simple (Scheaffer *et al.*, 1987) basado a un marco lista de 1,023 ganaderos agremiados a las asociaciones ganaderas ejidales y estatal. Se muestrearon los siguientes municipios: Frailesca, Centro, Fronteriza, Norte, Selva, Soconusco e istmo-costa. El tamaño de muestra se calculó con una precisión del 10% y 95% de confiabilidad, seleccionándose 111 ganaderos. El muestreo fue aleatorio y se usaron entrevistas semiestructuradas con preguntas abiertas. Se utilizó la técnica de encuesta.

3.2.3 Análisis de los datos

Los datos derivados de las encuestas se analizaron a través de frecuencias y porcentajes mientras que los datos de la composición química de la melaza se

analizaron a través de una prueba T. Todos los análisis fueron realizados utilizando procedimientos del paquete estadístico SAS V8.0 (SAS, 2001).

3.3. Experimento 2. Estrategia de suplementación con base en el uso de la melaza en ovinos alimentados con forraje de baja calidad

3.3.1 Características y manejo de los animales

Se utilizaron 12 ovinos hembras no gestantes de la raza Pelibuey con un peso de 50 ± 5 kg los cuales se desparasitaron por vía oral con Albendazol a dosis de 5 mg kg^{-1} , se vitaminaron con ADE a dosis de 2.5 ml por animal y se vacunaron con Ultrabac 7 a dosis de 2.5 ml por animal. Los animales fueron alojados en corrales individuales equipados con comederos y bebederos. Los animales se les dio un periodo de adaptación de 11 días y 49 días de evaluación experimental, el alimento fue proporcionado una vez al día por la mañana y agua *ad libitum*.

3.3.2 Enriquecimiento de la melaza

Para este proceso, primeramente se determinó la composición química de la melaza (proteína cruda por el método Kjeldhal y los grados Brix por medio del método Hidrométrico), posteriormente se realizó un proceso de enriquecimiento (T3 y T4) con una fuente de nitrógeno no proteico (urea 6%) y azufre con una relación 10:1 de acuerdo al contenido de nitrógeno y fósforo, según los requerimientos del animal; este proceso se realizó con la finalidad de mejorar los valores proteínicos y minerales de la melaza.

3.3.3 Tratamientos evaluados y diseño experimental

Se evaluaron cuatro tratamientos. T1 (control): únicamente Heno; T2: Heno+150 g de Melaza + 120 g de Harina de paso; T3: Heno+150 de Melaza enriquecida+60 g de Harina de paso y T4: Heno+300 g de Melaza enriquecida. Para su análisis estadístico se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento (animales). Para la comparación de las medias se utilizó la prueba de Tukey al 0.05%. Todos los análisis fueron realizados utilizando

procedimientos del paquete estadístico SAS V8.1 (SAS, 2001).

3.3.4 Variables evaluadas

3.3.5 Composición química de las dietas

Se llevó a cabo el análisis químico del Heno solo y mezclado con la melaza ya sea sola o enriquecida (según tratamiento). A cada una de las muestras se les realizó el análisis químico proximal por triplicado, considerando el contenido de materia seca (MS), cenizas (CEN), materia orgánica (MO) y, proteína cruda (PC) de acuerdo con los métodos descritos por la AOAC (1990). Las fracciones de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA) fueron determinadas según la técnica de Van Soest y Robertson (1991).

3.3.6 Fermentación y digestibilidad *in vitro* de las dietas evaluadas

La técnica utilizada, para la producción de gas fue descrita por Menke y Steigass (1988), para lo cual se usaron frascos color ámbar de 125 mL de capacidad a los que se les colocó 0.5 g de MS de cada dieta correspondiente a cada tratamiento. Posteriormente y bajo un flujo continuo de bióxido de carbono (CO₂), a cada frasco se le agregaron 90 mL de inóculo ruminal diluido (1:10) el cual se obtuvo de dos ovinos, se filtró a través de ocho capas de tela de gasa y se adicionó en una proporción de 1:9 a una solución mineral reducida compuesta de K₂HPO₄ (0.45 g L⁻¹), KH₂PO₄ (0.45 g L⁻¹), NaCO₃ (0.6 g L⁻¹), (NH₄)₂SO₄ (0.45 g L⁻¹), NaCl (0.9 g L⁻¹), MnSO₄ (0.18 g L⁻¹), CaCl₂ (0.12 g L⁻¹), L-cisteína (0.25 g L⁻¹) y Na₂S (0.25 g L⁻¹).

Se incluyeron tres frascos blancos sin sustrato, los cuales fueron cerrados herméticamente con un tapón de goma y un aro de aluminio. El exceso de CO₂ de cada frasco se extrajo con el manómetro para igualar la presión a cero y éstos fueron incubados en baño maría a 39 °C. La presión de gas de fermentación se midió con el manómetro (0 a 1 kg cm⁻²) a 3, 6, 12, 24, 36 y 48 h de incubación. Al final del período de incubación el residuo de cada frasco se filtró a través de papel de filtrado previamente pesado. Los papeles con residuo se secaron a 65°C por 48 h y se

pesaron. Por diferencia de peso se obtuvo la MS residual para determinar el % de digestibilidad *in vitro* (DIVMS) a 48 h de incubación.

Los valores de presión (kg cm^{-2}) se transformaron a volumen de gas (mL g^{-1} sustrato) con la ecuación de regresión ($\text{volumen} = \text{presión}/0.019$). Por otro lado, se analizó el volumen fraccional del gas, determinando el volumen fraccional (V_f) de 0 a 8, 8 a 24 y 24 a 72 h.

Así también, se obtuvo el volumen acumulado de gas de 0 a 48 h de incubación, y se estimaron los parámetros de la cinética de producción de gas: volumen máximo (V_m ; mL g^{-1}), tasa (S ; h^{-1}) y tiempo de retardo (L ; h), para el modelo logístico $V = V_m / (1 + e^{-4S(T-L)})$ (Schofield y Pell, 1995) y utilizando el paquete estadístico SAS.

3.3.7 Consumo de las dietas evaluadas

Se estimó como la diferencia entre alimento ofertado y rechazado diariamente descrita por Forbes (1995).

3.3.8 Ganancia de peso de los animales

Se obtuvo por la diferencia entre peso inicial y el peso final de cada animal entre el número de días.

3.3.9 Conducta animal

Para conocer el comportamiento animal, se realizaron observaciones por un periodo de 24 horas realizando anotaciones, cada 10 minutos, de la actividad que en ese momento realizaba el animal (consumo de la dieta, rumia, descanso) de acuerdo a lo descrito por Arnold y Dudzinski, (1988). Se asumió que la actividad se continuaba realizando interrumpidamente durante los próximos 10 minutos. Las observaciones fueron realizadas en 12 animales y al final del periodo experimental.

3.3.10 Costo de la suplementación

Esta se calculó considerando el Costo-Beneficio (ingresos totales /costos de producción) que ofrece la alimentación. Para lo anterior, se consideró información proveniente de las fuentes primarias, es decir, la propia unidad de producción para conocer los insumos empleados y de las compañías comercializadoras para calcular el precio de los insumos. El precio del kg de ovino se consideró de acuerdo con el costo del mercado actual.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Experimento 1. Caracterización de la producción, calidad y uso de la melaza del estado de Chiapas

En el Cuadro 2 se muestra el uso de la melaza en diferentes regiones ganaderas en el estado de Chiapas. El 68% de los productores utilizan el subproducto en la alimentación animal. En las regiones Soconusco, Frailesca e Istmo-costa, la melaza es más usada debido a la alta actividad ganadera en las zonas y a la cercanía con ingenios azucareros, lo que permite a los productores acceder fácilmente al subproducto.

Cuadro 2. Porcentaje de uso de la melaza en diferentes regiones ganaderas del estado de Chiapas

Regiones	n	Utiliza %	No utiliza %
Frailesca	26	19	7
Centro	11	6	5
Fronteriza	9	3	6
Norte	6	4	2
Selva	9	6	3
Soconusco	27	20	7
Istmo-costa	23	18	5
Total	111	76	35
%		68	32

n= número de productores encuestados

En lo que respecta al uso de la melaza en la alimentación animal, el 42% de los productores la ofertan como ingrediente en alimentos balanceados, el 21% proporcionan la melaza pura, el 5% en forma de bloques nutricionales, el 19 % lo mezclan con pastura seca molida y un 13 % en ensilajes. Este subproducto tiene un rango de precio de \$4.8 a 8.0 el kg, dependiendo del proveedor y cantidad de melaza que adquiera cada productor. Los productores que usan melaza en la alimentación animal mencionan que han observado mejores ganancias de peso y producción láctea, así también, indican que los animales que consumen este subproducto cambian de pelaje y otros productores señalan que la melaza mejora la calidad del ensilaje, favoreciendo a la alimentación animal (Cuadro 3).

Cuadro 3. Utilización, costo y beneficios de la melaza comercializada en el estado de Chiapas.

(%) utilización de la melaza comercializada en Chiapas	Costo de la melaza (kg) comercializada en Chipas	(%) Beneficios en la alimentación de la melaza utilizada en Chiapas
42% en alimentos balanceados	\$6.00	71% aumenta la ganancia de peso
21% como melaza pura	\$7.00	9% cambian de pelaje
5% en bloques nutricionales	\$4.80	12% aumenta la producción de leche
19% en la pastura seca molida	\$5	5% no aprecian diferencias
13% en ensilajes	\$8	3% mejora la calidad del ensilaje

En el Cuadro 4 se presentan los principales indicadores productivos de los dos ingenios azucareros. Se reporta una producción promedio mensual de melaza de 6,500 toneladas. Al respecto Zafranet (2016) indica que el estado de Veracruz es el mayor productor de melaza en el país por la cantidad de ingenios que tiene, la producción mensual es de 8,000 toneladas al mes, 1,500 toneladas por encima de la producción mensual reportada en el Estado. Esto se debe a la capacidad instalada de producción de azúcar por cada fábrica, aunado a la superficie cultivada de azúcar en el estado de Veracruz (CONADESUCA, 2016).

Cuadro 4. Indicadores productivos de la melaza producida en el estado de Chiapas

Indicadores	Ingenio Pujiltilic	Ingenio Huixtla
Producción de melaza mensual (t)	7,000	6.000
Precio a compradores mayoritarios (\$ t ⁻¹)	2,200	2,100
Calidad de la melaza para su comercialización en términos de grados Brix	85	85
Principales puntos de distribución	Pujiltilic, Tuxtla Gutiérrez, Comitán, Frontera Comalapa, Cintalapa, Jiquipilas, Pichucalco, Villaflores, Palenque, Tecpatán y Villahermosa.	Coatzacoalcos, Pijijiapan, Tonalá, Arriaga, Tapachula, Mapastepec, Ciudad Hidalgo y Villaflores.

El precio de la melaza que ofrecen los ingenios de Chiapas varía de \$2,100 a \$2,200 la tonelada (Cuadro 4), sin embargo, el costo en la reventa oscila entre los \$5,500 hasta \$6,000 la tonelada. CONADESUCA (2016) indica que los precios en la zona occidente del país fueron para ese año de \$3,000 la tonelada. Para Nuevo León, se observaron cotizaciones de \$3,400 la tonelada y para San Luis Potosí se observaron registros de \$3,500 por tonelada. Lo anterior, podría estar asociada a la ley de oferta demanda que existe en esos estados. No obstante estos precios difieren con Trade (2013) que menciona que los países que relativamente pagan un precio más elevado a nivel mundial son Corea con un precio promedio de \$6,341.99 la tonelada seguido de Reino unido quien lo paga \$5,512.44 la tonelada en los ingenios, siendo estos los países potenciales importadores que pagan este subproducto por encima del promedio. Esto nos indica que en el caso de Corea el alto poder adquisitivo de su población, de casi 50 millones de personas lo convierte en una economía muy atractiva y brinda grandes oportunidades para los exportadores de este subproducto agrícola.

La composición química de la melaza se muestra en el Cuadro 5. El contenido químico en general en ambos ingenios fue similar pues no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$). En estudios anteriores, Araiza *et al.* (2013) reportaron un contenido de proteína cruda del 4.3 %, similar a los reportados en esta investigación, sin embargo Gallegos (2009) reporta 3% de proteína cruda. Por otro lado, Delgado *et al* (2012) mencionan 6.8% de proteína cruda. En lo que respecta al contenido de cenizas se encontró un promedio de 8.6%, este dato difiere de Gallegos (2009) que reporta niveles de cenizas de 11%. Para el caso de los grados brix ($^{\circ}$ Bx), en el presente estudio se obtuvo 85 $^{\circ}$ Bx, sin embargo, Delgado *et al* (2012) reporta valores de 91 $^{\circ}$ Bx. Gallegos (2009) menciona que una melaza de buena calidad debe tener como mínimo 80 $^{\circ}$ Bx y la viscosidad de la melaza puede cambiar con el manejo o bombeo. En general, la viscosidad de la melaza es tan alta, que sin disolución, es muy difícil la lectura de ella con el hidrómetro. No obstante, la melaza contiene también ciertos minerales, gomas y otros materiales extraños, por lo que las lecturas en Brix no son un indicador verdadero del total de azúcar o sólidos totales.

La melaza es un alimento rico en azúcares aprovechados fácilmente por los rumiantes. Debido a su bajo contenido de proteínas, y su rápida degradación a nivel ruminal se recomienda mezclarla con urea para mejorar su calidad nutritiva (Astibia *et al*, 1982).

Cuadro 5. Composición química de las melazas comercializadas en el estado de Chiapas.

Ingenio	MS	Humedad	Ce (%)	PC	MO	EB kcal/g	$^{\circ}$ Bx
Huixtla	81 ^a	19 ^a	8.7 ^a	4.7 ^a	78.3 ^a	3,350 ^a	85
Pujiltilic	78 ^a	22 ^a	8.8 ^a	4.1 ^a	69.2 ^a	3,357 ^a	85

Medias similares en la misma columna no difieren estadísticamente (Tukey $P<0.05$)
 MS: Materia Seca, H: Humedad, Ce: Cenizas, PC: Proteína Cruda, MO: Materia Orgánica, EB: Energía Bruta, $^{\circ}$ Bx: Grados Brix.

Considerando el valor de proteína cruda de las melazas producidas en Chiapas y su costo en el mercado, se puede calcular que el costo por unidad de nutriente de la misma es de alrededor de \$125.00, valor muy superior al costo por unidad de nutriente de los DDG's (\$19.60), Pasta de Soya (\$19.70), grano de maíz (\$50.00) y de la Pollinaza (5.5), ingredientes de uso común en la región. Lo anterior indica que no es factible utilizar la melaza en los sistemas ganaderos por si sola, sino que debería de enriquecerse, para de esa manera, mejorar su costo por unidad de nutriente (proteína) (Huerta, 1992).

La adición de melaza y urea en las dietas basadas en pastos picados y pajas molidas ha incrementado la tasa de ganancia de peso en bovinos. Esto se atribuye a una mayor concentración de amoníaco ruminal que favorece el crecimiento y, desarrollo de las bacterias que degradan la fibra de los forrajes, así como la presencia de una fuente de energía de alta disponibilidad que intensifica la actividad microbiana (Ayala y Tún, 1991).

4.2 Experimento 2. Estrategia de suplementación con base en el uso de la melaza en ovinos alimentados con forraje de baja calidad

4.2.1 Composición química de las dietas

Los contenidos de MS, Humedad, PC, MO y Cenizas se ven afectados de acuerdo con el nivel de inclusión de melaza sola o enriquecida tal como puede observarse en el Cuadro 6. Se observa que el T4 presentó mayor ($P < 0.05$) contenido de humedad, Cenizas y PC, ello debido a la adición de mayor cantidad de melaza enriquecida con fuente de Nitrógeno no Proteínico (NNP), Fósforo (P) y Azufre (S). Le siguió el T3 y T2. Los tratamientos 2, 3 y 4 presentaron porcentajes de PC superiores al requerimiento mínimo de mantenimiento de los rumiantes (6.5 %). En este sentido, González (1990) clasifica a los alimentos para animales como de regular calidad cuando contiene valores de 7 a 9 % de proteína y de buena calidad con valores iguales o mayores a 9 %. Lo anterior indica que agregar melaza mejora el aporte de

PC del heno, principalmente cuando es enriquecida con fuentes de NNP. Al respecto, Rodríguez et al. (2014) indican que el contenido de PC aumenta conforme se aumenta el porcentaje de urea, debido a que la urea posee 287.5% de PC. El T1 mostró los valores más bajos ($P < 0.05$), lo que confirma el bajo valor nutritivo de los henos cuando son utilizados como alimentos únicos (Cuartas et al., 2013).

Los resultados de la composición química encontrados en esta investigación concuerdan con Araque et al. (2008) quienes estudiaron el efecto de la complementación con heno-urea en cabras criollas a pastoreo, indicando que la adición de melaza disminuye la cantidad de MS, MO, eleva la humedad, aumenta la cantidad de PC y el contenido de Ce. Esto debido a que la melaza es un subproducto de consistencia líquida el cual aporta minerales y en mínima cantidad proteína.

El porcentaje de FDN se afectó con el nivel de inclusión de melaza y urea (Cuadro 6). Estos resultados concuerdan con Morales et al., (2014) quienes plantean que la FDN disminuye cuando el porcentaje de urea y melaza aumenta. En el estudio de Zapana (1990) también se encontró una disminución en el porcentaje de FDN evaluando el proceso de adición de NNP en olote de maíz donde su testigo tuvo un promedio de 91% y en el olote con 6% de urea encontró una disminución significativa de un 86.7% de FDN.

En el caso de la Fibra detergente ácida (FDA) se vio afectada de acuerdo con la inclusión de melaza-urea esto indica que la adición de estos influye directamente, lo cual difiere de Mendoza y Morales (2014) quienes no observaron diferencias en la concentración de FDA al agregar urea y melaza.

Cuadro 6. Composición química de las dietas utilizadas en ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola o enriquecida (% BS)

T	MS	Humedad	PC	MO	Cenizas	FDN	FDA
1	85.27±1.35 ^a	14.73±1.36 ^c	4.3±1.1 ^c	92.04±1.64 ^a	7.96 ^c	68.49±0.37 ^a	57.76±2.11 ^b
2	80.68±1.12 ^b	19.32±1.63 ^b	6.6±1.5 ^c	91.83±1.62 ^b	8.17 ^b	64.99±1.51 ^b	61.33±1.24 ^a
3	81.66±1.78 ^b	18.33±1.89 ^b	16.1±1.7 ^b	91.6±1.61 ^b	8.40±1.98 ^a	66.44±1.17 ^b	60.11±1.91 ^a
4	59.72±1.16 ^c	40.27±1.64 ^a	19.8±1.5 ^a	91.22±1.86 ^c	8.78±1.65 ^a	63.44±1.25 ^c	51.87±0.95 ^c

Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente (P<0.05).

T1: solo Heno, T2: Heno + 150 g de Melaza, T3: Heno + 150 g de Melaza enriquecida y T4: Heno + 300 g de Melaza enriquecida.

MS: Materia Seca; PC: Proteína Cruda; MO: Materia Orgánica; FDN: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Acido

4.2.2 Fermentación y degradación *in vitro* de las dietas evaluadas

En el Cuadro 7 se puede observar el volumen fraccional de gas producido a diferentes horas de las dietas ofrecidas. A las 8 h de incubación T1, T2 y T3 (2.06, 3.13, 1.89 mL g⁻¹ respectivamente) fueron similares entre sí (P>0.05) pero inferiores a T4 (5.92 mL g⁻¹). Sin embargo, a las 24 horas T3 y T4 fueron superiores (P<0.05) a T1 y T2, finalmente, a partir de 24 h hasta 48 h, T1y T2 fueron similares entre si (P>0.05) siendo T4 superior (P<0.05) y T3 fue el que se mostró inferior a todos los tratamientos.

Cuadro 7. Volumen fraccional de gas de las dietas empleadas en ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola y enriquecida

	T1	T2	T3	T4
Vf ₀₋₈ (mL g ⁻¹)	2.06 ^b	3.13 ^b	1.89 ^b	5.92 ^a
Vf ₈₋₂₄ (mL g ⁻¹)	5.02 ^c	6.95 ^b	9.30 ^a	9.30 ^a
Vf ₂₄₋₄₈ (mL g ⁻¹)	15.34 ^b	15.34 ^b	14.02 ^c	17.27 ^a

Medias en la misma hilera con letras distintas difieren estadísticamente (P<0.05)

T1: solo Heno, T2: Heno + 150 g de Melaza, T3: Heno + 150 g de Melaza enriquecida y T4: Heno + 300 g de Melaza enriquecida.

Como se observa en el Cuadro 7, el T4 fue presentó en mayor volumen de gas, esto debido a la concentración de melaza la cual está compuesta de carbohidratos

solubles y de fácil fermentación (Figura 1). En el segundo pico de fermentación (8 a 24 h) donde se degrada los polisacáridos de reserva como almidón, dextranas y pectina, T3 y T4 fueron superiores a los T1 y T2 posiblemente a que contenían NNP lo cual facilita su fermentación. Finalmente para la fracción de fermentación lenta (24 a 48 h) en donde se degradan los polisacáridos de pared celular (celulosa y hemicelulosa ligada a lignina), nuevamente T3 y T4 presentaron mayor producción de gas lo que indica un mayor aprovechamiento de la celulosa y hemicelulosa por parte de los microorganismos, debido probablemente al enriquecimiento de la melaza usado en dichos tratamientos a través de la adición de NNP, esto concuerda con Anisson *et al.*, (1966) quienes mencionan que adicionar una fuente de NNP a la dieta se mejora el ataque de carbohidratos estructurales del forraje y azúcares. Igualmente, Carnevali *et al.* (1970) indican que la adición de melaza disminuye los procesos fermentativos responsables de la degradación de las grandes masas de forrajes en el rumen pero que el suministro de nitrógeno adicional restablece el balance entre el aporte de energía y nitrógeno para una adecuada actividad bacteriana.

La importancia de estas variables establece que los alimentos con una alta producción de gas durante las primeras horas de fermentación (0-24 h) incrementan el consumo voluntario, resultado de una alta tasa de digestión (Fadel *et al.*, 2004) aunque el volumen de gas producido durante las primeras 24 h de incubación dependerá de la composición química del sustrato (PC, FDN, FDA y almidón).

Lo anterior podría aplicar para T3 y T4 pues la degradación de un sustrato iniciará con las fracciones fácilmente digestibles, por lo cual, el comportamiento observado en este experimento puede ser explicado por la mayor digestibilidad de MS, FDN, FDA en los tratamientos que se le adicionó melaza al 0.3% de PV y 0.6% de PV del animal, pudiendo asumir que se favorecieron las características nutricionales de la dieta y mejoró la actividad microbiana a nivel ruminal.

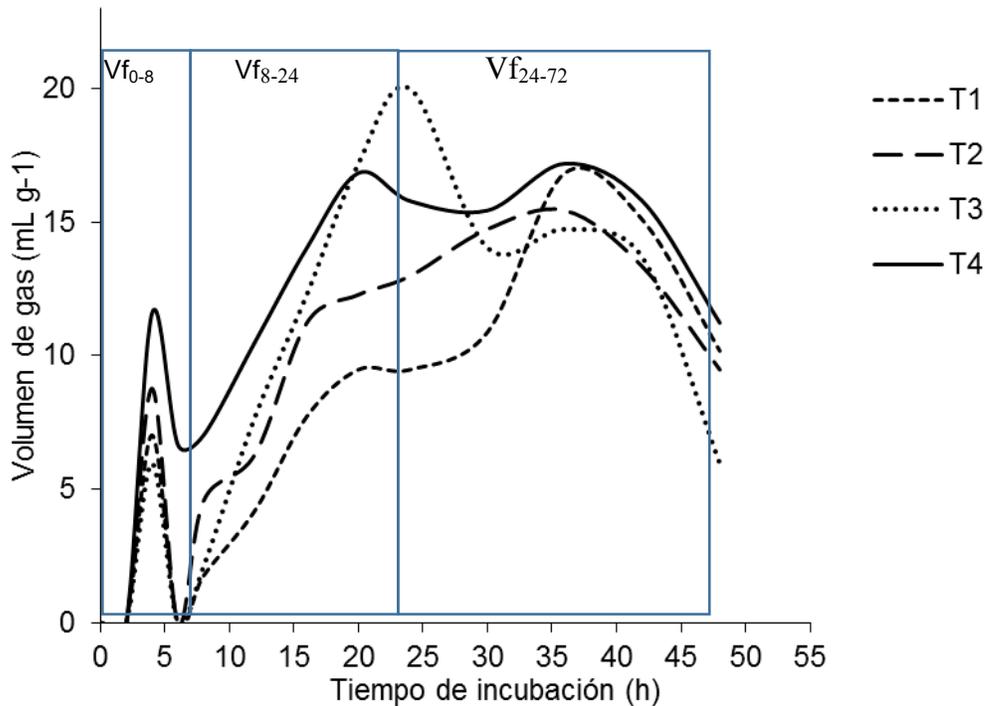


Figura 1. Fracciones de gas por la fermentación de las dietas empleadas en ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola y enriquecida. $V_{f_{0-8}}$, $V_{f_{8-24}}$ y $V_{f_{24-48}}$; volumen fraccional de gas de 0 a 8, 8 a 24 y 24 a 48 h de incubación.

T1: solo Heno, T2: Heno + 150 g de Melaza, T3: Heno + 150 g de Melaza enriquecida y T4: Heno + 300 g de Melaza enriquecida.

Los valores de los parámetros V_m , L y S se muestran en el Cuadro 8. Para el caso del V_m , T4 presentó mayor producción de gas siendo diferente estadísticamente ($P < 0.05$) respecto a T1, T2 y T3. Lo anterior pudo deberse a que dicho tratamiento contenía mayor cantidad de melaza, lo que demuestra que existen cambios importantes en el uso del heno al agregar este subproducto (Figura 2). Respecto a los valores L , el T4 se fermenta más rápidamente (5.67 h) seguido del T2 (8.41 h) mientras que los tratamientos de mayor fase Lag fueron T1 y T3 (11.01 y 10.19 h, respectivamente), lo que sugiere que aumentos en la densidad energética de la ración favorecen el crecimiento microbiano y la rápida colonización del sustrato (Noguera *et al.*, 2006). En este sentido, Amjed *et al.* (1992) mencionan que al adicionar una fuente de azúcares de fácil fermentación, como la melaza, aumenta la producción de gas y disminuye la fase Lag. Los mismos autores indican que la fase Lag es mayor en forrajes de mala calidad alargándose cuando se combinan forrajes con almidón o por condiciones de acidez en el medio de incubación ruminal por lo que la adición de azúcares simples desempeñan un papel importante.

La mayor tasa de producción de gas fue para T3 ya que se fermentó más rápido (0.038 h^{-1}), las tasas intermedias fueron registradas para los tratamientos T2 y T4 (0.031 y 0.030 h^{-1} , respectivamente), esto puede deberse a que los tratamientos contenían melaza, NNP, P y S, los cuales benefician al desarrollo de microorganismos (Encalada *et al.*, 2017). Para este caso, T2 solo contenía melaza y T4 contenía mayor concentración de melaza que el T3 y la misma cantidad de NNP, P y S, por lo que el adicionar nutrientes a las bacterias fomenta la tasa de producción de gas. Finalmente, T1 presentó menor tasa (0.027 h^{-1}) esto puede deberse a que el tratamiento no contenía melaza lo cual influye considerablemente. El mayor ($P < 0.05$) potencial de fermentación dado por el volumen máximo de gas (V_m) fue para T4, posiblemente por la mayor concentración de melaza enriquecida. En este experimento la inclusión de carbohidratos solubles como la melaza mejoró los parámetros de fermentación, disminuyendo significativamente los tiempos de colonización, aumentando las tasas de fermentación y volúmenes de gas.

Con respecto a la DIVMS, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre T3 y T4 (51.80 y 50.00%, respectivamente) en comparación a T1 y T2 (43.80 y 33.20 %, respectivamente). Lo anterior indica que enriquecer las dietas altas en fibra con melaza y NNP mejora la digestibilidad de los alimentos fibrosos, en consecuencia, la disponibilidad de nutrientes y la tasa de crecimiento de los microorganismos celulíticos incrementa la digestibilidad de la pared celular. Estos datos concuerdan con Ibrahim *et al.* (2001) quienes mencionan que la suplementación con melaza y NNP ayuda a el incremento de la actividad microbiana en forrajes de mala calidad durante la digestión *in vitro* lo que indica una mejor actividad microbiana con el uso de la melaza. Igualmente Fahey *et al.* (1999) indican que al agregar mayores concentraciones de melaza el porcentaje de digestibilidad aumenta en forma significativa.

Cuadro 8. Parámetros de fermentación y digestibilidad *in vitro* de las dietas empleadas en ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola o enriquecida.

T	Vm (mL g ⁻¹ MS)	L (h)	S (h ⁻¹)	DIVMS 48 h (%)
1	103.956 ^b	11.0928 ^a	0.0271333 ^c	33.2000 ^c
2	112.033 ^b	8.4182 ^b	0.0307667 ^b	43.8000 ^b
3	112.333 ^b	10.1927 ^a	0.038833 ^a	52.8000 ^a
4	141.600 ^a	5.6782 ^c	0.0310333 ^b	51.000 ^a

Vm= Volumen máximo de gas; L= Fase Lag ó Tiempo de retardo; S= Tasa de producción de gas;

Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente (P<0.05)

T1: solo Heno, T2: Heno + 150 g de Melaza, T3: Heno + 150 g de Melaza enriquecida y T4: Heno + 300 g de Melaza enriquecida.

Con base a la Figura 2, se pudo determinar que el T4 fue el que alcanzó mayor producción de gas con respecto al resto de los tratamientos, esto se debe a la concentración de melaza enriquecida que tuvo dicho tratamiento, lo que mejoró el aprovechamiento del nitrógeno por parte de los microorganismos fermentativos del rumen, que finalmente se convertirá en proteína asimilable por el animal (Froidmont *et al.*, 2002).

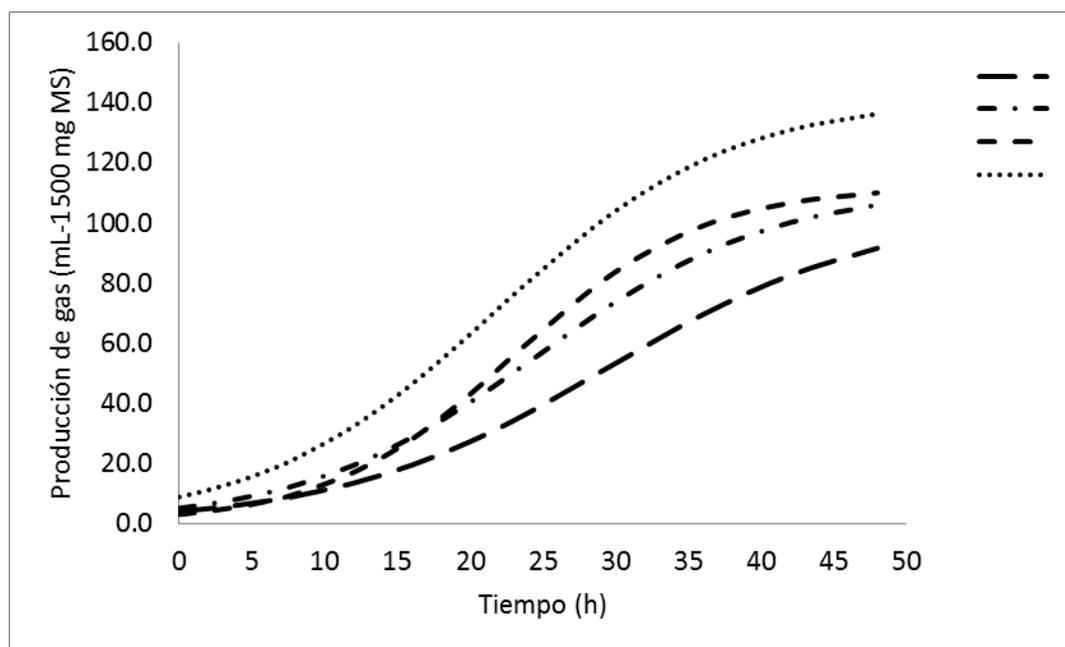


Figura 2. Cinética de fermentación *in vitro* de dietas empleadas en ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola y enriquecida T1: solo Heno, T2: Heno + 150 g de Melaza, T3: Heno + 150 g de Melaza enriquecida y T4: Heno + 300 g de Melaza enriquecida.

4.2.3 Consumo de las dietas evaluadas

El consumo de alimento es de suma importancia ya existe una correlación positiva entre esta variable y la ganancia de peso, aumento en la condición corporal, producción de leche y una respuesta reproductiva favorable, lo cual dependerá de la digestibilidad del alimento ofrecido (Bell, 1995).

En el Cuadro 9 se presentan los promedios del consumo voluntario de ovinos de cada uno de los tratamientos. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre todos los tratamientos siendo el T3 el del mayor consumo, seguido de T2 y T4. Los tratamientos con melaza ya sea sola o enriquecida presentaron mayor consumo, en tanto T1 estuvo por debajo de todos ellos, esto último puede atribuirse a la capacidad de procesar y/o digerir el heno, la palatabilidad y la calidad nutricional de la dieta cuando se agregan fuentes de carbohidratos solubles y de NNP. Esto concuerda con diferentes autores, coincidiendo que el consumo voluntario se mejora cuando se alcanza la máxima síntesis de proteína microbiana en el rumen, siendo esta cuando se presenta una concentración de amoníaco de 5 a 8 $\text{mg}^{-1} 100 \text{ mL}$ (Satter y Roffler 1975 y Buttery 1977). A su vez, estos niveles de amoníaco se alcanzan cuando la concentración de proteína bruta (PB) en la dieta es de aproximadamente 12% (T3 y T4 presentaron niveles de PC del 16.1 y 19.8%, respectivamente) y al haber máxima actividad microbiana, la degradación del alimento a nivel ruminal aumenta.

Cuadro 9. Consumo de forraje por ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza sola o enriquecida

	T1	T2	T3	T4
Consumo ($\text{g}^{-1} \text{ día}$)	593.88 ^d	1246.16 ^b	1332.28 ^a	1023.48 ^c

Medias en la misma hilera con letras distintas difieren estadísticamente ($P < 0.05$)
T1: solo Heno, T2: Heno + 150 g de Melaza, T3: Heno + 150 g de Melaza enriquecida y T4: Heno + 300 g de Melaza enriquecida.

4.2. 4 Ganancia de peso de los animales evaluados

En el Cuadro 10 se muestra los tratamientos suplementados con melaza (0.3% del PV para T2 y T3 y 0.6% del PV para T4) ya sea sola o enriquecida y harina de paso, El T2, T3 y T4 presentaron ganancias de peso, mientras que el T1 presentó una

disminución en la ganancia de peso vivo.

Esta respuesta podría estar asociada al mejoramiento de las condiciones ruminales, ya que los animales que consumieron los T2, T3 y T4 se les complementó con melaza y/o Harina de paso, lo que desempeña un papel muy importante en la actividad microbiana a nivel ruminal, pues según Navas *et al.* (2003) mencionan que los microorganismos del rumen, aun cuando incrementan su población por la adición de fuentes de NNP a la dieta del animal, requieren de fuentes de proteína verdadera, aminoácidos, péptidos y otras formas nitrogenadas. Los mismos autores señalan que los aminoácidos aportan las cadenas carbonadas para la síntesis de ácidos grasos volátiles en el rumen, fundamentalmente, de cadena ramificada o isoácidos, conocidos como ácido isobutírico, ácido isovalérico y ácido 2-metilbutirato. Estos son utilizados por las bacterias del rumen como factores de crecimiento, por lo tanto, la adición de aminoácidos preformados en las dietas donde se utiliza la urea, incrementa la actividad ruminal y la cantidad de proteína microbiana que se produce en el rumen (Huber 1975, Nocek y Russell 1988 y Hoover y Stokes 1991).

Rusell *et al.* (1992) indican que las bacterias que utilizan carbohidratos no estructurales tales como el almidón, pectina y azúcares, tienen un mejor crecimiento con un aporte de proteínas, péptidos o aminoácidos, en comparación a las bacterias que solo crecen con amonio. Al respecto, Duarte *et al.* (1996) mencionan que existe un efecto positivo en las ganancias de peso, el consumo y la digestibilidad del alimento cuando se incluyen fuentes de proteína verdadera en la dieta.

Por tanto, el mayor aporte de nitrógeno de las dietas suplementadas con melaza en T2, T3 y T4 (Cuadro 6) provocó mejores condiciones ruminales que mejoró la fermentación y digestibilidad de las mismas (Cuadro 7 y 8), lo que ocasionó a su vez mejores consumos (Cuadro 9), los cuales a la vez se reflejaron en las ganancias de peso en los animales (Cuadro 10). Sin embargo, cuando al animal se le suplementa con fuentes proteicas verdaderas, el comportamiento mejora aún más, pues se mejora el balance nutricional de la dieta basal satisfaciendo los principios de la digestión de rumiantes utilizando alimentos de baja calidad: suplementar a los microorganismos ruminales con amoniaco y azufre, lo cual se logró con el enriquecimiento de la melaza, la cual es un excelente vehículo de la urea (fuente de

NNP); los rumiantes requieren más proteína de la que reciben de los microbios ruminales, por lo que debe de ser suplementado con harinas proteicas verdaderas y finalmente, es necesario proveer de fuentes de glucosa a nivel ruminal, por lo que al proveer harinas se provee de dicha glucosa al metabolizar sus aminoácidos.

Los resultados indican que el uso de la melaza enriquecida con urea más una fuente de proteína de paso mejora el comportamiento animal. Utilizar solo melaza enriquecida aún en grandes cantidades no provocará mejores resultados, además, prolongar la suplementación podría expresar mejor el comportamiento animal.

Cuadro 10. Ganancia de peso de ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza y Harina de paso

Variables	T1	T2	T3	T4
Peso Inicial	44.26	46	48.33	40.6
Peso Final	43.33	48.1	50.4	38.46
Ganancia de peso diaria (g)	-18.97	42.85	42.24	-24.37

T1: solo Heno, T2: Heno + 150 g de Melaza+120 g de Harina de paso, T3: Heno + 150 g de Melaza enriquecida+60 g de Harina de paso y T4: Heno + 300 g de Melaza enriquecida.

4.2. 5 Conducta animal

El comportamiento ingestivo de los ovinos con los diferentes tratamientos de observa en la Figura 3, en ésta se aprecia la distribución del consumo de los ovinos durante 24 horas, el consumo mayor se presentó en las primeras horas del día después de ofrecer las dietas en todos los tratamientos. En general, los tratamientos con algún tipo de suplementación reflejaron mayor tiempo dedicado al consumo en comparación a T1, lo cual podría estar asociado a la mejor palatabilidad de la dieta y reflejado en los mayores consumos obtenidos.

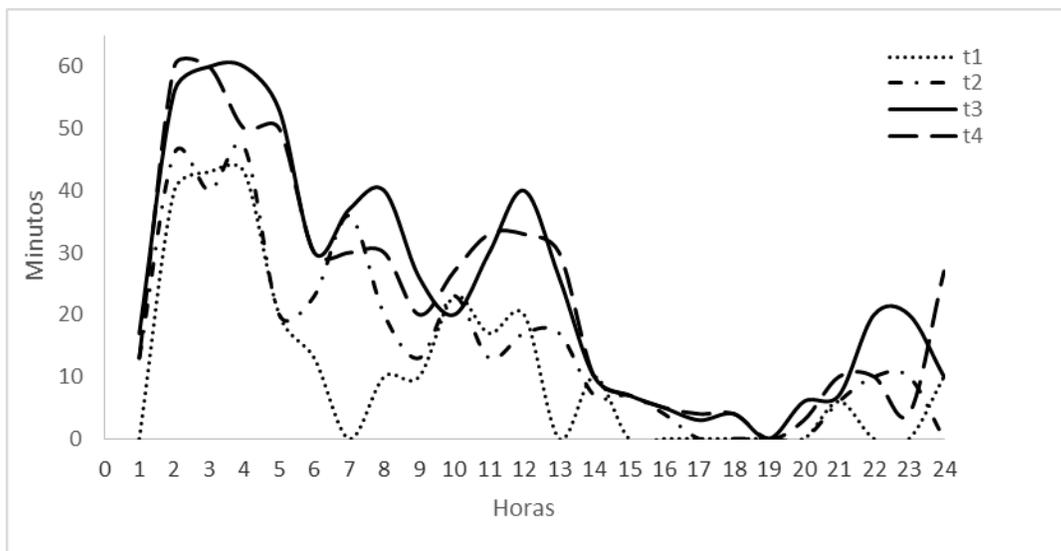


Figura 3. Comportamiento ingestivo de ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza y Harina de paso
 T1: solo Heno, T2: Heno + 150 g de Melaza+120 g de Harina de paso, T3: Heno + 150 g de Melaza enriquecida+60 g de Harina de paso y T4: Heno + 300 g de Melaza enriquecida.

Respecto a la rumia, se observa (Figura 4) que la mayor actividad la realizaron entre las 8, 13 y 20 horas después de ofrecido el alimento, siendo T1 y T2 los que mayor actividad presentaron entre los 30 a 40 minutos en comparación con T3 y T4. Lo anterior podría estar atribuido a la digestibilidad que presentaron las dietas (Cuadro 7 y 8) lo que modifica el comportamiento de los animales al realizar la rumia. Está bien documentado que las características físicas y químicas del forraje afectan algunos aspectos de la fisiología digestiva, como es el caso de la rumia. Welch y Smith (1969) y Van Soest (1994) afirman que existe una tendencia de aumento en los tiempos de rumia cuando acontece un aumento en los componentes fibrosos de la pared celular de los forrajes, esto se corroboró al conocer la DIVMS del T1 al presentar los valores más bajos (33.20%).

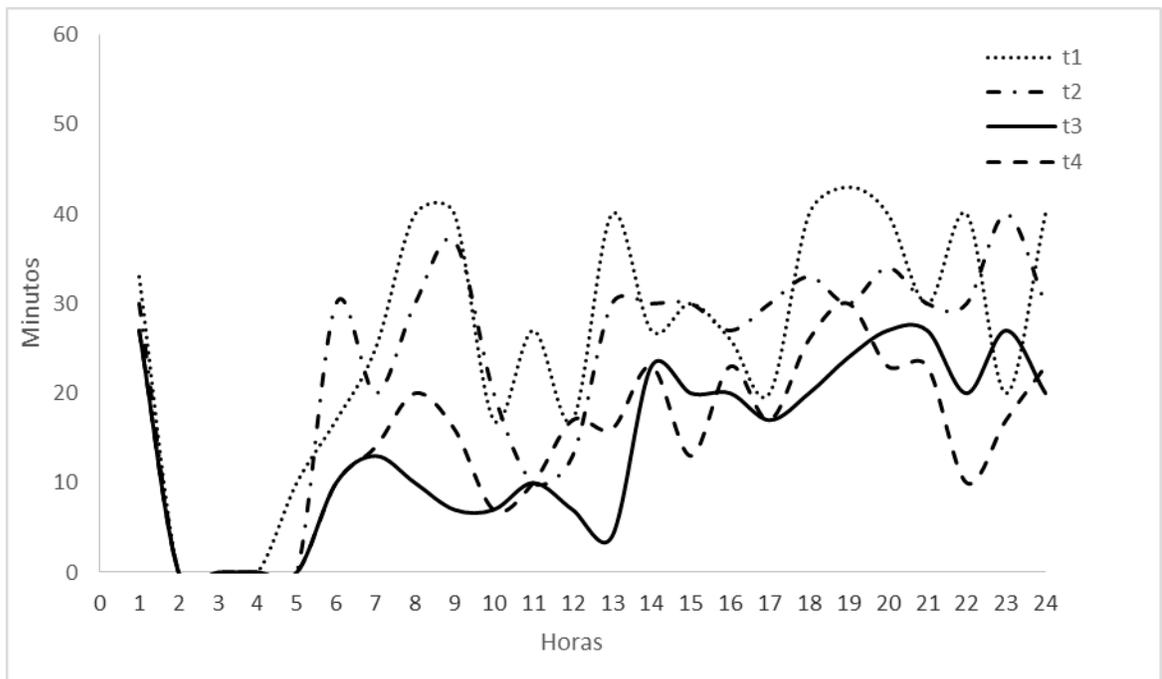


Figura 4. Tiempo dedicado a la rumia de ovinos alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza y Harina de paso

T1: solo Heno, T2: Heno + 150 g de Melaza+120 g de Hharina de paso, T3: Heno + 150 g de Melaza enriquecida+60 g de Harina de paso y T4: Heno + 300 g de Melaza enriquecida.

El periodo en que los animales no presentan consumo de alimento, rumia o ingestión de agua, son definidos como ocio o descanso, éste se presenta en la Figura 5. En ella puede observarse que los animales de todos los tratamientos fueron muy similares en esta actividad. En este ensayo, la mayor actividad de consumo se presentó durante las primeras horas del día y la actividad de descanso por la tarde y noche.

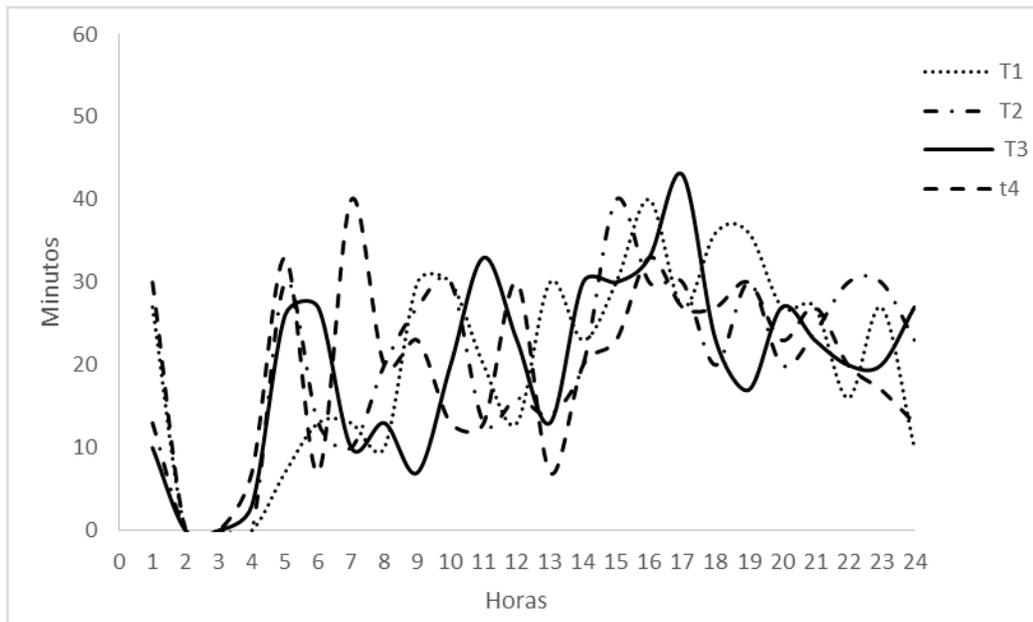


Figura 5. Tiempo dedicado al descanso de alimentados a base de Heno y suplementados con Melaza y Harina de paso

T1: solo Heno, T2: Heno + 150 g de Melaza+120 g de Harina de paso, T3: Heno + 150 g de Melaza enriquecida+60 g de Harina de paso y T4: Heno + 300 g de Melaza enriquecida.

4.2. 6 Costo de la suplementación

En el Cuadro 11 se presenta el análisis económico de los ovinos alimentados con Heno y Melaza, en donde se observa la inversión mínima que se requiere para mantenimiento de una borrega así como la preparación para el empadre. En el caso de los T1 y T4 la inversión es más elevada (\$204.70 y \$311.64 respectivamente) debido a que presentaron pérdida de peso, el mismo patrón de comportamiento se observó para la condición corporal para estos tratamientos, por ende no fueron aptos para realizar el empadre. En el caso de los T2 y T3 la inversión fue menor (\$180.16 y \$152.08 respectivamente) debido a que existió una ganancia de peso y la condición corporal se elevó favorablemente para que fueran aptas para el empadre, de ellos, el T3 fue el que resultó más económico durante el experimento. Cabe señalar que la suplementación de los ovinos para el empadre se ve como una inversión a largo plazo ya que la ganancia real se verá reflejada en una disminución de los días abiertos del animal y del número de crías.

Cuadro 11. Análisis económico de uso de Melaza en ovinos alimentados con forraje de baja calidad.

Variables	T1	T2	T3	T4
Costo kg ovino (\$)	44	44	44	44
Peso inicial (kg)	44.26	46	48.33	40.6
Peso final (kg)	43.33	48.1	50.4	38.46
Ganancia de peso (kg)	-0.930*	2.100	2.070	-1.200*
Ganancia neta por kg (\$MXN)	-40.92*	92.40	91.08	-52.80*
Costo de suplementación/ día (\$MXN)	3	5.22	5.62	4.94
Costo suplementación total/ 49 días (\$MXN)	147	255.78	226.38	242.06
Costo manejo sanitario	16.78	16.78	16.78	16.78
Inversión total (\$MXN)	-204.70	-180.16	-152.08	-311.64

5. CONCLUSIÓN

La producción de melaza en Chiapas es de aproximadamente 13,000 t mensuales, lo que indica el potencial de uso que tiene este subproducto en los sistemas ganaderos. El análisis químico de las melazas indicó que no existen diferencias entre los dos tipos de melazas producidas en los ingenios azucareros de Chiapas, pero en ambos casos, son de bajo aporte proteínico, lo que le confiere un costo por unidad de nutriente muy alto y que sugiere que la melaza no debe de utilizarse sola. El uso y utilidad de la melaza en las diferentes regiones del estado de Chiapas indica la importancia de este subproducto en la alimentación animal, pues aproximadamente el 68% de ganaderos lo utilizan mayormente como ingrediente de sus dietas (42%). La adición de melaza sola y enriquecida mejora la calidad nutritiva y parámetros de fermentación de pastos de baja calidad, pero para mejorar el consumo del mismo que reflejaría mejoras en la ganancia de peso es necesario no únicamente enriquecer a la melaza sino también utilizar una fuente de proteína verdadera, sin embargo, debido al costo de la suplementación, la decisión de utilizarla dependerá de los objetivos perseguidos en los sistemas de producción animal.

6. LITERATURA CITADA

- Amjed JM, Jung HG, Donker JD (1992) Effect of alkaline hydrogen peroxide treatment on cell wall composition and digestion kinetics of sugarcane residues and wheat straw. *Journal Animal. Science* 70: 2877-2884.
- Annison, E. F, Lewis, MR (1966) El metabolismo en el rumen. Ed. U.T.E.H.A., México. 200 pp.
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Washington, DC. USA. 684 pp.
- Araiza-Rosales, E. E.; Delgado-Licón, E.; Carrete-Carreón, F. O.; Medrano-Roldán, H.; Solis-Soto, A.; Murillo-Ortiz, M.; y C. Flàubi-Segura. (2013). Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad *in vitro* de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(2): 79-96
- Araque, C.; D'Aubeterre, R.; Quijada, T.; Dickson, L., Muñoz, G.; Sánchez, A.; (2008) Efectos de la complementación con heno-melaza-urea sobre parámetros productivos en cabras criollas a pastoreo. *Rev. Científ. FCV- LUZ*. 18:398-402.
- Ariza, B. y Gonzalez, L. (1997). Producción de Proteína Unicelular a partir de levaduras y melaza de caña de azúcar como sustrato. Tesis de pregrado Bacteriología. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Bacteriología. Bogotá. Colombia. 22-27p.
- Arnold GW, Dudzinski ML (1988) Ethology of free-ranging domestic animal. Elsevier Scientific. Publishing Company, Amsterdam. The Netherlands. 2:175 pp.
- Astibia, O.R.; Cangiano, C.A.; Cocimano, M.R. y F. J. Santini. (1982). Utilización del nitrógeno por el rumiante. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4(4): 373-384.
- Ayala, A.: y E. Tún. (1991). Influencia del consumo de bloques de melaza y urea sobre el comportamiento de toretes estabulados alimentados a base de forraje. *Trop. Anim. Hlth. Prod* 23:95
- Bell AW (1995) Reculation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal Anim. Sci.* 73:2804-2919.
- Buttery, H. (1977) Interactions between dietary carbohydrates in shep. *Journal. Agriculture Science* 89: 467-469.
- Carnevali AA, Chicco CF, Shultz TA, Rodriguez S, Shultz CE.(1970) Efecto de la suplementación con melaza y úrea para bovinos a pastoreo. *Agronomia Tropical* 20: 433-443.
- Castro, M. (1993). Estudio de la melaza de caña como sustrato de la fermentación Acetobutílica. Tesis Pregrado Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. 3-35p.
- CONADESUCA, (2016). *Informe estadístico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en México zafras 2015-2016*. <https://www.gob.mx/conadesuca/articulos/informe-estadistico-del-sector-agroindustrial-de-la-cana-de-azucar-en-mexico-zafras-2006-2007-2015-2016?idiom=es>. (Consultada el 16 de agosto del 2017).

- Cuartas CA, Naranjo JF, Tarazona AM, Barahona R (2013) Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal. *CES Med. Vet. Zootec.* 8:70-81.
- Delgado, I. B.; y J. Benito. (2012) Desarrollo de alimento animal melazado, y enriquecido a partir de insumos no-convencionales y subproductos de la caña de azúcar, para engorda de ganado bovino en etapa de finalización. Tesis doctoral. CICATA-IPN, Altamira. Instituto Politécnico Nacional. Altamira, Tamaulipas. México. 134 p.
- Duarte VF, Magaña CA, Rodríguez GF (1996) Respuesta de toretes en engorda a la adición de tres niveles de pollinaza a dietas integrales. *Livestock Research for Rural Development* 8: 1-6.
- Encalada C, Fernández P, Nohemí G, Jumbo B, Adriana Q. (2017) Ensilaje de pulpa de café con la aplicación de aditivos en el cantón Loja. *Rev. Bosques latitud cero.* 7: 71-82.
- Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. *Datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales. Valores de importación y exportación, volúmenes, tasas de crecimiento, cuotas de mercado*, <http://www.trademap.org/Index.aspx> (consultado 10 de septiembre del 2017).
- Fadel El-seed ANMA, Sekine J, Kamel HEM, Hishinuma M. Changes (2004) with time after feeding in ruminal pool sizes of cellular contents, crude protein, cellulose, hemicellulose and lignin. *The Indian Journal of Animal Science* 74: 205-210.
- Fahey CG, Hussein SH (1999) Forty years of forage quality research: accomplishments and impact from an animal nutrition perspective. *Crop Science*, 39: 4–12.
- Forbes JM (1995) Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. CAB International. Wallingford. UK. Pp. 532.
- Froidmont E, Rondia P, Théwis A, Beckers Y (2002) Rumen escape of methionine and lysine administered intraruminally to growing double-muscle Belgian Blue bulls. *Reproduction, Nutrition and Development*; 42: 537 – 544.
- Gallegos, M. (2009). Efecto del nivel de melaza en raciones para cordero en la concentración de enzimas en sangre, minerales en hígado y lesiones hepáticas. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León. México. 123 p.
- García, E. (1989). Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F. 246 p
- González W (1990) *Alimentación animal*. Editorial América. Caracas, Venezuela. pp 84.
- Honig, P. (1974). Principios de Tecnología Azucarera. Segunda Edición. Compañía Editorial Continental. México. 23- 54p.
- Hoover WH, Stokes SR (1991) Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. *Journal Dairy Science* 74:3630-3645.
- Huerta, M. (1992). Alimentación de los rumiantes. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. San Luis Potosí, México. 62 p.

- Ibrahim M, Franco M, Pezo DA, Camero, A, Araya JL (2001) Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. *Agroforestry Systems*, 51:167-175.
- INEGI. (2014). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Marco Geoestadístico*. Versión 3.1. Frailesca, Chiapas.
- Kawas, JR, Huston JE (1990) Effect of varying structural and nonstructural carbohydrate components in diets of pelibuey sheep on intake, digestion and rumination. *Proceedings of the Hair Sheep*. Ed. Stephan Wildeus. University of the Virgin Islands, Agricultural Experiment Station, St. Croix, U. S. Virgin Islands. p. 343-348.
- Leeson, S. y Summers, J. (2000). *Nutrición Aviar Comercial*. Editorial Le'Print Club Express Ltda. Bogotá, Colombia. 43-45p.
- Menke KH, Steingass H (1988) Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analyses and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*. 28: 7-55.
- Morales EJ, Mendoza HE. (2014) Desarrollo de dos alimentos balanceados utilizando pasto amoniado como sustituto proteico para ganado bovino de producción lechera media (15 y 18L/día). Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.
- Navas CC, Díaz CA. (2003) Introducción a la digestión ruminal. Facultad de Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. México Disponible: http://www.veterin.unam.mx/enlinea/ruminal/digest_ruminal.htm. Fecha de consulta: 5 de agosto 2017.
- Nocek, J., Russell, J. (1988) Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *Journal Dairy Science*. 71:2070.
- Noguera RR, Ramírez IC, Bolívar DM, (2006) Efecto de la inclusión de papa (*Solanum tuberosum*) en la cinética de fermentación in vitro del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Livestock Res Rural Develop*. 18:64.
- Olsen, J. y Allermann, K. (1991). La biomasa microbiana como fuente de Proteína. *Biología Básica*. Editorial Acribia. España. 65-72p.
- Ospina, A. y Palacios, M. (1994). Efecto del cultivo de levaduras sobre la carga orgánica de los efluentes de SUCROMILES S.A. Tesis pregrado Microbiología. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali, Colombia. 23-29p.
- Rodríguez CS, López HM, WingChing JR, Rojas BA (2014) Adición de melaza deshidratada y urea en ensilados de rastrojos de piña. *Agronomía Mesoamericana*. 25: 313-321
- Russell JB, O'Connor JD, Fox DG, Van Soest PJ, Sniffen CJ (1992) A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science* 70: 3551 – 3561.
- SAGARPA . (2015) *Importancia de la agroindustria de la caña de azúcar* <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20Agroindustriales/Impactos%20Caña.pdf> (Consultada el 25 de septiembre del 2017).
- SAS (2001). *SAS/STAT User's guide* (release 2.1) SAS Inst. Inc., Cary, N. C

- Satter LD, Roffler RE, (1975) Relationship between ruminal ammonia and nonprotein nitrogen utilization by ruminants. I. Development of a model for predicting nonprotein nitrogen utilization by cattle. *Journal Dairy Science* 58:1880-1888.
- Schacht WH, Kawas JR, Malechek JC (1992). Effects of supplemental urea and molasses on dry season weight gains of goats in semiarid tropical woodland, Brazil. *Small Rumin. Res.* 7:235-244.
- Scheaffer, R. L., W. Mendenhall y L. Ott. (1987). Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F., México. 321 p.
- Schofield, P. and Pell, A. N. 1995. Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent- soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. *Journal of Animal Science.* 73: 3455-3463.
- Swan, H. y Karalazos, A. (1990). Las melazas y sus derivados. Revista Tecnología. Geplacea. No. 19. España. 78-82p.
- Tocagni, H. (1981). La caña de Azúcar. Editorial Albatros. Argentina. 56-58p.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1994) Methods for Dietary fiber, neutral fiber and non starch polysaccharides in relation to nutrition. *Journal. Dairy Science.* 74:3583-3597.
- Van Soest, PJ, Robertson, JB, Lewis B (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science,* 10: 3583- 3597.
- Vazquez DC (2014). Chiapas con potencial en la producción ovina. Chiapas, México. <http://old.nvinoticias.com/chiapas/general/agropecuarias/239095-chiapas-potencial-produccion-ovina>. Fecha de consulta 28 de diciembre 2017.
- Welch J, Smith A (1969) Forage quality and rumination time in cattle. *Journal of Dairy Science* 53:797-800.
- Zafranet (2016). *Indice de sustentabilidad de la caña de azúcar.* <http://www.zafranet.com>. (consultado 5 de septiembre del 2017).
- Zapana J (1990) Amoniatación de residuos agrícolas con urea. Tesis de licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.