



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC

**SUPLEMENTACIÓN CON MELAZA A VACAS DE DOBLE PROPÓSITO EN LA
ÉPOCA DE ESTIAJE, EN ZACAZONAPAN MÉXICO.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO COMO INGENIERO AGRÓNOMO

ZOOTECNISTA PRESENTA:

NOE GONZÁLEZ TINOCO

CIRO BENÍTEZ JARAMILLO

DIRECTOR:

DR. BENITO ALBARRÁN PORTILLO

ASESOR:

DR. CARLOS M. ARRIAGA JORDÁN

DR. JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ ARMIJO

TEMASCALTEPEC, MÉXICO, MAYO 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
3. OBJETIVOS.....	3
3.1. Objetivo general	3
4. HIPÓTESIS.....	4
5. REVISIÓN DE LITERATURA	5
5.1 Producción mundial de leche	5
5.2. Perspectivas y situación actual de la leche de bovinos en México.....	10
5.3. Volumen de leche producida en México.....	12
5.4. Importancia de la producción láctea en el Estado de México.....	14
5.5. Estacionalidad de la producción de leche	15
5.6. Sistemas de producción de leche en México	17
5.7. Tipos de sistemas de producción	19
5.7.1. Sistema especializado	19
5.7.2. Sistema semi-especializado	21
5.7.3. Sistema familiar o de traspatio.....	22
5.7.4. Sistemas doble propósito	25
5.8. Características y análisis de los sistemas de producción de doble propósito	29
5.9. Importancia de los sistemas de producción de doble propósito	32
Sistema de alimentación en los sistemas de producción de doble propósito en el trópico	33
5.9.1. Sistemas de alimentación en las unidades de producción de doble propósito en Zacazonapan, Estado de México	36
5.9.2. Suplementación en ganado doble propósito.....	42
5.10. Tipos y características de suplementación utilizados en la alimentación animal.....	47

5.10.1. Principios de suplementación del pastoreo	47
5.10.2. Principales fuentes de energía	51
6. MATERIALES Y MÉTODO.....	52
6.1. Ubicación de la zona de estudio	52
6.2. Selección de la unidad de producción (UP)	53
6.3. Unidades experimentales	53
6.4. Tratamientos.....	55
6.5. Manejo de la alimentación	57
6.6. Periodos experimentales	58
6.7. Análisis químicos	58
6.8. Muestreo de la pradera.....	60
6.9. Peso y condición corporal.....	61
6.10. Mediciones de la leche	61
6.11. Diseño experimental	63
6.12. Análisis económico	63
7.1. Composición química de la pradera	64
7.2. Características productivas de la pradera	65
7.3. Respuesta animal.....	67
7.4. Análisis económico.....	70
8. CONCLUSIONES	74
9. BIBLIOGRAFÍA	75
10. anexos	85

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de doble propósito en el sur del estado de México constituye la base de ingresos para algunos ganaderos, la producción está marcada por las dos épocas del año lluvias y secas, obteniendo un aumento en la producción de leche durante la época de lluvias esto se debe a la alta disponibilidad del forrajes, los animales únicamente son suplementados con sales minerales; por lo que el pastoreo representa la única fuente de alimentación para el ganado.

Durante la época de estiaje la suplementación es la base más importante para la producción de leche, así como también para el mantenimiento del animal ya que es la principal fuente de alimentación, debido a que la disponibilidad de forraje es escasa, además de obtener producción de leche de los animales también ayudamos con la suplementación a que el animal mantenga sus requerimientos básicos para que no haya pérdidas graves y se traduzcan a pérdidas económicas, como tales serian, pérdida de energía, pérdida de condición corporal entre otras.

2. JUSTIFICACIÓN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta productiva utilizando melaza como suplemento ofrecido a vacas en lactación en la época de estiaje en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan en el sur del Estado de México.

Este trabajo surge con la finalidad de evaluar principalmente la producción de leche, en la época de estiaje tomando en cuenta las fuentes suplementarias de energía adicionada a su sistema de alimentación, principalmente la medición de la respuesta productiva para determinar, ¿cuánto nos regresa la vaca en kilogramos de leche por cada kg de suplemento administrado?.

En esta época la producción de leche es muy baja debido a la escases de forraje así como su bajo valor nutricional (<10% de PC). Una de las ventajas de utilizar la suplementación es aportar energía y proteína que el animal en pastoreo no puede obtener durante la época de secas, manteniendo de esta forma la producción de leche, así como el peso y la condición corporal de las vacas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

3.1.1 Determinar la respuesta productiva de la adición de melaza al suplemento consumido por vacas de doble propósito en la época de secas, en función de las siguientes variables:

- Rendimiento de leche (kg/vaca/d),
- Composición de leche (grasa, proteína y lactosa) (g/kg y g/d),
- Peso vivo (kg/vaca),
- Condición corporal (CC) y,
- Costo de producción de un 1 kg leche debido al suplemento

4. HIPÓTESIS

Existen diferencias en la respuesta productiva de vacas en lactación de doble propósito a la adición de melaza en el suplemento en comparación con el suplemento utilizado comúnmente por el productor en la época de secas

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Producción mundial de leche

La producción de leche de bovino es una de las ramas de la ganadería de mayor relevancia a nivel nacional, no solo por el alto valor nutritivo sino también por el papel que juega en el sector económico e industrial. La producción nacional es insuficiente, esto en relación a la información emitida por el Sistema Producto Bovinos Leche donde se indica que la producción nacional en 2013 fue de 10,345,982 millones de toneladas. Mientras que para Enero de 2014 las importaciones llegaron a 39, 987,654 millones de toneladas (SAGARPA, 2004).

Los sistemas de producción de leche en México se desarrollan bajo condiciones muy heterogéneas desde el punto de vista tecnológico y socioeconómico, influyendo de igual forma la localización geográfica de las explotaciones. Además, dada la variabilidad de condiciones climatológicas, las explotaciones adquieren características propias de cada región, influyendo adicionalmente la singularidad, tradición y costumbres de la población (SAGARPA, 2004). En las regiones áridas y semiáridas se desarrolla el sistema intensivo, en las regiones templadas los sistemas familiar y semi-intensivo y en las zonas tropicales el sistema doble propósito. Este último aporta el 18.3% de la producción nacional y se caracteriza por ser de tipo extensivo, basado principalmente en pastos nativos e introducidos como son: *Panicum máximum* y *Cynodon plectostachyous*.

Además de que la producción de leche y carne por hectárea son bajos debido a la estacionalidad, disponibilidad de forraje así como la baja calidad de este (bajo contenido de PC, alta FDN y baja digestibilidad) (Aguilar, 2011).

Debido a los altos costos de alimentación que genera el uso de concentrados en la alimentación del ganado, es de vital importancia la utilización de insumos que sean generados dentro de las unidades de producción o, que se puedan adquirir fácilmente y sean de bajo costo, pero sobre todo que no estén expuestos a fluctuaciones importantes de los precios a lo largo del año, permitiendo una producción de leche eficiente a bajo costo (Salas-Reyes 2014).

Esparza 2012, evaluó el efecto de dos niveles de proteína cruda (PC) en la dieta de vacas en pastoreo sobre rendimiento y composición de leche, así como nitrógeno ureico en leche (NUL); sobre, de dos niveles de proteína en tres diferentes suplementos: suplemento del productor 50% maíz mazorca (elaborado dentro de la unidad de producción, incluye grano, hoja y olote) y, 50% concentrado comercial (14% PC); suplemento experimental 80% maíz mazorca y 20% pasta de soya (16% PC) y, concentrado comercial (16% PC). Los resultados indicaron que niveles de proteína mayores a 14% no representaron una ventaja productiva y tampoco económica, ya que la producción de leche promedio para los tres tratamientos fue de 6.8 kg/vaca/día, siendo de menor costo el suplemento que contenía 14% de PC.

Esparza (2012) reportó niveles de NUL que oscilan entre 20.8 y 24.4 mg/dl, en la leche de vacas de doble propósito en Zacazonapan, México; los cuales se consideran altos, comparados con los reportados por Salas-Reyes (2014), quien evaluó la respuesta productiva de vacas que consumieron suplementos con 10, 11 y 12% de PC, encontrando niveles de NUL de 14.05 mg/dl en promedio en esta misma zona. Debido a lo anterior es posible señalar que las necesidades de PC en vacas bajo condiciones similares se encuentren dentro de los rangos evaluados por Salas-Reyes 2014, y que se hallan dentro del rango normal señalado por Vicente-Mainar (2002) de entre 12 y 18 mg/dl.

Esparza (2012) reportó que el suplemento con 14% de PC (4.5 kg/MS/vaca/día) cubría casi la totalidad de las necesidades de PC de vacas en lactación en la época de estiaje, encontrando que era la energía metabolizable y no la PC es el factor limitante de la producción animal.

Existen dos formas de incrementar el consumo de EM en las vacas en lactación. La primera es incrementando la cantidad de suplementos energéticos en la dieta, o incrementando la densidad energética de los suplementos (West, 2003).

Los incrementos en el nivel de energía mejoran el consumo de alimento y la producción de leche, reducen las pérdidas de pesos corporales y el periodo del balance de energía al inicio de la lactancia (López-Ordaz *et al.*, 2011).

La utilización de alimentos que contienen azúcar puede aumentar la densidad energética de la dieta, estimulando el consumo de materia seca (MS) y, servir como vehículos para la grasa, nitrógeno no proteico (NPN), y otros ingredientes. Los azúcares pueden cambiar el patrón de fermentación ruminal y suelen disminuir la concentración de amoníaco ruminal (Broderick y Radloff, 2004). La melaza, en forma seca o líquida, es una fuente práctica de azúcares de la dieta para la alimentación de las vacas lecheras (Hall, 2002).

La reducción del tamaño de partícula mejora de la utilización de almidón en el ganado lechero utilizando dietas a base de maíz (Moe y Tyrell, 1977). El uso de maíz molido en el suplemento mejora la utilización de amoníaco ruminal, lo que refleja una mayor digestibilidad ruminal del almidón y síntesis de proteína microbiana (Reis *et al.*, 2001). Por otro lado la producción de leche aumenta y el porcentaje de grasa de la leche disminuye, a medida de que el tamaño de partícula del grano se reduce (Mitzner *et al.*, 1994; Moe y Tyrell, 1977).

Según datos de la FAO (2012), la producción total de leche a nivel mundial correspondiente al año 2011 fue de 730.1 millones de toneladas métricas, lo que representó un crecimiento del 2.31% con respecto al año precedente. La misma fuente estima para el año 2012 con un crecimiento del 2.7%, por lo que la producción mundial llegaría a los 750.1 millones de toneladas. Estos valores se refieren a la producción de leche de las diferentes especies, de las cuáles la de

búfalo es la más importante. Si se considera solamente la leche de vaca, se ha realizado una estimación para el año 2011 a partir de información del Departamento de Agricultura de Estados Unidos y de otras referencias internacionales, las que indican que la producción mundial habría alcanzado los 614.4 millones de toneladas, lo que representa un aumento del 2.5% con respecto a la producción del año precedente. En el caso de las grandes regiones que componen América Latina y el Caribe, en el año 2011 la producción fue de 68.0 millones de toneladas para Sudamérica, 14.4 millones para América Central (incluyendo México) y 1.9 millones para la región del Caribe, lo que representa aumentos del 5.5 %, 1.25 % y 1 % para cada una de las tres regiones, respectivamente.

Países desarrollados como Estados Unidos y los de la Unión Europea, producen un gran volumen de leche, por lo cual sus excedentes terminan vendiéndolos en el mercado internacional con grandes subsidios, distorsionando fuertemente los precios del producto en los mercados mundiales (LACTODATA, 2011).

Durante los últimos años, la Unión Europea ha sido la región productora de leche de bovino por excelencia a nivel mundial, durante el 2010 tuvo una producción de 134 millones de toneladas, seguida de los Estados Unidos con una producción de 86 millones de toneladas y, en tercer lugar, la India con 48 millones. Se estima

que la población mundial consume anualmente cerca de 500 millones de toneladas en equivalente leche en diversas presentaciones para alimento humano. El 85% corresponde a leche de vaca y el resto a otras especies (búfala 11%, cabra 2% y otras 2%). La leche de búfala solo tiene importancia en el comercio local de países del sur de Asia (India y Paquistán). En los últimos diez años, el consumo humano total de leche ha crecido a una tasa media anual del 1.6% observándose dos comportamientos paralelamente, el de los países desarrollados y el de los países en desarrollo (SAGARPA, 2005).

Los países desarrollados tienden a una ligera disminución de sus consumos per-cápita (Holanda 329 kg, EUA 254 kg, Nueva Zelanda 210 kg). Actualmente consumen en promedio el equivalente a 200 kg de leche por habitante al año.

Los países en desarrollo el consumo per-cápita tiende a incrementarse por arriba del crecimiento demográfico. Hoy día está muy por debajo de los 188 kg recomendado por FAO (China 8 kg, Indonesia 5 kg, Perú 55 kg, México 97 kg, Brasil 128 kg). Actualmente, el promedio de consumo por habitante es de 44 kg, menos de la cuarta parte de la cantidad recomendada.

5.2. Perspectivas y situación actual de la leche de bovinos en México

Durante la última década el crecimiento en el consumo mundial de lácteos a obedecido en gran medida del aumento de la población mundial, la FAO

recomienda un consumo mínimo de 500 ml/día de leche, sin embargo en México se consumen un promedio de 340 ml/día por habitante (SAGARPA, 2010).

En general, la situación láctea en México no satisface la demanda de leche y sus derivados, esto en parte se debe a que las diversas condiciones de producción de leche reflejan una marcada posición contradictoria, porque se ha observado un incremento en la demanda de leche fluida en el país, pero por el otro lado no se ha reflejado en mejores precios de la leche pagados al productor (SAGARPA, 2010).

El costo de producción de leche es hasta 50% menor que el costo que tienen los productores nacionales. En México el promedio de costo de producción fue de \$5 por litro, lo que ha provocado a los productores nacionales serios problemas para vender su producto (SAGARPA, 2012).

La producción de leche en México se lleva a cabo bajo diferentes condiciones, tanto tecnológicas como económicas, debido a la localización geográfica de las explotaciones. Las unidades de producción de leche no cuentan con los mismos medios de producción ya sea en cuanto a tecnología, superficie de terreno, número de vientres y disponibilidad de cantidad y calidad de forrajes. Además, de la gran variabilidad de condiciones climatológicas (SAGARPA, 2010).

5.3. Volumen de leche producida en México

México ocupa el décimo octavo lugar dentro de los países productores de leche, con un nivel de producción de 10,742.637 miles de litros al año (LACTODATA, 2011).

En los periodos más recientes, entre 2003 y 2010 la producción nacional de leche paso de 9,784 a 10,677 miles de toneladas al año, lo que representa un crecimiento a una tasa anual promedio de 1.3%. Cabe señalar, que la producción nacional ha mantenido una tendencia de crecimiento que abarca poco más de dos décadas desde el inicio de la década de los noventa; no obstante lo anterior después del crecimiento sostenido solo se produce el 80% de la leche necesaria para cubrir el consumo interno (SAGARPA, 2012).

En México la producción de leche de bovino es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico y socioeconómico, incluyendo la gran variedad de climas regionales y características de tradiciones y costumbres de la población. Sin embargo, la industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México, y depende de la disponibilidad de la leche nacional y su crecimiento. Según Cifras del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA),

durante el periodo 2003-2011 la producción nacional de leche de bovino ha tenido una tasa media de crecimiento de 1.3%.

En México la producción de leche se desarrolla en todo su territorio, pero durante el periodo de 2005-2012 se concentró en cuatro estados que contribuyeron conjuntamente con el 45% de la producción nacional destacándose; Jalisco, Coahuila, Durango y Chihuahua. Cabe señalar, que los estados de Coahuila y Durango se encuentran ubicados en la Región Lagunera, que es la más importante cuenca lechera del país y que ocupa el primer lugar en producción a nivel nacional (SAGARPA, 2012).

Durante el 2010 la participación de los estados dentro de la producción nacional se encontraba distribuida de la siguiente manera: Jalisco 18%, Coahuila 12%, Chihuahua 9%, Guanajuato 7%, Veracruz 7%, México 5% Hidalgo 4% y el resto del país 29%. En particular el Estado de México se ubica en sexto lugar en cuanto a producción de leche de bovino, aportando el 5% de la producción nacional. Los sistemas de producción de leche a nivel estatal se pueden clasificar por el medio ambiente y localización geográfica: Zona norte y Central del Estado: predomina principalmente la lechería de pequeña escala o familiar con diferentes niveles de tecnificación. Zona sur del Estado de México: en un medio ambiente subtropical con un sistema de producción de doble propósito (SAGARPA, 2010).

5.4. Importancia de la producción láctea en el Estado de México

El Estado de México tradicionalmente fue conocido como maicero, llegando a destinar hasta 80% de su superficie agrícola a la producción de grano. Sin embargo, la producción se vio afectada a partir de 1994, debido a las grandes importaciones de este producto con menor precio en el exterior, afectando a los productores quienes desarrollaban dos estrategias de producción: destinar una mayor superficie a la producción de forrajes, así como continuar con el cultivo de maíz sin disminuir la calidad del forraje. Pero tendiendo esta producción a la alimentación animal para la producción de leche, en lugar de vender grano al mercado para consumo humano, ya que año tras año se agrava debido a que los costos de producción se incrementan a una tasa mayor que el precio de grano por tonelada (Espinoza-Ortega *et al.*, 2005).

Motivo por el cual la producción de leche en pequeña escala dentro del Estado de México ha cobrado gran importancia, debido a los grandes beneficios que ofrece a las familias campesinas, generándoles ingresos diarios por concepto de venta de leche, además de que esta actividad genera oportunidad de trabajo dentro de sus mismas comunidades evitando la migración a pueblos y ciudades vecinas para emplearse en diferentes actividades (Arriaga-Jordan *et al.*, 2013), siendo el principal ingreso económico para algunos productores, no así para otros

productores quienes complementan sus ingresos con la producción de leche bajo estos sistemas (Espinoza-Ortega *et al.*, 2005).

Estos sistemas de producción en pequeña escala, además de representar una alternativa viable para incrementar la producción nacional de leche, son una actividad fundamental en los sistemas campesinos de producción local; son sistemas en pequeña escala donde la producción de leche constituye una de las principales fuentes de ingresos para las familias además de representar la forma predominante de capitalismo, ahorro del sistema y reciclaje de nutrientes para la producción de maíz. Estos sistemas son un punto de partida de la producción de leche, ya que además del aporte al incremento de leche a nivel nacional, juega un papel importante de manera social aportando la calidad de vida del sector agropecuario rural el cual generalmente vive en condiciones críticas, pero que ven a este sistema de producción como una opción de desarrollo rural (Arriaga-Jordán *et al.*, 2013)

5.5. Estacionalidad de la producción de leche

Durante el 2009, se presentaron cambios importantes en los meses de mayor producción, debido principalmente a factores climáticos teniendo más meses de lluvia y por lo tanto mayor producción de forraje. Otro de los factores fue la mayor demanda de leche por parte de la industria nacional. Con respecto al promedio de los últimos 10 años, los meses con volúmenes por arriba de la media han sido

de junio a octubre, siendo septiembre el de mayor producción de leche durante el año (SAGARPA, 2010).

En México se tienen diversos sistemas de producción de leche, en primer lugar se tiene un sistema intensivo, con ganado de las razas especializadas en producción de leche como es la Holstein y Suizo principalmente, el cual no presenta estos altos volúmenes en los meses de lluvia, ya que su alimentación está basada en el consumo de alimento balanceado y forraje de corte, por lo cual mantiene forrajes homogéneos y constantes de volúmenes de producción durante todo el año. Sin embargo, también se tiene un sistema de producción de doble propósito o de lechería familiar en el que la producción de leche depende de la disponibilidad del forraje, la cual está ligada a la temporada de lluvias y en años recientes, a los precios pagados por el productor, por lo que representa mayores volúmenes de producción sobre todo en los meses de Julio a Octubre. (Arriaga-Jordán *et al.*, 2013).

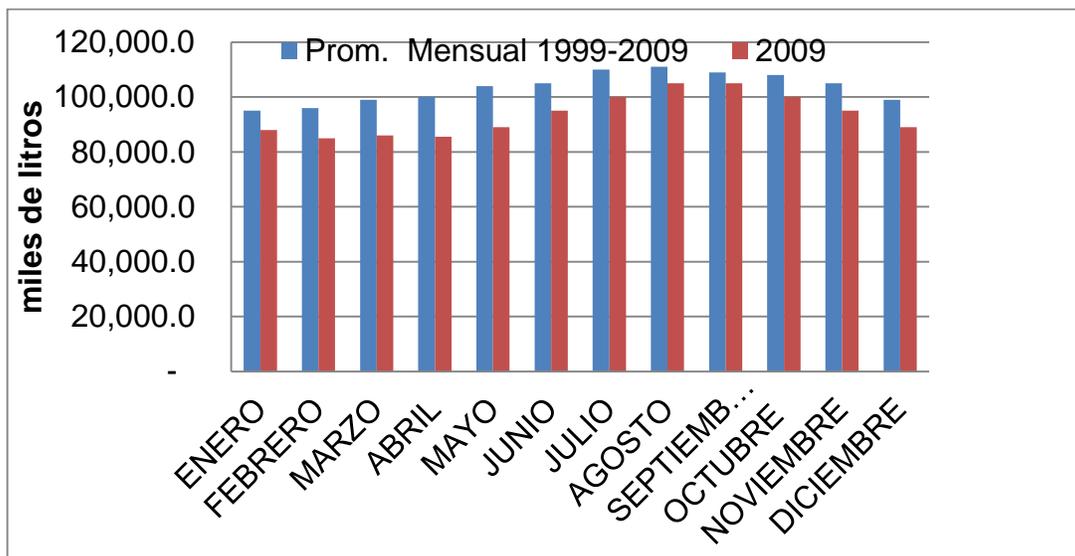


Figura 1. Producción mensual de leche para el periodo 1999-2009.

5.6. Sistemas de producción de leche en México

Los sistemas de producción se clasifican en cuatro: Especializado, semi-especializado, doble propósito o familiar o de traspatio. El primero corresponde al 50% de la producción total de leche, mientras que el semi-especializado aporta el 21.3%, por su parte el doble propósito aporta el 18.3%, el familiar representa solo el 9.8% (SAGARPA, 2012).

En México la producción lechera se desarrolla en condiciones muy diversas. Esto depende de varios factores, como son: el nivel socioeconómico de los productores, la tecnología disponible, la región donde se encuentre la explotación y las condiciones climatológicas (Ortiz *et al.*, 2005).

Los sistemas de lechería intensiva, constituyen una copia del Modelo Holstein Norteamericano, se enfocan a aumentar la productividad de los recursos invertidos, utilizando insumos en grandes volúmenes (Ortiz *et al.*, 2005).

La lechería familiar está formada por sistemas productivos de tipo campesino, dirigidos a aprovechar los recursos de familias rurales (Ortiz *et al.*, 2005).

La lechería de doble propósito, el manejo de los animales se efectúa en forma extensiva, basando su alimentación en el pastoreo (Ortiz *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Participación de los sistemas de producción de leche

Sistema	Numero explotación	Tamaño del hato cabezas	Lactancia promedio kg/lactancia	(%) promedio nacional
Leche especializada	1850	230	5000	25
Leche familiar	100000	15	2500	35
Doble propósito	120000	20	700	40

5.7. Tipos de sistemas de producción

5.7.1. Sistema especializado

Se caracteriza por contar con ganado especializado para la producción de leche de la raza Holstein y en mayor medida de las razas Pardo Suizo y Jersey. Estos sistemas cuentan con tecnología altamente especializada, el manejo es

predominantemente estabulado y la dieta se basa en forrajes de corte de buena calidad y alimentos balanceados. La ordeña es mecanizada y la producción se destina a las plantas pasteurizadoras y transformadoras (SAGARPA, 2005).

Los rendimientos obtenidos en la producción de leche son mayores a 6000 L por lactancia con lactaciones de 305 días (SE, 2012).

En la actualidad, la región de la laguna ubicada en los Estados de Coahuila y Durango, es considerado como la primera cuenca lechera especializada del país, cuya característica es la de ser el complejo más tecnificado y moderno, el cual se relaciona con el sistema agrícola de La Región por medio de la producción de forrajes y en especial de alfalfa, ya que los ingredientes que componen la dieta utilizada en este sistema provienen de la creación de ecosistemas mediante especies inducidas de plantas forrajeras cultivadas y cosechadas para la alimentación del ganado. Por lo tanto no es de asombrarse que estos estados se encuentran entre los principales productores de leche a nivel nacional (SAGARPA, 2010).

Los sistemas intensivos actuales, que constituyen una copia del Modelo Holstein Norteamericano, se enfocan a aumentar la productividad de los recursos invertidos, utilizando insumos en grandes volúmenes. Estas empresas producen con altos costos unitarios, por lo que requieren grandes volúmenes de producción y precios altos para tener utilidades. Emplean ganado muy productivo,

principalmente de raza Holstein las cuales producen de 4-6 mil litros/vaca/año, la duración promedio de lactancia es de 10 meses, las vacas se mantienen en instalaciones especializadas y con procesos mecanizados. La producción de leche se destinan a la pasteurización y la producción de derivados lácteos en grandes empresas nacionales (Ortiz *et al.*, 2005).

El ganado se alimenta con forrajes abundantes y de buena calidad, que se complementan con alimento concentrado, basado en granos. Utilizan mucha agua, para bebida y limpieza pero sobre todo para el cultivo de forraje, y por la estabulación a que comúnmente se someten, producen una acumulación de estiércol, que luego debe ser eliminado, incurriendo en más costos. En la explotación especializada se recurre en la mayoría de los casos a la inseminación artificial, aunque también a la transferencia de embriones. Se cuenta con atención veterinaria preventiva y mano de obra especializada o cuando menos de cierta experiencia. Los productores de este tipo tienen una integración alta (Ortiz *et al.*, 2005).

5.7.2. Sistema semi-especializado

Aun cuando predomina el ganado de la raza Holstein y Pardo Suizo no se llega a los niveles del sistema de producción anterior. El ganado se mantiene en condiciones de semi-estabulación que se desarrolla en pequeñas extensiones de terreno, la ordeña puede ser manual o mecanizada, con ordeñadoras individuales

o de pocas unidades, mantiene un nivel medio de tecnología y en ocasiones se cuenta con algunos sistemas de enfriamiento, aunque no es lo común. La influencia del trabajo familiar es una característica distintiva de los sistemas lecheros semi-especializados y familiares. La relación entre la especialización de las empresas lecheras mantiene una proporción inversa del uso de mano de obra familiar y contratado, mientras más especializado y grande es el rancho lechero, menos mano de obra se utiliza, teniendo la necesidad de usar mano de obra contratada (SE, 2012).

5.7.3. Sistema familiar o de traspatio

La lechería familiar está formada por sistemas productivos de tipo campesino, dirigidos a aprovechar los recursos de familias rurales. Existe la idea errónea de considerar a este sistema como una variante poco desarrollada de la lechería intensiva. Si bien es notoria su baja tecnificación y escala, su esencia es otra, con lógicas y objetivos diferentes (Ortiz *et al.*, 2005).

En México este sistema productivo contribuye con un poco más de la tercera parte de la producción nacional. La lechería familiar constituye una fuente importante de materia prima para toda la industria de lácteos en general y en forma estacional y temporal a la industria pasteurizadora (Ortiz *et al.*, 2005).

Las ventajas que percibe la industria en este sistema son el precio y la sostenibilidad en el abasto funcionando como sistema amortiguador en épocas

de crecimiento, cuenta con bajos costos y poca dependencia de insumos externos a la empresa. Las principales desventajas por su parte son la dispersión de la oferta y la calidad sanitaria (Ortiz *et al.*, 2005).

En varias partes del país, la participación de la industria ha sido el estimulante de este tipo de lechería, mediante el desarrollo de sistemas de acopio y el otorgamiento de servicios, como la asistencia técnica o la venta en condiciones favorables de concentrados, medicinas, semen, maquinaria, equipo e inclusive pie de cría. Este sistema se basa en la explotación de ganado en condiciones de estabulación o semiestabulación, empleando mano de obra familiar, en instalaciones muy cercanas a la vivienda de la familia. Las razas del ganado son Holstein, Suizo Pardo o cruza en proporciones cercanas a la pureza. Las instalaciones son adaptadas para la producción de leche, aunque poco funcionales. La ordeña se realiza más comúnmente a mano que en forma mecánica y pocas empresas cuentan con instalaciones para el enfriamiento de leche. La reproducción es por monta natural y en menor grado por inseminación artificial. Por lo general no se llevan registros productivos y reproductivos, Para la lechería familiar el promedio es de 5-25 vacas por hato, con 300–700 litros/vaca/año (Ortiz *et al.*, 2005).

La alimentación del ganado es basada en pastoreo o mediante el suministro de forrajes o esquilmos producidos en la propia unidad productiva. En algunas

regiones los esquilmos agrícolas constituyen la base de la alimentación. Cuando se proporcionan granos, por lo general, son producidos en la propia empresa y la compra de insumos forrajeros se realiza en forma flexible. La mayor parte de las empresas realizan la crianza de sus propios reemplazos, y tienen poca inversión en mejoramiento de su infraestructura. La ventaja de este sistema es su flexibilidad, pues depende poco de insumos externos y tiene bajos costos, lo que lo hace menos vulnerable a variaciones en los mercados (Ortiz *et al.*, 2005).

Son productores con pocos animales y poca tecnología y bajas producciones. La lechería familiar está formada por sistemas productivos de tipo campesino, dirigidos a aprovechar los recursos de familias rurales para mano de obra, cultivos forrajeros y residuos de cosecha producidas en sus parcelas con poco uso de insumos comprados y poca inversión en infraestructura. (SAGARPA, 2012).

Este sistema de producción se basa en el manejo de ganado en condiciones de estabulación o semi-estabulación, empleando gran parte de mano de obra familiar, en instalaciones muy cercanas a la vivienda de la familia. Las razas de ganado son especialmente Holstein, Pardo Suizo o cruza en proporciones cercanas a la pureza (son menos productivas). La reproducción es por monta natural y en menor grado por inseminación artificial. La alimentación del ganado está basada en el pastoreo o mediante el suministro de forrajes por lo general

producidos en las propias fincas. En algunos lugares los esquilmos agrícolas constituyen la base de la alimentación. Los ranchos con este tipo de sistema, producen leche a bajo costo, pero sus niveles de rendimiento productivo son inferiores y presentan precios unitarios más altos que los presentados en el sistema de producción intensivo. Las inversiones por vaca son menores que en los sistemas intensivos (casi la mitad) debido a que se encuentran en terrenos ejidales o utilizan el traspaso de sus casas, tienen ganado de menor precio, instalaciones y equipo menos especializado (SAGARPA, 2010).

5.7.4. Sistemas doble propósito

Se desarrolla principalmente en las regiones tropicales del país utilizando razas Cebuínas y sus cruces con Suizo, Holstein y Simmental, presenta la característica de que el ganado de las explotaciones tiene como función zootécnica principal el producir carne o leche dependiendo de la demanda del mercado (Ortiz *et al.*, 2005).

El manejo de los animales se efectúa en forma extensiva, basando su alimentación en el pastoreo a base de pastos inducidos y en menor grado mejorados. Este tipo de explotación presenta problemas de sanidad animal, comercialización, conservación y transporte. Para resolver los de comercialización, en los últimos años se ha organizado a los pequeños productores en "grupos solidarios" que vendan su leche a empresas

transnacionales. Para tal fin, cuentan con un tanque de enfriamiento para conservar su producto. Por lo general el equipo lo adquieren en comodato los proveedores de la Nestlé en México. Los productores se organizan por medio del acopio en el tanque, lo que les facilita la comercialización (Ortiz *et al.*, 2005).

Cuentan con instalaciones adaptadas, empleando para su construcción material de la región; la ordeña la realiza por lo general en forma manual y es de tipo estacional, la reproducción es por proceso natural y en algunos casos por inseminación artificial, utilizan en forma intensiva la mano de obra, principalmente familiar (Ortiz *et al.*, 2005).

La leche se vende, en su estado natural (leche bronca), constituyendo la principal fuente de ingresos para mantener la operación de la explotación hasta la venta de los animales para carne, aunque paulatinamente se han ido conformando explotaciones con el carácter comercial de producción de leche (Ortiz *et al.*, 2005).

La leche se destina a la venta directa al consumidor para la elaboración de quesos y a empresas industriales. En época de mayor producción las compañías captadoras de leche encuentran un negocio atractivo al reducirse el precio por la oferta (Ortiz *et al.*, 2005).

Este sistema se puede conceptuar como la crianza de ganado que produce tanto leche como carne para vender, donde parte del hato de las vacas se ordeña

parcialmente y el resto de la leche es para que la cría mame, aunque este sistema se puede encontrar en cualquier latitud y altitud, el Sistema de Producción de Doble Propósito es utilizado en las regiones tropicales de México, con altitud menor a 1000 msnm y con precipitación pluvial anual que fluctúa entre 800 y 3500 mm con una distribución estacional clara y un periodo seco de 6 meses del año (Martinez, 1995; Osorio *et al.*, 1998; Tewolde, 1998).

Dentro de este sistema predominan las razas cebuinas y sus cruizas con el ganado Europeo de carne y leche, en este sistema el ganado sirve para la producción de carne como producto principal y de leche como un subproducto. El manejo del ganado se da de forma extensiva, confinándose algunas veces a los corrales durante la noche, su alimentación se basa en el pastoreo, con un mínimo de complementos en alimentos balanceados durante la ordeña la cual es manual (Magaña *et al.*, 2006).

En este sistema las vacas producen en promedio 6 L/vaca/día con un periodo de ordeña de 210 días, lo que hace una producción anual por vaca de 1,260 L de leche por año. Este rendimiento se debe a la naturaleza de doble propósito ya que cierta cantidad de leche no es ordeñada debido a que se destina a la alimentación del becerro (Magaña *et al.*, 2006).

Según Vilaboa, (2009) menciona que en el país el 80% del sistema de doble propósito corresponde a unidades de producción localizadas en la región tropical,

es decir, los estados de Veracruz (38%), la Huasteca (Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí) (19%), Chiapas (16%) y Tabasco (8%).

En el sistema de lechería tropical se localiza el 67% del hato productor de leche en México (García, 1996).

Diversos autores (Nicholson, Maga y Delgado 1998) han mencionado que si bien los sistemas intensivos tienen mayor productividad (leche por unidad de área o por animal), no son más rentables que los extensivos o de doble propósito, lo cual sugiere que estos pueden tener menos costos de producción por unidad de leche y carne que los sistemas intensivos, además, el sistema puede contribuir para aprovechar los recursos tropicales nacionales, en un marco de competencia cada vez mayor por el uso de suelo y agua.

El sistema de doble propósito se basa en explotaciones de ganado bovino para carne, donde la producción de leche es una actividad secundaria, ya que el objetivo principal como producto es el becerro, caracterizado por la ordeña estacional del 10% de los vientres recién paridos que muestran mayor temperamento lechero; en este tipo de lechería se observan grandes picos de producción en la época de lluvias (Blanco *et al.*, 2001).

se calcula que en el sistema de doble propósito se ordeñan 2.3 millones de vacas, de lo cual se obtiene 40% de la producción nacional en más de 120 000 explotaciones ganaderas, ubicadas en el trópico húmedo y trópico seco, bajo el sistema de libre pastoreo en praderas nativas e inducidas; aquí, poco se utiliza la suplementación y las lactancias son cortas y con un promedio calculado en 700 litros por vaca por año, con un intervalo entre partos de 17 meses (Blanco *et al.*, 2001).

5.8. Características y análisis de los sistemas de producción de doble propósito

En México, las zonas con clima tropical abarcan el 27.7% del territorio nacional (INEGI, 2007); estas áreas juegan un papel importante en la producción de carne y leche (Magaña *et al.*, 2006). Sin embargo, las condiciones ambientales que prevalecen en estos climas dificultan la producción animal, principalmente con ganado bovino de origen europeo (*Bos taurus*) y los niveles productivos y/o reproductivos bajos para la época de secas. Existe la posibilidad de aumentar la producción de leche en México, si se aprovechan adecuadamente los recursos naturales disponibles. El pasto es el alimento más barato para las vacas, pero desafortunadamente el valor nutritivo y la disponibilidad varían durante la estación de pastoreo. Por lo tanto, para sobrepasar el límite máximo en

producción que impone el pasto, se requiere la provisión de un alimento de alta concentración energética y/o proteica (Martínez *et al.*, 2012).

Dentro del trópico mexicano los sistemas de producción de doble propósito son los que contribuyen con mayor proporción de leche de vaca en comparación con los sistemas especializados. De acuerdo a su capitalización, nivel tecnológico y uso de suelos, los sistemas de producción de doble propósito se pueden clasificar principalmente como extensivos y algunos como semi-extensivos. Cualquiera que sea la clasificación está claro que los sistemas de doble propósito, están asociados a bajos costos de producción y este sistema representa una alternativa viable que se tiene para aprovechar los recursos naturales, regionales y hacer frente a los desafíos que se señalaron previamente como resultado de la globalización económica, así como para la generación de empleos y utilización de mano de obra familiar (Magaña *et al* 2006).

Algunos de los indicadores de producción y reproducción de los sistemas de producción doble propósito que se han reportado oscila entre 50 y 60% de nacimientos (Nicholson, Maga y Delgado, 1998), aunque, con una amplitud que sugiere en el nivel de mano de obra familiar (39 a 81%), otro indicador de fertilidad importante, es la edad a primer parto, cuyo valor promedio es de 36 meses de edad, lo que sugiere bajo potencial de crecimiento y/o deficientes estrategias en

el manejo de reemplazos. La información sobre la mortalidad de las crías fluctúa entre 9 y 20%.

La producción de leche por vaca al día y por lactación dependen de la estacionalidad, seca o lluvia y sugiere una alta dependencia de la producción de leche a una mayor disponibilidad de los pastos. Con base a la producción de leche por lactancia (749 a 1589 kg) los sistemas de producción doble propósito se califican como extensivos o de baja intensidad pero muy eficientes en el uso de recursos forrajeros de media a pobre calidad. Sin embargo, al considerar el peso vivo de destete y al de leche producida por unidad de superficie (ha) al año, los hatos de doble propósitos muestran una variación considerable que representa retos y potencialidades del sistema y señalan la urgencia de estudiar sus componentes e interacciones con propósitos y objetivos de aumentar su producción y rentabilidad (Tewolde *et al.*, 2002).

Considerando los sistemas de producción de leche nacional, los sistemas de doble propósito del trópico mexicano son un indicador de las posibilidades reales que tiene el país para incrementar de manera significativa la producción y productividad del ganado lechero que complementaria a los sistemas tecnificados para hacerle frente a los retos de este siglo. Sin embargo, requiere de un reordenamiento en el uso de sus recursos como suelo, agua, forrajes (gramíneos, leguminosos y arbóreos), animales y de tecnologías para hacer a los sistemas de

doble propósito más productivos, rentables y sostenibles (Tewolde, 1998; Tewolde *et al.*, 2002).

5.9. Importancia de los sistemas de producción de doble propósito

El 80% de la producción de los sistemas de producción se localizan en la región tropical es decir, los estados de Veracruz (38%), la Huasteca (Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí) (19%), Chiapas (16%) y Tabasco (8%) según (Arriaga, 2006).

Las condiciones ambientales bajo las que se desarrolla la ganadería de doble propósito corresponden al trópico, ya sea de tipo húmedo o seco. El primero se estima con una superficie que abarca 19 estados de la República con 30 millones de hectáreas que representa el 15% del territorio nacional basada en explotaciones de ganado bovino para carne, donde la producción de leche es una actividad secundaria, caracterizada por la ordeña estacional, en el 10% de los vientres recién paridos se muestra mayor temperamento lechero; este tipo de lechería presenta una alta estacionalidad, observándose grandes picos de producción en la época de lluvias, calculándose que en el sistema de doble propósito se ordeñan 2.3 millones de vacas, las cuales producen un 40% de la producción nacional en más de 120,000 explotaciones ganaderas ubicadas en el trópico húmedo y trópico seco bajo el sistema de libre pastoreo, en praderas nativas e introducidas, se hace necesaria la suplementación con concentrados y

las lactancias reportadas son cortas y con un promedio calculado de 766 litros por vaca por año con un intervalo entre partos de un año (Martínez, 1995).

El Fondo Instituto en Relación de la Agricultura (FIRA, 2002), confirma que el 67% del total nacional del hato lechero se localiza en el trópico. Se estima que 26.6 millones de hectáreas se destinan a actividades agropecuarias. De estas 50% corresponden a agostaderos, 25% a praderas inducidas y el resto es dedicado a cultivos agrícolas (SAGARPA, 2005).

El sistema de doble propósito es el que presenta competitivamente los mejores indicadores, caracterizándolo como el sistema que más eficientemente utiliza los recursos disponibles como son praderas, arboles de las unidades de producción, resultando en bajos costos de producción (Muños *et al.*, 1995).

Sistema de alimentación en los sistemas de producción de doble propósito en el trópico

La región sur del Estado de México se caracteriza por su clima subtropical y una amplia disponibilidad de recurso tierra, solo que este recurso se encuentra en lomeríos y montañas con pendientes pronunciadas que dificultan el desarrollo de cultivos. Por lo anterior, la mejor forma de aprovechar este recurso es mediante la ganadería. En esta región tradicionalmente se ha desarrollado un sistema de

producción de bovinos de doble propósito, el cual es el de mayor importancia económica. El sistema de producción agropecuaria del sur del Estado de México está determinado por las condiciones medioambientales. Teniendo que en la época de lluvias existe una sobre producción de forraje principalmente de pastos dentro de los potreros (Albarran *et al.*, 2009).

Las unidades de producción de bovinos de doble propósito se caracterizan por ser extensivas, basándose en el pastoreo en potreros de grandes extensiones, en los cuales el pasto más representativo es el Estrella de África (*Cynodon plectostachyous*). Los pastos representan la principal fuente de alimentación del ganado en la época de lluvias, el único suplemento que reciben los animales en esta época son sales minerales (Albarran *et al.*, 2009).

Mientras que en la época de secas existe una falta de pastos con aceptables valores nutritivo y en cantidad suficiente que cubran los requerimientos de los animales, los productores se ven en la necesidad de utilizar suplementos para mantener niveles de producción de leche aceptables, tanto para la venta como para el mantenimiento de los becerros, así como para evitar que las vacas pierdan condición corporal que comprometa la reproducción (Albarran *et al.*, 2009).

Durante la época de estiaje, debido a la falta de pastos en los potreros, los animales complementan sus necesidades de consumo de materia seca, energía

y proteína consumiendo follaje, flor y frutos de árboles y arbustos con potencial forrajero. Además de servir como fuente alterna de forraje para los animales, los árboles y arbustos juegan un papel importante en el equilibrio de los sistemas de producción pecuarios al tener múltiples usos y funciones dentro de los potreros (Albarran *et al.*, 2009).

La base de su alimentación la constituyen los pastos tropicales nativos o inducidos, manejándose bajo sistemas de pastoreo rotacional con carga animal variando de menos de 0.5 a 3.5 unidades animal ha/año, con suplementación durante la época de secas principalmente con subproductos agroindustriales baratos, las vacas se ordeñan a mano una sola vez al día, permitiendo que la cría apoye en la ordeña, después se le deja un cuarto completo y/o leche residual, a veces el ordeño de los cuartos es incompleto. El destete de la cría no siempre coincide con el final de la lactancia, ello depende de la persistencia de la vaca y de algunos criterios del productor considerando el crecimiento del becerro, la época del año y la condición corporal de la vaca (Osorio *et al.*, 1998).

Estos sistemas dependen en gran medida de pastos tropicales nativos o introducidos al manejo de las praderas ya la carga animal por hectárea al año, así como la suplementación durante la época de secas pero principalmente a la suplementación pluvial (Osorio *et al.*, 1998).

Durante la temporada de sequía los forrajes reducen considerablemente su contenido de proteína, por lo que éste debe ser el principal nutriente a considerar en cualquier programa de suplementación de ganado en pastoreo durante el estiaje. La suplementación tiene como objetivo principal estimular el consumo de forraje seco al mejorar la actividad de los microorganismos del rumen. Pueden utilizarse ingredientes suplementarios comerciales altos en proteína y energía, el precio es el que determinará que producto utilizar (Osorio *et al.*, 1998).

5.9.1. Sistemas de alimentación en las unidades de producción de doble propósito en Zacazonapan, Estado de México

En la zona centro del país existen regiones subtropicales, en donde hay una importante producción de carne y leche. Tal es el caso del Estado de México, que destaca a nivel nacional por los importantes niveles de producción leche, ocupando el octavo lugar, y quinceavo en carne (Sagarpa, 2008). A nivel estatal, la región suroeste del Estado contribuye de forma importante a la producción de

leche y carne de bovino. En esta región, Zacazonapan ocupa el primer lugar en producción de leche y segundo en carne (Sagarpa, 2008).

En general, el sistema de producción de Zacazonapan se clasifica como doble propósito. Los ingresos obtenidos por la venta de leche representan para las unidades de producción el 59% de los ingresos anuales, mientras que los ingresos por venta de becerros destetados representa 37% de los ingresos el porcentaje restante corresponde a actividades complementarias como el comercio. Esto indica, que la producción de leche es la actividad de mayor importancia económica para las unidades de producción en esta zona (Albarrán, 2008).

El sistema de alimentación en el Municipio de Zacazonapan es determinado por la estacionalidad en la producción y disponibilidad de forrajes, teniendo dos épocas bien definidas: secas y lluvias. En la época de lluvias, los animales únicamente son suplementados con sales minerales; por lo que el pastoreo representa la única fuente de alimentación para el ganado en este municipio las praderas del municipio de Zacazonapan están dominadas por pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), mientras que en los agostaderos los pastos nativos representan la base forrajera para el sistema de producción pecuario de este municipio (Albarrán, 2008).

Las principales desventajas que presentan los pastos tropicales introducidos (e.g. Pasto Estrella) son: baja productividad (7 t/ha/año) (Albarrán, 2008), baja digestibilidad (0.60) y bajos niveles de proteína cruda (120 – 150 g/kg/MS). Por otro lado, los pastos nativos, presentan moderados niveles de proteína cruda (120 g/kg/MS), pero la producción de materia seca por ha-1 es baja (5.0 t/ha/año). Estos factores, representa una limitante para incrementar los niveles de producción en este tipo de sistemas, y en general en los sistemas de doble propósito del país (Albarrán *et al.*, 2009).

Por otro lado, en la época de secas (inicia en Diciembre y se prolonga hasta mediados de Junio), el pasto disponible en los potreros es escaso y de mala calidad, por lo que los productores tienen la necesidad de suplementar concentrados a las vacas en lactación en cantidades que oscilan entre 4 y 9 kg vaca/día. El suplemento se compone de una mezcla de 50% de mazorca de maíz molida (producido dentro de la Unidad de Producción, incluye hoja, grano y olote), y 50% de concentrado comercial (16% PC) (Albarrán, 2008).

El sistema de alimentación en el municipio de Zacazonapan es determinado por la estacionalidad en la producción y disponibilidad de forrajes, teniendo dos épocas bien definidas; lluvias y estiaje. En la época de lluvias los animales no reciben suplemento, por lo que el pastoreo representa la única fuente de

alimentación para el ganado. Mientras que en la época de estiaje ante la baja disponibilidad y calidad de los forrajes disponibles en los potreros, los productores recurren a la utilización de suplemento para evitar que los animales y en particular las vacas pierdan condición corporal y disminuyan los rendimientos de leche (Esparza, 2012).

En la época de lluvias (julio – noviembre) la alimentación de la totalidad del ganado consiste exclusivamente en el pastoreo de praderas dominadas por pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). La suplementación de minerales en general se resume en ofrecer a los animales “sal costeña” que básicamente es cloruro de sodio, y en pocos casos minerales de marcas comerciales. Las praderas no reciben fertilización en absoluto. Durante la época de secas (diciembre – junio), y ante la disminución en la cantidad y calidad de pasto disponible en los potreros los productores se ven en la necesidad de suplementar a sus animales (Albarrán, 2008).

Caracterización de praderas

La marcada estacionalidad en la producción de forrajes, determina en gran medida los niveles de producción de los sistemas de Doble Propósito en el Sur del Estado de México. Por un lado, en la época de lluvias existe una gran disponibilidad de pastos, que componen el 100% de la dieta de los animales. Por otro lado, en la época de estiaje, los pastos que no fueron consumidos por los

animales en la época de lluvias, se lignifica y representan una forma barata de henificados, estando disponibles para los animales, pero conforme avanza la época de estiaje, éstos van disminuyendo de forma significativa, por lo que los animales deben recurrir a otra fuente de forrajes que contribuyan a las necesidades de consumo de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) (Albarrán *et al.*, 2009).

Las fuentes forrajeras alternativas a los pastos se componen de plantas arbustivas y arbóreas, de las cuales los animales consumen el follaje, frutos así como flores, contribuyendo de esta forma a las necesidades de nutrientes de los animales cuando es escaso el forraje en las praderas. En el sur del Estado de México existe poca información sobre el sistema de producción de Doble Propósito, así como sobre las características nutricionales y potencial productivo de los recursos forrajeros de la región (Albarrán *et al.*, 2009).

En la Figura 1, se observa la composición botánica promedio de praderas en el municipio de Zacazonapan. Se observa que el pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), es el que se encuentra en mayor proporción (44%) dentro de las praderas, seguido por *Brachiaria decumbens* con el 17%, *Paspalum convexum* con 12%, y *Cynodon dactylon* con 11%. En menor proporción, se encuentran especies nativas como *Eleusine indica* (5%), *Paspalum conjugatum* (4%),

Paspalum scrobiculatum (2%) y *Digitaria bicornis* (1%), que en total representan el 12% de la composición botánica de las praderas

+

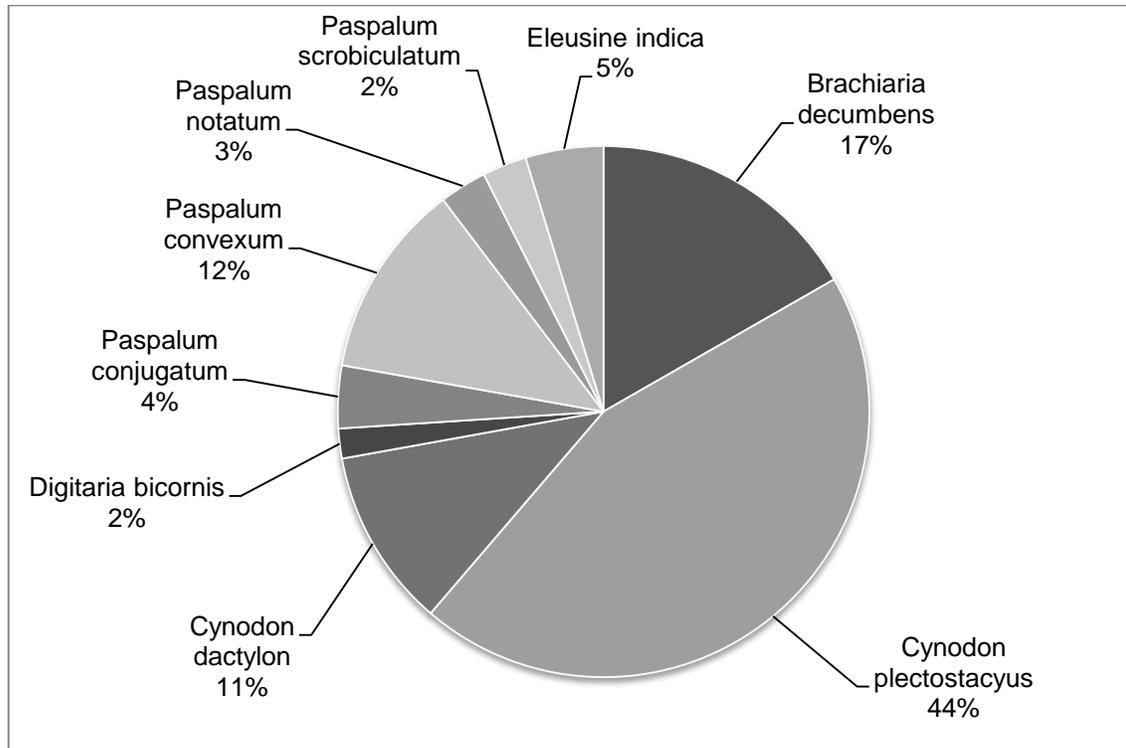


Figura 1. Composición botánica de praderas de Zacazonapan

Por lo anterior, se puede determinar que el pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), es el pasto dominante en praderas de Zacazonapan (Salas, 2011).

Por ello es que surge la necesidad de suplementar al ganado de doble propósito en pastoreo ya que el pasto estrella es deficiente en proteína menor a 10% de proteína cruda y la vaca al ser un rumiante necesita mínimo 10% de proteína cruda para realizar sus funciones ruminales.

5.9.2. Suplementación en ganado doble propósito

En zonas tropicales, la suplementación con concentrados comerciales en animales en pastoreo de doble propósito es una alternativa de alimentación empleada principalmente en periodo de escasez de forrajes, con la finalidad de mejorar la productividad a través del consumo de materia seca (Pulido *et al.*, 1999).

Los factores que más influyen sobre la producción de leche y su calidad son la genética y su alimentación, este último se encuentra dentro de los factores ambientales que afectan la producción de forraje de buena calidad. La concentración de algunos componentes de la leche (grasa y proteína) están directamente relacionados con el consumo de energía, los cuales pueden incrementarse con la suplementación de concentrados comerciales. (Esparza, 2012).

En los sistemas de doble propósito, desarrollado en el Sur del Estado de México, basan la alimentación fundamentalmente en el pastoreo directo de praderas permanentes. La producción es dependiente en gran medida del consumo y calidad del forraje disponible, además del número y productividad de los animales utilizados (Osorio *et al.*, 1998).

En general, sabemos que a medida que disminuye la calidad del forraje, también disminuye la ingestión del mismo por parte del animal, lo que resulta en una deficiencia energética. Dependiendo del forraje y de los requerimientos del animal, la suplementación con proteína puede solucionar la carencia de energía. Hay veces en que la suplementación directa de energía es necesaria para satisfacer los requisitos energéticos del animal (Mancilla, 2002).

Según Mancilla 2002 ha concluido lo siguiente:

1. Los niveles de suplementación de carbohidratos tienen que exceder el 0,65% del peso corporal antes de que se vea afectado el pH ruminal hasta el punto en que disminuirá la ingestión y el forraje queda sustituido por la energía, es decir, los niveles de suplementación no deben exceder 3,0 kg./animal-día para una vaca de 450 kg. Una regla más general y, supuestamente más segura, es que los niveles de suplementación de carbohidratos no deberían exceder 1,8 kg./animal-día.

2. Un suplemento alto en fibra tiene menos probabilidad de causar una disminución del pH ruminal.
3. Usar suplementos que son menos procesados (maíz entero en vez de molido) para poder reducir la posibilidad de sustitución y aumentar la proteína sobrepasante.
4. Asegurarse que haya suficiente proteína cruda en la dieta total cuando se suplemente con energía.
5. Se tiene que balancear la proteína degradable (urea) y no degradable en la dieta (PSP).
6. Con forraje de baja calidad, use la proteína cruda para aumentar la ingestión del mismo. Con forraje de alta calidad, use la energía apropiada en la ración balanceada para mejorar el desempeño del animal en los aspectos productivos y reproductivos.
7. Es más barato y más efectivo empezar temprano con la suplementación.

La Melaza Compuesta por azúcares incristalizables (fuente de energía para animales), líquido denso de color café oscuro, olor y sabor azucarado y palatable, actualmente es uno de los recursos más económicos que se puede usar como suplemento líquido, mezclado con NNP, como saborizante y humectante en dietas integrales en forma de harinas.(Bustamante guerrero, 2004).

Los azúcares contenidos en la melaza tienen una gran importancia desde el punto de vista de aportar a los animales una fuente energética que pueda cubrir sus necesidades y a un precio económicamente muy interesante. Se han realizado numerosas investigaciones acerca del valor energético de la melaza, y tomando como referencia el valor energético del maíz americano, está aceptado un valor energético para la melaza del 75% del que tiene el maíz. Por lo tanto, y desde un punto de vista exclusivamente económico, cuando el precio de la melaza sea inferior al 75% del precio del maíz, resulta interesante utilizar melaza como fuente de energía en lugar del maíz (Castillo *et al.*, 1999).

Pero en muchos casos la melaza se utiliza tanto más por su agradable olor y sabor que por su valor energético. Así ese buen sabor y aroma actúan estimulando el apetito, produciéndose un aumento de los niveles de ingestión de los alimentos melazados, y por otro lado permite utilizar otros alimentos y elementos de mal sabor que pueden ser rechazados por los animales por ejemplo cereales de baja calidad, urea, minerales (Castillo *et al.*, 1999).

La melaza es particularmente apreciada en la alimentación de los rumiantes, especialmente para ganado vacuno lechero, puesto que estimulan el crecimiento de la flora ruminal y hace que los animales aprovechen de una forma más efectiva

los alimentos fibrosos tales como la paja, heno, entre otros. La melaza puede tener un gran valor cuando se alimenta a los rumiantes con materia fibrosa y se añade como suplemento un pienso melazado, ya que la melaza incrementan la digestibilidad de los forrajes y aumenta por lo tanto el valor alimenticio de toda la ración (Bustamante guerrero, 2004).

Debido al elevado precio de los alimentos proteicos ha sido necesario buscar nuevas fuentes para el suministro de nitrógeno a los animales, utilizándose la urea para los rumiantes debido a la posibilidad de aprovechar el nitrógeno no proteico. Pero para poder aprovechar éste, precisan disponer de una fuente de energía, para lo cual la melaza es una buena opción , para enmascarar el mal sabor de la urea (Castillo *et al.*,1999).

Cuando se emplean métodos de programación lineal sofisticados para formular la composición de la ración, esta se hace por el método del mínimo costo usando ordenadores. En esas formulaciones aparece un porcentaje de melaza al tratarse de una materia prima económica, y dependiendo de su precio relativo los límites superiores de inclusión dependerán parcialmente de su composición nutritiva y de los límites de la maquinaria disponible para el manejo de la melaza y su mezcla con los otros ingredientes a utilizar (Castillo *et al.*, 1999).

5.10. Tipos y características de suplementación utilizados en la alimentación animal

5.10.1. Principios de suplementación del pastoreo

La provisión de alimentos suplementarios a los animales de pastoreo es normalmente para mantener el rendimiento animal durante periodo de escasas de forrajes, o mejorar el rendimiento animal por encima del cual puede ser obtenido únicamente con forrajes bajo pastoreo. El incremento de potencial productivo del ganado ha sido el resultado tanto del mejoramiento en el mérito genético, como el mejoramiento de sistemas de producción. Consecuentemente, los requerimientos para mantenimiento y producción de los animales exceden aquellos que pueden ser cubiertos únicamente por la pradera mediante el pastoreo (Mayne *et al.*, 2006).

Una de las mayores dificultades es la utilización de alimentos suplementarios en pastoreo de la estimación de consumo diario de forraje kg MS, y por lo tanto la determinación de niveles de suplementación requeridos para mantener determinados niveles de rendimientos animales (kg/leche/día). La respuesta animal y la suplementación, está determinada por el tamaño del efecto substituido en el consumo de forraje. Esto es influenciado por un amplio rango de factores del animal y de la pradera. Sin embargo, la mayoría de los estudios

en pastoreo indican que uno de los factores principales que determinan la tasa de sustitución de forraje es la disponibilidad de este mismo (Pulido *et al.*, 1999).

La suplementación estratégica en animales en pastoreo se realiza para mantener la productividad en periodos de escasez de forrajes (Zorrilla, 1994).

No obstante, el uso de alimento suplementario lleva a un efecto sustitutivo del forraje por el concentrado de tal manera que, en sistemas basados en praderas, la respuesta a la suplementación está dada por variables ambientales, por características de las plantas, de los animales y por la cantidad y tipo de suplemento. Esto determina que el suministro insuficiente de alimentos energéticos y/o proteicos en el ganado de doble propósito conduzca a la disminución del rendimiento lácteo y pérdidas de peso; una severa y prolongada deficiencia de energía disminuye la función reproductiva (Pulido *et al.*, 1999).

Zorrilla (1994) señaló que no es posible lograr altas tasas de crecimiento en la etapa inmadura del animal, únicamente con base en los nutrientes generados en el proceso de fermentación ruminal.

Por ejemplo, (Balocchi *et al.*, 2002) observaron que las vacas que recibieron un concentrado produjeron más leche y superaron el consumo total de materia seca, que las vacas que sólo recibieron pastoreo.

Montiel *et al.*, 2007 observaron el efecto de la suplementación alimenticia con concentrado (1% de su peso vivo) sobre condición corporal, producción láctea y tasa de gestación en vacas de doble propósito, anéstricas, en pastoreo. La condición corporal y la tasa de gestación fueron mayores ($P < 0.05$), mientras que la producción láctea no fue diferente.

La suplementación con concentrados en animales en pastoreo es comúnmente estratégica, y se realiza para mantener la productividad en períodos de escasez de forrajes, para mejorar la productividad sobre la que se puede obtener sólo con pradera, a través de un aumento en el consumo de materia seca. Sin embargo, el uso de alimento suplementario lleva a un efecto de sustitución de forraje por concentrado, por lo que la eficiencia de la suplementación (kg de leche /kg de concentrado), dependerá finalmente del efecto del suplemento sobre el consumo de forraje. Por lo tanto, en sistemas basados en praderas, la respuesta a la suplementación está dada por variables ambientales y por características de las plantas, de los animales en cuestión y por la cantidad y tipo de suplemento (Pulido *et al.*, 1999).

Informaciones en la literatura sugieren que la magnitud de la depresión en el consumo de forraje es influenciada por el tipo de suplemento (rico en fibra digestible o rico en almidón). Por ejemplo, concentrados amiláceos promoverían mayores tasas de sustitución que suplementos ricos en fibra digestible, por lo que

sería esperable mayores respuestas en producción de leche en los suplementos ricos en fibra (Meijs, 1986).

La suplementación en pastoreo es una de las principales herramientas la producción en ganado de doble propósito. La suplementación permite corregir dietas desbalanceadas, aumentar la eficiencia de la conversión de las pasturas, mejorar la ganancia de peso de los animales, también es una herramienta para aumentar la capacidad de carga de los sistemas productivos incrementando la eficiencia de la utilización de las pasturas en el pico de producción y aumentando el nivel por unidad de superficie (kg/ha/año) (Suarez, 2007).

La suplementación está asociada principalmente con la utilización de los granos y subproductos agroindustriales regionales, de menor costo con alta concentración de nutrientes energéticos y proteicos. Cuando se presenta el pico de producción, los días en que se da aumenta la cantidad de leche, la vaca es más demandante en agua y alimento; en la oferta adecuada, se puede mantener este pico de producción, define cómo las vacas inician con una producción normal que va aumentando hasta los 45 a 60 días de lactancia, cuando alcanzan el pico o máximo nivel de producción (Suarez, 2007).

5.10.2. Principales fuentes de energía

Las principales fuentes de energía básicas para la alimentación de bovinos son los granos; como el maíz, sorgo, cebada, trigo y sus subproductos y melaza. Los cereales son ricos en carbohidratos, son apetecibles y son muy digestibles, por lo general contiene menos cantidad de proteína, minerales y vitaminas de las que el animal necesita, por lo tanto dichas raciones deben ser suplementadas con otros ingredientes que aumenten los niveles recomendados. Las grasas y los aceites tales como la grasa de cerdo, grasa de res, aceite de maíz y soya contienen alrededor de 2.5 veces más de la energía que los granos, por lo que pueden ser incorporados en niveles no mayores al 5% de la ración de los animales (Aguilar-Pérez *et al.*, 2009).

6. MATERIALES Y MÉTODO

6.1. Ubicación de la zona de estudio

El experimento se realizó en una unidad de producción (UP) de doble propósito (DP) en el municipio de Zacazonapan, localizado en el Sur del Estado de México. Ubicado en latitud 19° 4' N 17" N, longitud 100° 15' a una altitud 1,370 msnm (INEGI, 2015).



El territorio municipal tiene una extensión de 67.14 km², que representa el 0.30 % de la superficie estatal. El clima que predomina es el cálido sub-húmedo con humedad moderada. La temperatura media anual es de 23° C, con una máxima anual de 31° C y una mínima de 15° C. La precipitación es alrededor de 1,115 mm anuales, con incidencia de vientos en mayo y en menor proporción en agosto y septiembre (Arroyo, 1999).

6.2. Selección de la unidad de producción (UP)

La UP mantiene en promedio de 24 vacas en lactación, y 1 semental todo el tiempo con las vacas. Las vacas tienen acceso a una superficie de 100 ha de potrero. De las cuales una mayor parte se destina para pastos, principalmente pasto estrella africana (*Cynodon plestostachyus*) y, pastos nativos tales como *Paspalum notatum*, *paspalum scrubinatum*, *Paspalum convexum*, *Paspalum conjugatum*. Una menor proporción para cultivo de maíz (Salas, 2011).

6.3. Unidades experimentales

Se utilizaron 12 vacas multíparas con 135±70 días de lactancia en promedio, de la raza Pardo Suizo, con rendimientos de leche promedio de 6.4±0.83 (kg/vaca/día), con un promedio de 4.1±1.99 partos, peso vivo de 409±32.7 kg, y condición corporal similares (1.5 puntos).

Las vacas eran ordeñadas una vez al día de 7:00 a 9:00. Antes de iniciar la ordeña se acercaba el becerro a la vaca para despuntar y estimular la bajada de la leche, posteriormente el becerro se amarraba al cuello de la vaca para ser ordeñada. Una vez terminada la ordeña, se soltaba el becerro para mamar la leche residual, permaneciendo con la vaca hasta las 14:00 h en que el becerro era separado de la vaca hasta la siguiente ordeña.



6.4. Tratamientos

El tratamiento control (SC) consistió en el suplemento que comúnmente utiliza el productor, que es elaborado a base de mazorca de maíz molida (producida dentro de la UP, incluye hoja, grano y olote), mezclada con pasta de soya, maíz molido y urea Cuadro 2).

	SCo	SMe
Ingredientes de los suplementos		
Maíz Mazorca	783	767
Pasta de Soya	100	118
Maíz Molido	94	-
Melaza	-	92
Urea	23	23
Composición química de los suplementos		

Materia Seca (MS) (g/kg)	880	840
Proteína Cruda (g/kg)	140	138
FND (g/kg)	291	348
FAD (g/kg)	59	99
Lignina	11	11
Extracto Etéreo (g/kg)	0.026	0.032
Digestibilidad de la MS (g/kg)	850	905
Digestibilidad de la Materia orgánica (MO) (g/kg)	835	890
Digestibilidad de la FND (g/kg)	690	737
Energía metabolizable (MJ/kg DM) (g/kg)	13.0	14.0

El suplemento experimental que contenía melaza (SMe) consistió en el suplemento que comúnmente utiliza el productor (base), que es elaborado a base de mazorca de maíz molida (producida dentro de la UP, incluye hoja, grano y olote), mezclada con pasta de soya y melaza (9.2% materia seca) Cuadro 2. Ingredientes y composición química de los suplemento

FDN: Fibra Neutro Detergente, FDA: Fibra
 Ácido Detergente
 SCo: Suplemento control y SMe: Suplemento
 Melaza

6.5. Manejo de la alimentación

Las vacas recibieron 4.75 kg/MS de suplemento en la manera como normalmente lo hace el productor, depositando el suplemento en un costal de alimento cortado a la mitad, acondicionado con lazos en dos de los extremos a manera de bolsa que fue amarrado al cuello de las vacas. Esta es la forma en la que el productor asegura que las vacas no desperdicien alimento, y que consuman únicamente la cantidad que les corresponde.



Las vacas contaron con sales minerales a libre acceso todo el tiempo, así como agua, a través de un canal que pasa por el potrero, o en un abrevadero en el área donde las vacas eran ordeñadas cada mañana.

6.6. Periodos experimentales

El experimento inició el lunes 21 de abril y terminó el día viernes 27 de junio de 2014. Se contemplaron 5 periodos experimentales (PE) de 14 días, (en este caso no fue necesario un periodo de adaptación ya que no se cambió de tratamiento entre grupos, todo esto en relación a lo mencionado por Aguilar Pérez *et al.*, 2009), el día 13 y 14 de cada PE se tomaron las mediciones de las variables de respuesta.

Durante la segunda semana de cada periodo experimental, se tomaron muestras de los suplementos, formando una muestra representativa del suplemento que recibieron las vacas en cada PE, para posteriormente ser analizadas en el laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la UAEM.

6.7. Análisis químicos

La materia seca (MS) del forraje y de los suplementos se determinó secando en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48 horas, para posteriormente ser pasadas por la malla de 1 mm de un molino Willey. Las muestras se analizarán por triplicado de acuerdo al A.O.A.C. (2000) para el contenido de MS, proteína cruda (PC) mediante Kjeldhal, (1984) para calcular como N- Kjeldhal x 6.25 y, cenizas por incineración de la muestra a 550°C durante 4 horas.

El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991) se analizaron utilizando bolsas filtro Ankom F-57 en un analizador de fibra Ankom²⁰⁰ (Ankom Technolgy, Macedon, N.Y. EE.UU.). Para el análisis de FDN, las muestras fueron tratadas con α -amilasa (Sigma A-3403 Sigma-Aldrich Co., Louis MO, EE.UU.).

Se utilizó la técnica de producción de gas In Vitro para la determinación de cinética ruminal de los forrajes y suplementos, de acuerdo al método propuesto por Theodorou *et al.* (1994) y modificado por Mauricio *et al.* (1999). El método se lleva a cabo en botellas de vidrio de 125 ml provistas de un tapón de goma y sellados herméticamente. Las botellas se llenaron con 0.999 g de cada ingrediente, agregando 90 ml de medio (solución buffer, macro minerales y micro minerales) y 10 ml de líquido ruminal, posteriormente fueron incubadas a 39° C. Los cambios de presión que se originaron por la acumulación de gas producto de la fermentación dentro de la botella fueron medidos con ayuda de un transductor de presión en ciertos intervalos de tiempo. Después de la incubación las muestras fueron filtradas y secadas durante 48 hrs a 60 °C, para medir la digestibilidad de la MS (DMS), de la FND, después del proceso de secado las muestras fueron pesadas e incineradas a 500 ° C durante 4 hrs para determinar la digestibilidad de la materia orgánica (DMO).

El contenido de energía metabolizable se determinó mediante producción de gas

In vitro utilizando la fórmula establecida por el AFRC (1993):

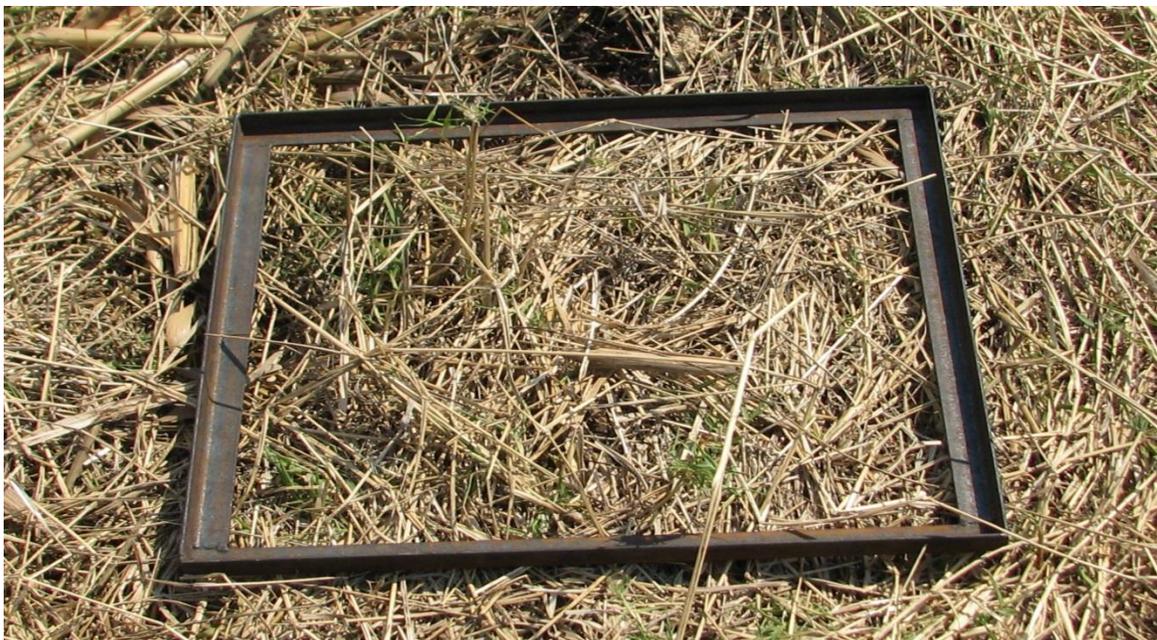
$$\text{ME (MJ/kg MS)} = (\text{dOM}) (0.0157)$$

Donde:

ME: Energía Metabolizable (MJ/kg MS), dOM: Digestibilidad de la Materia Orgánica.

6.8. Muestreo de la pradera

Al final de cada periodo experimental (PE) se muestreo la pradera para determinar la calidad nutricional del forraje que los animales estaban consumiendo durante el pastoreo, así como la masa herbácea (Kg/MS/ha), composición morfológica de la pradera (% de material vivo y muerto, y % hoja y tallo).



6.9. Peso y condición corporal

Las vacas se pesaron al inicio, a mediados y a final del experimento, con una báscula electrónica ganadera portátil marca Gallenger ®.

La condición corporal se determinó al momento de pesar a los animales, de acuerdo a la técnica descrita por Edmonson *et al.* (1989). La técnica se basa en la estimación por palpación de la cantidad de grasa subcutánea de la región periférica del maslo de la cola y sobre las apófisis transversas de las vértebras lumbares, utilizando una escala del 1 al 5 de acuerdo con la siguiente interpretación: 1 Flaco, 2 Moderado, 3 Bueno, 4 Gordo, 5 Obeso.

6.10. Mediciones de la leche

Para medir los rendimientos de leche (kg/vaca/d) se pesó el total de la leche los dos últimos días de cada periodo, con ayuda de una báscula de reloj con capacidad de 20 kg. Se tomó una muestra de leche para cada vaca y se determinó los rendimientos de grasa, proteína y lactosa (g/kg), mediante el equipo Ultrasonic Milk Analyzer Lactoscan-S® inmediatamente después de tomada la muestra al término del ordeño de cada vaca.

Para el análisis de nitrógeno ureico en leche (NUL), se tomarón 40 ml de muestra de leche que será mantenida en refrigeración hasta llegar al laboratorio donde se

centrifugó para eliminar grasa, el suero será conservado en ultra congelación (-18°C) para la posterior determinación del NUL, como se explica en el anexo.

6.11. Diseño experimental

Se analizaron los datos de respuesta productiva (rendimiento de leche, composición química de la leche, NUL, peso corporal y condición corporal), como medidas repetidas utilizando un PROC MIXED del paquete estadístico SAS 9.0 (SAS Institute, 2002) con el siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \delta_{ij} + t_k + (\tau^*t)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

y_{ijk} = Variable de respuesta

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i (1 y 2)

δ_{ij} = error aleatorio de la variación entre animales (sujetos) del cual se tomarón las mediciones repetidas

t_k = Efecto del periodo k (1,2...5)

$(\tau^*t)_{ik}$ = Interacción tratamiento i y periodo k

ε_{ijk} = Error experimental del tratamiento i en el periodo k

6.12. Análisis económico

La metodología de presupuestos parciales fue utilizada para determinar los costos de alimentación, considerando únicamente los costos de los concentrados.

7. RESULTADOS

7.1. Composición química de la pradera

En el cuadro 3 se observa la composición química de la pradera de acuerdo a cada periodo experimental. En general los resultados indican que la calidad nutricional de la pradera fueron bajas, en términos de proteína cruda (PC), con un valor promedio de 8%, con valores máximos de 11.7% y valores tan bajos como 5.2%.

Estos valores de proteína cruda (PC) se debe a que como es el periodo de secas el forraje es de baja calidad nutricional para vacas de doble propósito, ya que el forraje entra en latencia y baja su contenido nutricional, por ello la razón de la suplementación en esta época del año para que se mantengan los requerimientos nutricionales básicos de los animales. Ya que con estos porcentajes de proteína cruda las vacas de doble propósito no llevarían a cabo sus procesos productivos adecuadamente, como son producción, reproducción, mantenimiento entre otras por eso se debe suplementar para llevar a cabo dichos procesos.

Cuadro 3. Composición química de la pradera (%) por periodo experimental (PE)

	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PROMEDIO
Materia Seca (MS)	67.0	62.9	61.1	36.6	19.8	49.1
Proteína Cruda (PC)	5.1	5.2	6.7	11.1	11.7	8.0
FDN	69.6	74.3	70.1	58.0	65.2	67.6
FDA	33.1	37.0	36.6	28.0	30.7	33.2
Materia orgánica (MO)	91.0	92.4	92.4	90.3	90.8	91.1
Digestibilidad de la MS	64.3	55.4	66.3	67.7	81.7	67.1

FDN: Fibra Neutro Detergente, FDA: Fibra Ácido Detergente

Los valores de PC, FDN y FDA que aparecen en el cuadro 3 coinciden con lo reportado por Salas (2011) quien reportó el valor nutricional del pasto de praderas de Zacazonapan para los años 2008 y 2009.

Las digestibilidades en los PE 3, 4 y 5 resultaron altas debido a que pocos días antes del muestreo de pradera se presentaron algunas lluvias (mes de junio) que favorecieron el rebrote de los pastos, por lo tanto el mejoramiento de la calidad nutricional de la pradera tuvo un mejoramiento.

7.2. Características productivas de la pradera

La masa herbácea promedio por ha fue de 1,757 kg/MS/ha (Cuadro 4), lo cual es bajo debido a la época de estiaje. La variación de masa herbácea entre los periodos experimentales se debe al efecto del sitio de muestreo, ya que la toma de muestras

se realizó en el área que la mayoría de las vacas pastoreaba dentro del potrero, habiendo áreas dentro del potrero con mayor o menor disponibilidad de forraje.

Cuadro 4. Características productivas de la pradera por periodo experimental

	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	Promedio
MH Total	1,739	2,440	1,694	1012	1900	1,757
Material muerto	926	1,775	1,181	386	387	931
Material vivo	813	665	513.3	626	1,513	826
Hoja	623	469	398	495	853	568
Tallo	191	196	115	130	660	259

De la masa herbácea total, el 52% correspondió a material vivo. Éste alto porcentaje si consideramos que es la época seca, es un efecto del material vivo en el PE5, que como ya se mencionó, debido las primeras precipitaciones de la temporada de lluvias influyó en el crecimiento de las plantas así como su valor nutritivo.

Si eliminamos el porcentaje del material vivo del PE5, el porcentaje de material vivo para los periodos experimentales 1-4 es de 37%. Esto indica que aún en el periodo de secas existe crecimiento de plantas debido, aunque en poca cantidad.

Por observación visual, mucho del material verde crece debajo de árboles y arbustos, en donde debido a la sombra se puede conservar algo de humedad. Además de esto, los árboles y arbustos producen hoja, semillas y frutos en ésta época que también contribuyen a cubrir las necesidades de nutrientes de las vacas que pastorean el potrero. Estos beneficios de los árboles y arbustos en la región sur del Estado de México han sido documentados por (Olivares-Perez *et al*, 2013).

El porcentaje de hojas correspondientes al material vivo es de 68% y 32% corresponde a tallo.

7.3. Respuesta animal

En el cuadro 5 se observan los valores promedio de la repuesta productiva de las vacas a los suplementos. No existieron diferencias significativas entre los tratamientos para ninguna de las variables productivas (Cuadro 5).

El rendimiento de leche promedio fue de 7.0 y 7.1 kg/vaca/día para los tratamientos SC y SMe, respectivamente.

La concentración de grasa y proteína (g/kg) fue mayor para las vacas que recibieron el SC, sin embargo los valores no son estadísticamente significativos ($P= 0.31$ y 0.76 , respectivamente).

Respecto a lactosa existió una tendencia ($P= 0.06$) donde no hubo diferencia estadística en favor del suplemento control 43.2 vs 41.7 (g/kg). Esta tendencia cobra relevancia debido a que cambios en la concentración de lactosa en leche están

asociados al balance energético en las vacas. Por ejemplo, Reksen et al. (2002), reportó que altas concentraciones de lactosa en la leche de vacas, está asociado a una mayor probabilidad de que las vacas queden gestantes a un menor número de días postparto. Lo anterior se debe a que la lactosa se deriva de glucógeno plasmático, el cuál al estar elevado indica un mejor balance energético.

Esto se debe a que al suplementar melaza esta contiene azucares que ayudan al animal a incrementar sus niveles de lactosa y es por ello que existe la probabilidad que los animales sean mas productivos.

Cuadro 5. Respuesta animal debida a suplemento control (SC) y suplemento experimental (SME), así como el

	SC	SMe	SEM	P=
Leche (kg/vaca/d)	7.0	7.1	0.42	0.74
Grasa (g/kg)	31.5	29.7	4.7	0.31
Proteína (g/kg)	30.6	30.2	0.40	0.76
Lactosa (g/kg)	43.2	41.7	1.0	0.06
Peso vivo(kg)	442	403	26.67	0.11
Condición corporal (1-5)	1.6	1.5	0.05	0.24

Las vacas que consumieron el SC tuvieron numéricamente mayores valores de peso vivo (442 vs 403) y, de condición corporal (1.6 vs 1.5), igual que en leche, grasa y proteína, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P > 0.05$). Sin embargo, estas pequeñas diferencias numéricas coinciden con el mayor nivel de lactosa en leche de las vacas que consumieron el SC, lo cual puede indicar que tal vez, en experimentos de mayor duración se puedan identificar las diferencias como significativas.

Por periodo experimental (PE) 1, 2 Y 3 existieron diferencias significativas para producción de leche ($P = 0.0001$). Los rendimientos fueron significativamente mayores en los PE 4 y 5, debido a un mejoramiento en la calidad nutricional de la pradera por la presencia de lluvias.

Por la misma razón, hubo una diferencia significativa para la concentración de NUL, Condición corporal y peso de los becerros (Cuadro 6). Los incrementos en los niveles de NUL se explican por el incremento en el contenido de PC de la pradera (Cuadro 3.)

Cuadro 6. Cuadrados medios de los periodos experimentales (PE) de rendimiento de leche, rendimiento de los componentes de la leche, Nitrógeno Ureico en Leche (NUL), peso corporal y condición corporal con la adición de melaza (SMe) o maíz molido (Sc) al suplemento

	EP1	EP2	EP3	EP4	EP5	SE	P=
Leche (kg/vaca/d)	6.5 ^a	6.4 ^a	6.2 ^a	8.0 ^b	8.6 ^b	0.36	0.0001

Grasa (g/kg)	29.8	30.5	33.5	31.6	27.6	2.28	0.06
Proteína (g/kg)	30.0	30.2	30.3	31.4	30.3	0.42	0.07
Lactosa (g/kg)	39.7	42.9	42.9	43.6	43.1	1.48	0.33
NUL (mg/dL)	4.1 ^a	3.6 ^a	5.4 ^{ab}	7.0 ^{bc}	9.2 ^c	1.13	0.0001
Peso corporal (kg)	409		421		424	3.35	0.77
Condición corporal (1-5)	1.4 ^a		1.5 ^{ab}		1.6 ^b	0.05	0.02

7.4. Análisis económico

Todo experimento orientado a mejorar la productividad animal debe ir acompañado de un análisis económico para determinar la viabilidad productiva y económica de determinada estrategia de alimentación.

En 2009, Esparza determinó el costo de producción por litro de leche en la época de secas en el municipio de Zacazonapan mediante el seguimiento mensual durante un año a 10 unidades de producción; reportando un costo para la época de secas de \$4.40, siendo mayor al precio por litro pagado en ese entonces al productor que era de \$4.00. El costo de producción en la época de lluvias fue de \$2.53.

De los costos totales de producción, los rubros mano de obra y concentrados representaron el 44 y 42 %, respectivamente. Si bien es cierto que la mano de obra es el componente que representa la mayor proporción del costo total de producción,

al ser ésta primordialmente familiar, y por la cual no se hacen erogaciones en efectivo semanal o quincenal. Es decir, los productores o miembros de la familia que participan en la producción, no reciben un sueldo, si no que se benefician de las ganancias de la unidad de producción. Esto convierte a los concentrados en el principal componente de los costos de producción (Arriaga, 2006).

Según la metodología de presupuestos parciales para determinar los costos de alimentación, considerando únicamente los costos de los concentrados, así como retornos de la producción de leche y carne (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

Cuadro 7. Costo de producción de leche por concepto del uso de suplemento control (S_{co}) suplemento experimental (S_{me}) .

	SUPLEMENTOS	
	S_{Co}	S_{Me}
Costo por kg de alimento	3.7	3.9
Costo de alimentación	7,747.2	8,230.2
kg de leche/tratamiento	2,973.6	3,012.1
Total de retornos en efectivo	17,841.6	18,072.6
Margen bruto	10,094.4	9,842.4
*Costo de alimentación/ kg de leche	2.6	2.7
Precio de venta/kg leche	6.0	6.0
Diferencia /kg leche	3.4	3.3

* Por concepto del suplemento

El costo de los suplementos utilizados fue de 3.7 y 3.9 (\$/kg) para el suplemento control (S_c) y suplemento experimental (S_{Me}). El costo por kg de concentrado comercial en el momento de la realización del experimento era de \$5.0/kg. Por lo tanto el costo de los suplementos utilizados fue en promedio 25% menor que el costo del concentrado comercial.

Los costos totales de alimentación fueron mayores (6%) en el tratamiento experimental por el mayor costo de la melaza. Mientras que el margen bruto de ganancia fue solo 1% mayor para el tratamiento experimental.

Los costos de alimentación por cada litro de leche producido por concepto de alimentación fueron de 2.6 y 2.7 (\$/kg), lo que nos deja un diferencial de 3.4 y 3.3 (4/kg) para el suplemento control y experimental respectivamente (Cuadro 7).

Por lo tanto, bajo las condiciones en que se realizó el presente experimento, no existiendo ventajas productivas por la adición de melaza en el suplemento, el tratamiento más económico fue el tratamiento control.

Debido a que el suplemento control (Sc) al estar elaborado con las materias primas producidas dentro de la unidad de producción como es mazorca de maíz molida que incluye (hoja, grano y olote) mezclada con pasta de soya maíz molido y urea) , representan costos más económicos para este caso.

8. CONCLUSIONES

No existieron diferencias en los rendimientos productivos de vacas que consumieron melaza en comparación con los rendimientos productivos de vacas que consumieron el suplemento control, utilizado normalmente por los productores.

Sin embargo la suplementación con melaza ayudó a los animales a mantener condición corporal, ya que aportó al animal la energía que necesitaba para realizar los procesos productivos. Los azúcares que contiene la melaza son la fuente de energía para la mayoría de las células, la utilizan para cubrir las demandas de energía de un organismo, como es: la reproducción, desarrollo, ganancia de peso, producción de leche y para el mantenimiento del animal; y los carbohidratos y los lípidos son los compuestos principales que utiliza un organismo para obtener energía, una vez que son metabolizados y sintetizados en glucosa ó glucógeno por el hígado.

El suplemento control al estar basado en maíz mazorca molida producido en la unidad de producción fue el más económico, con lo que el costo de producción de un litro de leche es más bajo en comparación con el suplemento que incluye melaza ya que se tuvo que comprar la melaza.

9. BIBLIOGRAFÍA

Albarrán Portillo, B., Salas. I.G., Esparza Jiménez, S., Hernández Martínez. J., Rebollar Rebollar, S., García Martínez, A. (2009). Caracterización Socioeconómica de un sistema de producción de doble propósito en el sur del Estado de México. Coordinadores Beatriz A. Cavalloti Vázquez, Carlos F. Marcof, Álvarez, Benito Ramírez Valverde. En Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis. Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp.179-190

Albarrán P, B. (2008). Caracterización del sistema de producción de leche en Zacazonapan Estado de México. Informe final. Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados (SYEA). Universidad Autónoma del Estado de México.

Aguilar P.C.F., Ku Vera, J.C., y Magaña, M.J.G. (2011). Energetic Efficiency of Milk Synthesis in Dual- Purpose Cows Grazing Tropical Pastures. Tropical Animal Health 43: 767-772. Animal and Food Research Council (AFRC, 1993). Energy and Protein Requirements of Ruminants. CAB International, Wallingford, UK

Aguilar-Pérez, C., Ku-Vera, J.C., Centurion-Castro, F. y Garnsworthy, P.C. (2009). Energy balance, reproduction and milk production in grazing crossbred cows in the tropics with and without cereal supplementation. Livestock Science, 122: 227–233.

Arriaga J. C. M. Espinoza O. A., Albarrán P. B., García M. A., Ruíz A. M., Heredia N. D., Guadarrama E. J., y Castelán O. O. (2006). Desempeño económico de

estrategias de alimentación de ganado lechero en sistemas Campesinos del altiplano central de México. Ganadería, Desarrollo Sustentable Combate a la Pobreza: Los grandes Retos. Séptima Reunión Nacional. Eds. Cavallotti V. B.A.

Arroyo, P.E.J.L. (1999): Zacazonapan. Monografía municipal. Instituto Mexiquense de la cultura.

Arriaga-Jordán C.M., Heredia-Nava D., Martínez-García C.G. y Rayas-Amor A.A. (2013). (Memoria) Importancia de los Sistemas de Producción de Leche a Pequeña Escala en México. 1er Congreso Nacional de Producción, Calidad, Transformación, Comercialización y Nutrición de la Leche y sus Derivados.

Aguilar-Pérez, C., Ku-Vera, J.C., Centurion-Castro, F. y Garnsworthy, P.C. (2009). Energy balance, reproduction and milk production in grazing crossbred cows in the tropics with and without cereal supplementation. *Livestock Science*, 122: 227–233.

AOAC. (2000): *Official Methods of Analysis*. 19th Ed Association of Official Agricultural Chemists, Washington.

Balocchi, L. O.; Pulido, F. R. y Fernández, V. J. 2002. Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación con concentrado. *Agricultura Técnica (Chile)*. 62(1):87-98.

Bustamante Guerrero Jose de Jesus, (2004). Estrategias de alimentación para la ganadería bovina en Nayarit. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,

Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro Campo Experimental “El Verdineno” Folleto para Productores Num.1

Blanco-Ochoa Miguel A Gasque-Gómez R. (2001): Zootecnia en bovinos productores de leche. México (DF): UNAM, 2001.

Broderick G.A. and Radloff W. J. (2004) Effect of Molasses Supplementation on the Production of Lactating Dairy Cows Fed Diets Based on Alfalfa and Corn Silage. *Journal of Dairy Science*. 87:2997–3009.

Castillo Gallegos, Pigmenio; Ocaha Zavaleta, Eliazar; Mendoza Peralta, Consuelo; Gómez Sánchez, Rosendo; Rubio Gutiérrez, Ivette; Livas Calderón, Fernando; Aluja Schunemann, Andrés 1999. Complementos con base en melaza-urea para vacas de doble propósito del trópico veracruzano *Veterinaria México*, vol. 30, pp. 125-133 Universidad Nacional Autónoma de México.

CNSPBL. Comité Nacional Sistema Producto Bovinos Leche: Boletín del Sector Lechero, Marzo 2014.

Edmonson A. J., Lean I. J., Weaver L. D., Farver T., and Webster G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*.72:68–78.

Espinoza-Ortega A., Álvarez-Macias A., Del Valle M.C. y Chauvete M. (2005). Economía de los Sistemas Campesinos de Producción de Leche en el Estado de México. *Revista Técnica Pecuaria México*. 43(1):39-56

Esparza J.S., (2012). Respuesta Productiva y Económica a la Suplementación en Vacas Doble Propósito en Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Maestría.

Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T., Arriaga-Jordán, C.M., 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty, *Experimental Agriculture*, 43, 241-256.

García, H. L. A. (1996) Las importaciones Mexicanas de Leche descremada en polvo en el contexto del mercado mundial y regional. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

Hall M. B. (2002). Working with sugars (and molasses).Pages 146– 158 in Proc. 13th Anual.Florida RuminantNutritionSymposium., Gainesville, FL.

INEGI. 2007. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/localidad/itr/default.asp?c=7328> (Consultada el 15 de abril de 2007).

LACTODATA (2011). “Comisión nacional del sistema producto bovinos leche”. (en línea) disponible www.lechemexico.org.mx/lactodata/leche/index.php (obtenido el 5 de agosto del 2012).

López-Ordaz R., Gómez Pérez D., García-Muñiza J.G., Mendoza-Domínguez G.D., Lara-Bueno A., López Ordaz R. (2011). Optimum level of net energy in feed intake

and milk yield at early lactation in Holstein-Friesian cows in confined conditions. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria* 2(1):101-115.

Mancilla Luis Enrique, 2002. SUPLEMENTACIÓN ESTRATÉGICA DE LOS BOVINOS A PASTOREO Ing. Agr. Universidad Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora. Venezuela Bovina

Magaña Monforte J. G., Ríos Arjona G. y Martínez González J. C. (2006). Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Vol. 14 (3): 105-114.

Martínez-González, J. C.;1 Tewolde-Medhin, A.2 y Castillo-Rodríguez, S, (2012). Suplementación de concentrado en la producción de leche y peso vivo de vaquillas de doble propósito de primer partoŠ Supplementation of concentrate on milk production and body weight of heifers of double purpose of first calving P.1 1 División de Estudios de Postgrado e Investigación de la Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Correspondencia: jmartinez@uat.edu.mx.

Martínez, G. J. C. 1995. Reproducción del ganado bovino de doble propósito en el trópico seco. Memoria. X Aniversario del Postgrado. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Agronomía. Cd. Victoria, Tamps. p. 79-83.

Mayne, Yan, T., J. P. Frost, R. E. Agnew, R. C. Binnie, and C. S.. (2006). Relationships among manure nitrogen output and dietary and animal factors in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3981–3991.

Montiel, F.; Galina, C. S.; Lamothe, C. and Castañeda, O. 2007. Effect of a feed supplementation during the mid-lactating period on body condition, milk yield, metabolic profile and pregnancy rate of grazing dualpurpose cows in the Mexican humid tropic. *Archivos de Medicina Veterinaria* 39(3):207-213.

Meijs, J.A.. 1986. Concentrate supplement-tation of grazing dairy cows. 2. Effect of concentrate composition on herbage and milk production, *Grass Forage Sci.* 41: 229-235

Mitzner K. C., Owen F. G. and. Grant R. J. (1994). Comparison of sorghum and corn grains in early and midlactation diets for dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 77:1044–1051.

Moe P. W., and H. F. Tyrell. (1977). Effects of feed intake and physical form on energy value of corn in timothy hay diets for lactating cows. *Journal of Dairy Science.* 60:752–758.

Muñoz, M., Pius, O. y Altamirano, R.J. (1995). Retos y oportunidades del sistema de leche ante la apertura comercial. Reporte de Investigación No. 29. Publicado por el C.I.E.S.T.A.A.M. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Federación Panamericana de Lechería (FEPALE) FAO-FEPALE, 2012. Situación de la Lechería en América Latina y el Caribe en 2011, Observatorio de la Cadena Lechera. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, División de Producción y Sanidad Animal.

Ortiz Salazar Jorge A. García Terán Orville Morales Terán Gladis, (2005). Manejo de bovinos productores de leche. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas México-puebla-san Luis Potosí-Tabasco-Veracruz-Córdoba.

Osorio, A. M. M. Marine y Thomas 1998. Caracterización de los sistemas bovinos de doble propósito en el trópico. Observaciones sobre el comportamiento productivo de grupos raciales. Memoria. Cuarto foro de análisis de los recursos genéticos: Ganadería bovina de doble propósito. SAGAR. Villahermosa, Tabasco, México. p. 8-28.

Salas-Reyes I.G. (2011) Caracterización de Praderas Dominadas por Pasto Estrella (*Cynodon Plectostachyus*) en Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Licenciatura.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2004). Dirección de Ganadería. Disponible: www.sagarpa.gob.mx

SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación . (2005). Situación Actual de la Producción de Leche de Bovino en México.

SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación (2008). Dirección de Ganadería. Disponible: www.sagarpa.gob.mx

SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2010). Situación Actual de la Leche de Bovino en México.

SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2012). Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <http://www.siap.gob.mx/>, consultada en Mayo de 2014.

Suarez Ch. Mauricio A. Efecto de la suplementación con concentrado sobre la ganancia de peso de vacas de doble propósito a pastoreo

Olivares Perez, J., Avilez Nova, F., Albarran Portillo, B., Castelan Ortega O. A. y Rojas Hernández, S. 2013. Use of three fodder trees in the feeding of goats in the subhumid tropics in Mexico. Tropical Animal Health and Production. 45:821-828. Doi 10.1007/s11250-012-0294-y.

Pulido, R.; Cerda, M. y Stehr, W. 1999. Efecto del nivel y tipo de concentrado sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras en pastoreo primaveral. Archivos de Medicina Veterinaria. 31(2):177-187.

Reis R. B., San Emeterio F., Combs D. K., Satter L. D., and Costa H. N. (2001). Effects of Corn Particle Size and Source on Performance of Lactating Cows Fed Direct-Cut Grass-Legume Forage. Journal of Dairy Science. 84:429–441

Reksen, O., Havrevoll, O., Grohn, Y.T., Bolstand, T., Waldmann, A., and Ropstad, E. 2002. Relationships among body condition score, milk constituents,, and postpartum luteal function in Norwegian dairy cows. J. Dairy Sci. 85:1406-1415.

Salas-Reyes I.G. (2014): Respuesta Productiva y Económica de Tres Niveles de Proteína Cruda en Suplementos Ofrecidos a Vacas Lactantes en un Sistema Doble Propósito en Zacazonapan, Estado de México. Memorias del III Congreso Nacional y II Internacional en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas: Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Toluca México.

(SE, 2012). (Secretaría de Economía)

Tewolde, A. 1998. Los sistemas de producción bovina de doble propósito y los recursos genéticos. Memoria. Cuarto foro de análisis de los recursos genéticos:

Ganadería bovina de doble propósito. SAGAR. Villahermosa, Tabasco, México. p. 29-34.

Tewolde, A., J. C. Martínez G., E. Gutiérrez O. y J.G. Magaña. 2002. Utilización estratégica de los recursos genéticos para la intensificación de los sistemas de producción bovina de doble propósito. Memorias. IX Curso Internacional de Reproducción Bovina. UNAM-FMVZ-División de Educación Continua-Departamento de Reproducción. México, D. F. p. 121-134.

Van Soest P. J., Robertson J. B., and Lewis B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal production. *Journal of Dairy Science* 74:3583–3597.

Vicente-Mainar F. (2002): Relación entre la Concentración de Urea en la Leche y el Manejo Nutricional del Ganado Vacuno Lechero. Oviedo. Coedita KRK ediciones SERIDA.

Vilaboa, A. J.; Díaz, R. P.; Ruiz, R. O.; Platas, R. E. D.; González, M. S., y Juárez, L. F., (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 53-626.

West, J.W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86:2131–2144.

Zorrilla, R. J. M. 1994. Nutrición y alimentación de ganado en el trópico. Suplementación estratégica. Simposium sobre Ganadería de Carne en el Trópico. XII Día del Ganadero. Campo Experimental Aldama. INIFAP. Aldama, Tamaulipas, México. p. 21-40.

10. ANEXOS

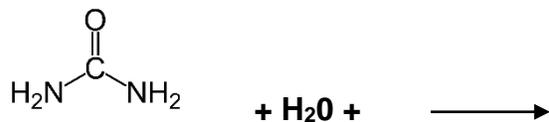
TECNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO UREICO EN LECHE

Matias Aguerre (UW-Madison, Dairy Science Department)

February 14, 2007

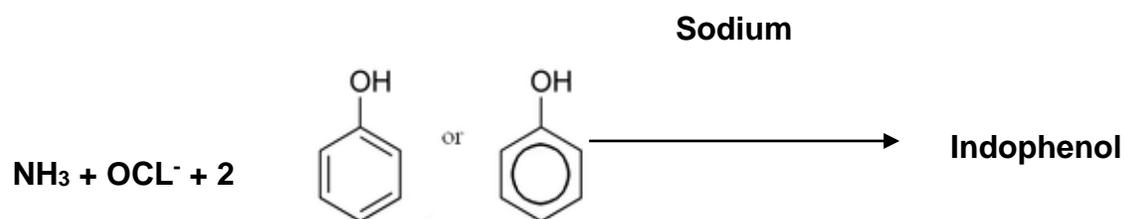
La reacción cromogénica entre el amoníaco y el fenol en presencia de hipoclorito fue descrita por Berthelot en 1859. El procedimiento original fue mejorado por Lubochinsky y Zalta en 1954 por la adición de nitroprusiato de sodio, lo que resulta en una reacción estable y altamente reproducible. Se añadió el uso de la ureasa a la reacción de Berthelot para la determinación de urea en los fluidos corporales en 1960 por Fawcett y Scott. Chaney y Marbach simplificar el método mediante la combinación de nitroprusiato y fenol en una solución única. El método se basa en las siguientes reacciones:

La urea se hidroliza a carbonato de amonio por la ureasa



El amoníaco es liberado del carbonato por el álcali

El amoníaco reacciona con hipoclorito alcalino y fenol en un medio alcalino. El nitroprusiato de sodio es un catalizador. El resultado es la formación del azul de indofenol. La concentración de amoníaco es directamente proporcional a la absorbancia de indofenol.



Materiales

Instrumento: Cualquier colorímetro fotoeléctrico o espectrofotómetro capaz de transmitir luz a 500-650 nm puede ser utilizado.

- Cubetas: 19 x 105 mm es un tamaño conveniente
- placa de micro titulación
- Matraz aforado de 1 litro (2)
- Botella ámbar 1 litro: almacén de reactivo A
- Frasco de polietileno de 1 litro: para almacenar el reactivo B
- Matraz aforado de 2 litros
- puntas de pipeta de 10 μL
- puntas de pipeta 200 μL
- Pipetteters

- Tubos de ensayo de cultivo de polipropileno (17 x 100 mm)
- microfuge
- tubos de microcentrífuga
- baño de agua
- Bastoncillos de algodón

Reactivos

Solución de trabajo de la ureasa:

- Solución de ureasa Stock (aproximadamente 40 unidades / ml) de suspensión: 0,2 g de ureasa (ureasa que contiene 3.500 a 4.100 unidades / g es adecuado) en 10 ml de agua y agregar 10 ml de glicerol. Guarde en el refrigerador y deseche después de 4 meses.
- Solución de trabajo de ureasa (0,4 unidades / ml). Diluir 1 ml de la ureasa de stock a 100 ml con la solución de EDTA (véase más adelante). Guarde en el refrigerador y deseche después de 3 semanas.
- EDTA (1 g / 100 ml, pH 6,5). Disolver 10 g de la sal sódica de EDTA en aproximadamente 800 ml de agua desionizada. Ajustar el pH a 6,5 con NaOH (1 M) y diluir hasta 1 litro. EDTA se une a cationes que podrían interferir con la actividad de la ureasa.

Reactivo A: 11 ml de fenol licuado 90%

- 50 mg de nitroferrocianuro sódico (nitroprusiato de sodio)

- 8,25 g de tungstato de sodio

Traiga volumen total de un litro con agua desionizada. Guarde en un frasco de color ámbar en el refrigerador. La vida útil es de 28 días.

Reagent B:

- 25 g anhydrous disodium phosphate
- 5 g sodium hydroxide
- 50 ml Chlorox (5.25% sodium hypochlorite)

Traiga volumen total de un litro con agua desionizada. Almacene en botellas de polietileno en el refrigerador. Periodo de validez es de 28 días.

Normas:

Preparación de la solución estándar: Preparar la solución de urea de stock con una concentración de 150 mg / dl mediante la adición de 1000 ml de agua desionizada destilada a un matraz aforado de 2000 ml. Añadir 1,5 g de urea y mezclar hasta que la urea se disuelve completamente. Preparar cinco estándares con las concentraciones que se indican en la Tabla 1. Por ejemplo, para la solución / dl 15 mg añadir 1,0 ml de solución de urea de stock a un tubo de cultivo de polipropileno y añadir 9,0 ml de agua desionizada. Esto le dará una concentración de urea de 15 mg / dl.

150 mg / dL = 1,5 g de urea en 1 L de agua destilada

Cuadro 1. Diluciones de la curva estándar

Urea concentration (mg/dl)	ml standard	ml distilled water
15	1.0	9.0
30	2.0	8.0
45	3.0	7.0
60	4.0	6.0
75	5.0	5.0

Nota: Las normas de urea no son el nitrógeno de urea, los valores finales para las muestras deben ser divididos por 2.14 para convertir la urea en nitrógeno de la urea

Colección de muestras:

Las muestras deben recogerse sin conservante y se mantienen congelados hasta que los análisis.

Preparación de la muestra:

- Este paso es fundamental para obtener resultados repetibles
- Las muestras de leche Descongele en un baño de agua caliente
- Cuando la leche se descongela completamente mezcla a fondo y poner 1 ml en un tubo de microcentrífuga
- microcentrífuga durante al menos 5 minutos a 10.000 rpm
- eliminar la grasa tanto como sea posible con el dorso de un aplicador con punta de algodón
- Se ha eliminado el resto de la grasa limpiando con el fin de algodón
- Para obtener los mejores resultados enfriar la muestra en el frigorífico durante una hora antes de extraer la grasa

Procedimiento:

- Añadir 0,5 mL de solución de trabajo de la ureasa a cada tubo de cultivo de polipropileno (permite ureasa alcance la temperatura ambiente antes de añadir a los tubos)
- Añadir 10 μ L de estándar o muestra a los tubos respectivos (por duplicado)
- Ejecute dos tubos como espacios en blanco (que contiene ureasa, pero hay un estándar o muestras)

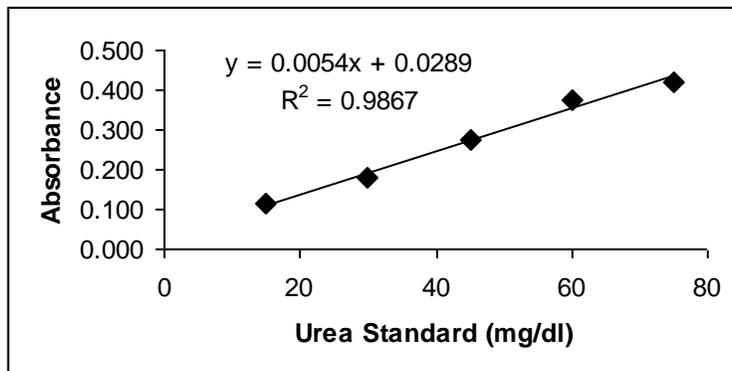
- Mezcle el contenido girando suavemente e incubar todos los tubos durante 15 minutos a 37 ° C
- Añadir 4 ml de solución A. Vortex
- Añadir 4 ml de solución B. Vortex
- Incubar en un baño de agua a 37°C durante 20 min (incubación debe hacerse en un lugar oscuro)
- Traslado a disposición de cubetas y leer en espectrofotómetro a 625 nm o 200 μ L transferir a una placa de microtitulación y leer entre 600 y 640 nm.



Las muestras deben permanecer relativamente estables durante 24 horas, pero se recomienda para ser leído en 12 horas.

Cálculos

- 1) Construir curva estándar utilizando la absorbancia medida a partir de los 5 estándares y calcular la ecuación de regresión. Corregir la absorbancia estándar con la absorbancia del blanco (ureasa + reactivo A + reactivo B)



- 2) Calcular la concentración de urea en las muestras usando la ecuación de regresión calculada y la absorbancia medida a partir de cada muestra. Corregir cada absorbancia de la muestra con la absorbancia del blanco (ureasa + reactivo A + reactivo B)
- 3)

$$y \text{ (absorbancia)} = 0,0054 * x \text{ (concentración de urea mg / dl)} + 0,0289$$

$$x \text{ (concentración de urea mg / dl)} = [y \text{ (absorbancia)} - 0,0289] / 0,054$$

Ejemplo de cálculo:

Muestra "1": absorbancia medida = 0,16311

$$x \text{ (concentración de urea mg / dl)} = [0,16311 - 0,0289] / 0,054$$

La concentración de urea mg / dl = 26.366

4) Para calcular las concentraciones de urea-N valores finales para las muestras debe ser dividido por 2,14 convertir de urea al nitrógeno de urea

por ejemplo $\therefore 26.366 / 2,14 = 12.3065$ mg / dl de leche de urea-N

Sustancias que interfieren:

- El fluoruro de sodio en altas concentraciones inhibe la ureasa
- cloranfenicol
- La estreptomicina
- El timol

- El formaldehído
- Aminofenol
- Sulfonamidas
- La clorpromazina
- La imipramina
- Nialamide
- La norepinefrina
- 5-hidroxitriptamina
- La asparagina

Referencias

Berthelot, M. P. E. 1859. Violet d'aniline. Repert Chim Appl. 1:284.

Chaney, A. L., E. P. Marback. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clinical Chemistry 8:130-132.

Fawcett, J. K., J. E. Scott. 1960. A rapid clinical method for the estimation of urea in urine. J. Clin. Pathol. 13:156.

Faulkner, W. R. and J. W. King. 1969. Renal function. Pages 991-994 In Fundamentals of Clinical Chemistry. N. W. Tietz, ed. W. B. Saunders Company, Philadelphia, PA.

Lubochinsky, B., J. P. Zalta. 1954. Microdosage colorimétrique de l'azote ammoniacal. Bull Soc. Chim. Biol. 36:1363.

Weatherburn, M. W. 1967. Phenol-hypochlorite reaction for the determination of ammonia. *Analytical Chemistry* 39: 971-974.

11. Proceso de extracción de la melaza de caña de azúcar.

Según Erika Esperanza Fajardo Castillo y Sandra Constanza Sarmiento Forero

La melaza o mieles finales suelen ser definidas como los residuos de cristalización final del azúcar, de los cuales no se puede obtener más azúcar por métodos físicos.

La norma *INCONTEC 587 de 1994* define como la miel final o melaza (no cristalizable) al jarabe o líquido denso y viscoso, separado de la misma masa cocida final y de la cual nos es posible cristalizar más azúcar por métodos inusuales ([INCONTEC 1994](#)).

La denominación melaza se aplica al efluente en la preparación del azúcar mediante la cristalización repetida. El proceso de evaporación y la cristalización es usualmente repetido tres veces hasta el punto en el cual el azúcar invertido y la alta viscosidad de las melazas ya no permitirán 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 reductores de cobre, son principalmente caramelos libre 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).

El proceso de producción de la caña de azúcar es donde es obtenida la melaza. caña de azúcar.

El proceso productivo del azúcar, comienza con la llegada al Central de la caña que es transportada en camiones, con pesos que oscilan entre 10 y 20 toneladas, esta debe ser pesada antes de ir a la molienda en una Romana que se encuentra equipada con una computadora y un pesaje digital que imprime el ticket de pesaje automáticamente, de ahí esta se dirige a la sonda, la cual es un equipo que permite el muestreo individual de los envíos de caña de azúcar a la fabrica con velocidad suficiente que asegura un alto porcentaje de análisis realizados y que influyen directamente en la representabilidad y exactitud en el pago equitativo de la materia prima.

Una vez pesada, la caña se dirige a las cuchillas cañeras que se encuentra conformada por 48 hojas, de ahí pasa a la desfibradora que tiene 24 hojas, la cual alimenta los molinos en forma continua y constante, en este punto se separa el jugo o guarapo que se dirige a la fabrica para su procesamiento y el bagazo que va a la caldera para ser quemado y convertido en energía. Para obtener azúcar refinado consta de dos grandes etapas; obtención de azúcar

crudo y la otra de refinación, para ello es necesario pasar por los siguientes procesos

1.- Etapa de Crudo

En esta etapa se inicia con la molienda o extracción del jugo de la caña ya preparada con anterioridad, esta operación se realiza con un tandem de molienda, compuesta por cinco (5) molinos, de cuatro (4) mazas cada uno con alimentación forzada del tipo conductor, el cual tiene una capacidad nominal de 1200 toneladas de caña diarias. La caña desfibrada pasa por el tandem de molinos, donde cada uno hace una extracción ayudado por el jugo del molino siguiente, excepto por el primero; para ayudar a la extracción a la salida del tercer y cuarto molino se le agrega agua a 80°C aproximadamente a esta operación se le llama imbibición. En el segundo molino se aplica una biocida que puede ser amonio cuaternario o tricarbamatos, que sirven para evitar la descomposición del jugo. Este jugo antes de ser enviado a fábrica es tamizado en unos coladores del tipo DSM

.En el proceso de extracción se obtiene, en los molinos bagazo que se utiliza como combustible en las calderas y jugo mixto que es la mezcla de los diferentes jugos obtenidos en cada molino, el cual es enviado a fabricación.

En los molinos se exprime la caña para extraer la sacarosa. Esto se lleva a cabo agregándole agua caliente, para que sea más fácil de moler y la extracción sea la máxima posible.

Se realiza haciendo circular la caña desmenuzada, entre los filtros y mazas de seis molinos consecutivos, a los cuales se los llama TRAPICHES.

De este proceso obtenemos un primer subproducto: el BAGAZO o fibra de caña, que usa como combustible en las calderas para generar vapor y energía o como materia prima en la elaboración de papel.

2.- Alcalización y Calentamiento

El jugo mixto proveniente de los molinos pasa a un tanque llamado de encalado, donde es tratado con una solución cal (5°Baumé) con la finalidad de aumentar el pH desde 4.5 hasta 7.2 y 7.4 aproximadamente, este producto reacciona con los fosfatos contenidos en el jugo formando un compuesto con el nombre de fosfato tricalcico, que forma sales precipitables de gran superficie de contacto y por ende de gran poder en la clarificación de los jugos. De esta manera también se resguarda el jugo de la alta temperatura y retención que causan deterioro debido a la inversión de los azúcares, así como su ayuda en la separación de los sólidos suspendidos. Inmediatamente después de encalado el jugo, se bombea hacia los calentadores multi etapa, elevándose a una temperatura de 105 °C aproximadamente, con la

finalidad de disminuir la tensión superficial del líquido y lograr una mejor separación de las partículas sólidas.

3.- Clarificación

El jugo ya calentado es descargado en un tanque conocido como tanque flash, con la finalidad de llevar el líquido a una velocidad laminar, separando el vapor y gases que vienen con el jugo por un auto evaporación debido a la alta temperatura y baja de presión. Después del tanque flash el jugo entra a un equipo llamado clarificador a la menor velocidad posible o laminar, en el trayecto entre el tanque flash y el clarificador se dosifica una pequeña cantidad (7ppm) de floculante aniónico, compuesto principalmente por poliacrilamidas de alto peso molecular que aglomeran las partículas sólidas y decantan al fondo del clarificador. El tiempo de retención en este equipo es de aproximadamente cuatro (4) horas que es lo necesario para lograr una buena clarificación.

En este punto salen dos productos; la cachaza que es un producto de desecho con trazas de jugo y el jugo clarificado que pasa al siguiente paso del proceso.

4.- Cachaza

Este desecho es producto de la clarificación, está compuesto por: residuo de jugo, lodos, bagacillo y materia extraña separada en la clarificación. Como este producto contiene parte de jugo, se pasa a un tanque con movimiento donde se mezcla con un 15 % de bagacillo colado proveniente de los molinos, luego pasa a la bandeja de

alimentación de unos filtros rotativos llamados OLIVER, que trabajan al vacío, donde se separan los lodos y el jugo clarificado va al tanque de encalado.

5.- Evaporación

Cuando el jugo ya se encuentra limpio, a través de máquinas especializadas se evapora hasta que el 80 % del líquido desaparece. Esto lo hace más concentrado, como si fuese una especie de jarabe.

Este proceso se realiza en 3 etapas para lograr economía de vapor.

En la primera etapa se quema bagazo para lograr el vapor en la caldera. El vapor remanente del jugo de la primera etapa será el que caliente al jugo en la segunda etapa. Lo mismo sucede con la tercera etapa de evaporación.

Consiste en concentrar el jugo clarificado desde 12 °Brix hasta 65 °Brix de densidad aproximadamente, eliminando gran parte del agua que contiene, ya que poseen una densidad muy baja, el jugo clarificado se bombea hasta los evaporadores múltiple efecto, el concentrado que se obtiene del ultimo cuerpo recibe el nombre de meladura. Para esta operación el central cuenta con dos (2) calentadores de jugo, dos (2) pre-evaporadores y el cuádruple efecto que operan alternadamente con vapor de escape proveniente del turbogenerador. El trabajo que se realiza en esta área es transferencia térmica, por lo que el paso del jugo deja depósitos formados principalmente por sales de calcio y magnesio en la tubería interna de los equipos, que es necesario removerlos cada 17000

toneladas de caña molida. Para este trabajo es necesario utilizar soda cáustica líquida y consiste en el calentamiento de una solución al 20% aproximadamente a 100°C durante 8 horas, esta soda es reusable hasta que su concentración baje a menos del 10% donde se regenera con soda nueva. La segunda parte del tratamiento consiste (en una vez enjuagado el equipo es decir que el pH de sus enjuagues sea neutro) en hacer el mismo procedimiento anterior, pero esta vez con una solución de ácido clorhídrico al 2% del volumen de calandria del equipo a 90°C durante dos horas.

6.- Clarificación

Se elimina la mayor cantidad de impurezas presentes en el jugo mixto (barros, bagacillo, sales, coloides, y material en suspensión), conservando la mayor cantidad de sacarosa y entregando el jugo a la etapa de evaporación en condiciones óptimas de Ph, turbidez, color y temperatura.

El jugo de la caña se mezcla con hidróxido de calcio y ácido fosfórico. Este proceso se llama encalado, que precipita sales insolubles y fosfato de calcio. Además se logra el PH deseado evitando pérdidas de sacarosa por inversión.

La forma más apropiada de conseguir estos objetivos es por calentamiento, con posterior decantación y filtración de los barros.

El barro decantado, llamado CACHAZA constituye un segundo subproducto que se filtra para recuperar el jugo que aún pueda contener y se envía por canales al campo como abono.

El jugo concentrado obtenido de la evaporación aún contiene muchas impurezas, por lo que se somete a una nueva clarificación tratándolo con ácido fosfórico, solución de cal, agua oxigenada, floculante y aumento de temperatura. Esta clarificación a diferencia de la del jugo es por fosflotación, la meladura es calentada entre 70 y 80 °C por contacto directo con vapor y luego pasa por un aireador tipo submarino descargándose en el clarificador donde se separan las impurezas que retornan al tanque del jugo de encalado y la meladura clarificada se envía a la siguiente etapa (cocimiento de crudo). El central cuenta con un clarificador para meladura tipo de capacidad.

7.- Cristalización

La cristalización se produce en los tachos de cocimiento.

Aplicando una combinación determinada de presión y temperatura, se transforma el jarabe en cristales. Una vez formados los mismos, es necesario separarlos de la solución madre que los contiene. Esta separación se realiza mediante una serie de centrifugas de alta velocidad.

Esta operación se lleva a cabo en equipos de transferencia térmica que trabajan al vacío (26" de Hg), conocidos como tachos, calentando con el vapor proveniente de

los evaporadores. Su temperatura de trabajo es de 65°C. El vacío es producido por condensadores barométricos de cortina, alimentados por agua de pozo profundo y auxiliados por una bomba extractora de aire, el central adopta un sistema de tres(3) plantas, conocido como doble magma, para esto cuenta con tres (3) tachos, dos (2) de 42.34 m³ y uno (1) de 30.20 m³. Este sistema consiste en agotar el contenido de sacarosa agotando la miel madre en cocimientos escalonados, iniciándose con la cristalización, que consiste en concentrar la miel madre hasta alcanzar su punto de saturación e inyectar una mezcla de alcohol isopropílico y azúcar pulverizado, provocando la aparición de núcleos de cristales y se alimenta hasta completar el nivel de trabajo, luego se hacen cortes y llenados consecutivos hasta alcanzar el tamaño de cristales requeridos, separándose estos cristales de la miel agotada con máquinas rotativas llamadas centrifugas.

Las cristalizaciones se hacen solamente para masas cocidas de tercera de la forma antes descrita, cristalizando sobre la meladura y alimentando con miel obtenida de la centrifugación de la masa cocida de primera y/o de segunda. Esta masa cocida se centrifuga para separar los cristales de la miel, siendo esta última un residuo del proceso llamado melaza y se almacena en tanques para su posterior venta. Este azúcar se mezcla con miel de primera o agua y se obtiene la semilla para el cocimiento de segunda (magma C).

8.- Masa Cocida B

Su semilla proviene de la manera antes descrita y se alimenta con la miel primera, hasta completare el cocimiento. Esta se centrifuga para separar los cristales de la miel, obteniéndose la miel segunda para alimentar los cocimientos de tercera y el azúcar que es mezclado con meladura es la semilla para los cocimientos de primera. Una vez que el central esta en operación completa, los cocimientos de primera provienen de la semilla formada por el azúcar producida de cocimientos de segunda y meladura, de su centrifugación se obtiene el azúcar de primera o afinado que pasa a la refinería y miel de primera para alimentar los cocimientos de segunda. En conclusión el sistema consiste en el agotamiento progresivo de la miel madre en tres tipos de templas A, B y C.

9.-Centrifugación

Se separa los cristales del azúcar crudo de la MELAZA, tercer subproducto que se procesa para obtener alcohol mediante fermentación del azúcar remanente. La fuerza centrífuga hace que la masa cocida suba por la pared exterior de la canasta y, mientras que de la maquinaria una malla o filtro retiene los cristales al azúcar, expulsa el licor madre.

Consiste en la separación de los cristales en masas cocidas de la miel madre utilizando máquina rotativas llamadas centrifugas, aplicando lavados para eliminar las capas de miel que recubren dichos cristales para esto el central cuenta con tres (3) centrifugas manuales marca WESTERN STATES del tipo ROBERTS, una (1) centrifuga automática marca BROAD BENT, dos (2) centrifugas continuas marca

WESTERN STATES del tipo CC6, una (1) centrifuga continua marca BMA tipo K-1000.

TIPOS DE MELAZA

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

Azúcares

Los principales azúcares en la melaza son Sacarosa (60% - 63% en peso), Glucosa o dextrosa (6% - 9% en peso) Fructosa o levulosa (5% - 10% en peso) No azúcares: Los no azúcares están compuestos por 33% de sustancias inorgánicas (Fe⁺⁺⁺, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Zn²⁺, As³⁺, Cd²⁺, Hg⁺, Pb⁺ y Cl⁻, NO₃⁻, SO₂⁻) 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)

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 31 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 La proteína cruda frecuentemente se determina como porcentaje en peso del contenido de nitrógeno.

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. 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.

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.

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 concentración 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.

Propiedades Fisioquímicas

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.

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 al incremento de la concentración de sólidos. 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 que un incremento de iones K^{+} , la disminuye.

Densidad

En la práctica, la densidad se determina mediante equivalencia con la concentración en grados Brix. 1 Litro = 1,4 Kg