

**Evaluación de cuatro suplementos energéticos  
sobre el comportamiento productivo en vacas de  
doble propósito alimentadas con follaje de  
*Leucaena leucocephala* y *Pennisetum purpureum***

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL  
GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
POR:**

**Médico Veterinario Zootecnista  
Víctor Adrián Arjona Alcocer**

**Asesores:**

**DR. CARLOS FERNANDO AGUILAR PÉREZ  
DR. JUAN CARLOS KU VERA**

Mérida, Yucatán México, a 18 Noviembre de 2014

Hoja de Votos aprobatorios.

Declaratoria.

“El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente”.

## *DEDICATORIAS*

A **DIOS** el ser supremo, por haberme permitido la vida, la salud y la felicidad.

A mis padres:

**Sr. Víctor Jesús Arjona Pérez y Sra. Dora Noemí Alcocer Vivas.**

Por la felicidad, la unidad y amistad que existe entre nosotros y por los momentos felices que pasamos juntos a mis hermanos:

**Jesús, Julio y Doraly.**

A una personita que han venido a este mundo a traer felicidad a mi familia Mi sobrinito: **Damián Emiliano**

A mis Abuelos:

**Sr. Víctor Alcocer Náhuatl, Sra. Manuela Vivas de Alcocer, Sra. Teresa Pérez de Arjona.**

A mi abuelo **José Inés Arjona A. Q.E.P.D** quien me enseñó el cuidado de los animales

A la FMVZ-UADY y a los maestros por ser parte fundamental de mi formación y por brindarme las instalaciones para la realización de la Tesis.

Al Dr., Carlos Aguilar Pérez, por los consejos, amistad y conocimientos transmitidos durante la realización de la tesis.

Al Dr. Juan Kú Vera, por los consejos, amistad y por compartir sus conocimientos, durante la realización de la Tesis

Alexis Ruiz González, Erik Eb Pareja, Samuel Albores, Ángel Piñeiro, Jorge Canul, de alguna manera han intervenido en la realización de la tesis, les digo gracias.

Sin jerarquizar nombres a todos mis amigos por el apoyo durante estos años en la maestría y en el trabajo de campo.

A los Doctores Javier y Baldomero, por el apoyo y préstamo de animales para la realización de este trabajo.

A Conacyt por el apoyo económico

*Sinceramente...*

## Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la incorporación de cuatro suplementos energéticos sobre la producción de leche, su composición química y la concentración de nitrógeno ureico en sangre en vacas de doble propósito alimentadas con pasto *Penisetum purpureum* y follaje de *L. leucocephala*. Se utilizaron 5 vacas cruzadas (Holstein x Cebú) con un peso promedio de 450 kg, en el segundo tercio de lactación. Las vacas fueron alimentadas con una dieta de 45% de *Leucaena leucocephala* y 55% de follaje de *Penisetum purpureum* (base seca) y suplementadas con cuatro sustratos energéticos (tratamientos): melaza, sorgo, cáscara de cítricos y pulido de arroz, a un nivel de incorporación de 25 MJ de EM/vaca/día. La duración del experimento fue de 100 días, divididos en 5 periodos de 20 días; las variables evaluadas fueron el consumo de alimento, producción de leche y composición química de la leche, así como la concentración de urea en sangre y su excreción en orina.

El consumo de materia seca fue de 9.4, 12.08<sup>a</sup>, 11.99, 11.94 y 11.91 kg por vaca por día, para los tratamientos control, melaza, sorgo, cáscara de cítricos y pulido de arroz respectivamente. La producción de leche fue 3.34, 4.22, 4.68, 4.39, 4.87 kg por vaca por día para los tratamientos control, melaza, sorgo, cáscara cítricos y pulido de arroz, respectivamente. La composición química de la leche no fue diferente ( $P > 0.05$ ) para el porcentaje de proteína, lactosa y grasa. La concentración de urea en sangre fue 40.68, 30.24, 34.29, 28.51, 33.36 mg/dl para los tratamientos control, melaza, sorgo, cáscara cítricos y pulido de arroz, respectivamente. La concentración de urea en orina fue: 63.79, 29.17, 34.38, 29.00, 35.54 gramos de urea/animal/día, para los tratamientos control, melaza, sorgo, cáscara de cítricos y pulido de arroz, respectivamente. Se concluye que la suplementación con diferentes fuentes de carbohidrato fermentable mejoró el consumo voluntario en relación al tratamiento sin suplementación, la producción de leche y redujo la concentración de urea en sangre y en orina, sin diferencias entre las fuentes de energía.

Palabras clave: doble propósito, leche, suplementación energética, urea.

## Summary

The objective of this study was to evaluate the effect of the addition of four energy supplements on milk production and its chemical composition and blood urea nitrogen in dual-purpose cows fed *Penisetum purpureum* grass and *L. leucocephala* foliage, 5 cows (Holstein-Zebu cross breed with average weights were used 450 kg) dual purpose in the second third of lactation fed a diet with 45% of *Leucaena leucocephala* and 55% foliage *Penisetum purpureum* (dry matter basis) and supplemented with four energy substrates; (treatments) molasses, sorghum, citrus peel and rice polishing offered at a level of incorporation of 25 MJ of ME, the Length of the experiment was 100 days, 5 periods of 20 days, the variables were feed intake , milk yield and chemical composition of the milk, along with the concentration of urea in blood and excretion in urine.

Dry matter intake was 9.4, 12.08, 11.99, 11.91 11.94 kg per cow per day for, molasses, sorghum, citrus peel and rice polishing treatments respectively. Milk production was 3.34, 4.22, 4.68, 4.39, and 4.87 kg one milking a day for control treatment, molasses, sorghum, citrus peel and rice polishing respectively. Chemical composition of milk was not different in the percentage of protein, lactose or fat. The blood urea concentration was 40.68, 30.24, 34.29, 28.51, 36.33 mg / dl for control molasses, sorghum, citrus and rice polishing respectively, and the results for concentration of urea in urine were: 63.79, 29.17, 34.38, 29.00, 35.54 grams of urea / animal/day for molasses, sorghum, citrus peel and rice polishing treatments respectively. It is concluded that supplementation with different energy sources improved dry matter intake, milk production and reduced the concentration of urea in blood and urine, without differences among energy sources.

Keywords: dual purpose, milk, energy supplementation, urea.

## Índice

<b>Capítulo I. Introducción.</b>	3
<b>Capítulo II. Revisión de literatura.</b>	5
2.1. Metabolismo del nitrógeno en rumiantes.	5
2.1.1 Degradación de las proteínas en el rumen.	5
2.1.2 Síntesis de proteína microbiana.	6
2.1.3 Utilización del nitrógeno microbiano.	7
2.1.4. Uso de fuentes de nitrógeno no proteico.	8
2.1.5. Ciclo de la urea.	9
2.1.6. Regulación del ciclo de la urea.	10
2.2. Metabolismo energético en rumiantes	11
2.2.1. Fermentación de alimento para la síntesis de energía.	12
2.2.2. Importancia de la relación proteína:energía en el rumen.	13
2.3. Características de la producción de leche en el trópico.	15
2.4. El uso de <i>Leucaena leucocephala</i> como alternativa para mejorar la calidad de la dieta en rumiantes en el trópico.	17
2.4.1. Valor nutricional	17
2.4.2. Formas de utilización	18
2.4.3. Limitaciones nutricionales de la <i>L. leucocephala</i>	19
2.4.4. Exceso de nitrógeno en la dieta.	19
2.4.5. Mimosina y sus derivados.	20
2.4.6. Utilización de <i>L. leucocephala</i> para la producción de leche.	20
2.5. Fuentes energéticas disponibles en los trópicos y su utilización en la alimentación de vacas lactantes.	22
2.5.1 Melaza de caña.	22
2.5.2 Cáscara y pulpa de naranja.	23
2.5.3 Pulido de arroz	24
2.5.4 Sorgo	26
2.7 Referencias.	27
<b>Capítulo III. Objetivos e hipótesis</b>	34
3.1. Hipótesis.	34
3.2 Objetivo general.	34
3.3 Objetivos específicos.	34
<b>Capítulo IV. Artículo científico</b>	35



## Indice de Cuadros y Figuras.

Figura1.Ciclo de la urea en rumiantes.....	10
Cuadro 1: Parámetros productivos en la producción ganadera de doble propósito.....	16
Cuadro 2. Composición química del follaje de la <i>Leucaena leucocephala</i> .....	18
Cuadro 3. Carga animal en el sistema tradicional y en el SSPI y litros de leche/ha/año. ...	21
Cuadro 4. Composición química de la leche en sistemas tradicionales y silvopastoril, por ha/año.....	21
Cuadro 5. Composición química proximal de la cáscara de naranja.....	24
Cuadro 6: Composición química del pulido de arroz. ....	25
Cuadro 7: Valor energético del pulido de arroz utilizado en rumiantes.....	25
Cuadro 8: Composición nutricional del sorgo forrajero.....	26

## **Capítulo I. Introducción.**

El pastoreo es la base de la alimentación de los rumiantes en el trópico. La baja disponibilidad y calidad del pasto, especialmente durante la estación de seca, son los principales obstáculos para la producción y reproducción de los rumiantes en estas regiones. Es por ello que los ganaderos se ven obligados a utilizar suplementos, generalmente a base de granos de cereales, lo cual incrementa los costos de producción y disminuyen la rentabilidad económica de los ranchos (Zárate et al 2010; González, 2013).

Además de la necesidad de superar la problemática de la productividad en la actualidad los sistemas de producción de rumiantes están orientados hacia la disminución de las pérdidas de nitrógeno en la orina y en las heces (Dijkstra et al., 2013) con el propósito de mejorar el comportamiento animal, así como de minimizar las emisiones de óxido nitroso al ambiente, ya que éste es considerado un potente gas de efecto invernadero (Lessa et al., 2014). Los sistemas de producción de ganado de doble propósito son aquellos en los que los ingresos se dividen aproximadamente por igual entre la leche y la carne, y estos sistemas son predominantes en muchos países de América Latina (Aguilar-Pérez et al., 2009). Se estima que la ganadería de doble propósito representa el 78% del inventario ganadero y contribuye con el 42% de la leche producida en toda la región (Rivas, 1992; FAO, 2006;) En el 2012 la producción de leche con ganado doble propósito representó el 18.3% del total de leche producida en México. (SIAP-SAGARPA, 2013).

La incorporación de las leguminosas en los sistemas de producción de rumiantes, representa una buena alternativa para mejorar la eficiencia de la producción animal (Peniche-González, 2009), mediante los llamados “sistemas silvopastoriles intensivos” por ejemplo: asociación de gramíneas y *L. leucocephala* con una alta concentración de plantas por hectárea. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) incorporan densidades de leucaena que van desde 20 mil hasta 55 mil plantas por hectárea. Según Murgueito et al. (2010), los sistemas SSPi con más de 10,000 plantas/ha tienen beneficios económicos y ecológicos, debido a que los productores incrementan su inventario de animales, permiten conservar la biodiversidad de las especies existentes además de ofrecer una variedad de servicios ambientales. En los últimos años, el SSPi

ha sido adoptado por varios productores en México, Centro y Sudamérica. Sin embargo, se han reportado importantes pérdidas de nitrógeno en la orina de rumiantes, debido al desbalance energía: proteína, existente en dietas de pasto y altos niveles de *L. leucocephala* (Poppi y Mclellan, 1995; Clavero et al., 1997; 2010; Ruiz-González et al., 2011). Blaxter (1964) y Murray et al. (2003) enfatizaron los costos energéticos de la formación de urea en el hígado. Además, involucra pérdidas económicas para el productor porque se desaprovecha el recurso forrajero. Arjona-Alcocer et al. (2012) encontraron que la suplementación energética de rápida fermentación en el rumen en ovinos, logró disminuir la concentración de urea sanguínea y su excreción en la orina, mejorando así la relación proteína: energía, de una dieta a base de *L. leucocephala*. Las zonas tropicales cuentan con muchos recursos alimentarios con potencial para su uso como suplementos energéticos, tal es el caso de los cítricos, el pulido de arroz, la melaza, el maíz y el sorgo, los cuales representan alternativas para mejorar el balance nutricional en vacas consumiendo altos niveles de *L. leucocephala*. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de cuatro suplementos energéticos sobre el consumo de alimento, la digestibilidad de la ración, la producción y composición química de la leche, en vacas de doble propósito, alimentadas con una dieta con 45% de inclusión de follaje de *Leucaena leucocephala* mezclado con forraje picado de *Pennisetum purpureum*.

## **Capítulo II. Revisión de literatura.**

### **2.1. Metabolismo del nitrógeno en los rumiantes.**

El metabolismo nitrogenado ha sido estudiado en rumiantes debido a sus características particulares que lo diferencian de las especies de animales no rumiantes. Se sabe que en el rumen, las bacterias, protozoos y hongos son los encargados de degradar a través de la fermentación anaeróbica, los distintos componentes dietarios, con el resultado final de obtener energía para poder multiplicarse y consecuentemente generar numerosos productos finales de la fermentación (AGV's), los cuales son utilizados por el rumiante (McDonald et al., 2006). En el caso específico del nitrógeno (N), ya sea éste de origen proteico o bien de naturaleza no proteica, éste es transformado a través de distintas vías metabólicas en N microbiano (Marini y Van Amburgh, 2005), siendo digerido en el abomaso e intestino delgado mediante la acción de las propias enzimas proteicas del rumiante.

#### **2.1.1 Degradación de las proteínas en el rumen.**

La proteína alimentaria que ingresa al rumen está sujeta a la acción de las enzimas proteolíticas bacterianas que las degradan a N alimentario, la degradabilidad de la proteína en el rumen depende de los microorganismos ruminales, como también la capacidad de multiplicarse depende de una gran cantidad de factores asociados tanto con la dieta ingerida como también con el propio animal. Es importante destacar que los rumiantes tienen las mismas necesidades de aminoácidos esenciales que los monogástricos, los cuales son aportados, en el caso de los primeros, tanto por la proteína microbiana sintetizada en el rumen (Poppi y McLennan, 1995), como también por la proteína de la dieta que no fue degradada en este órgano. Ambos tipos de proteína constituyen las fuentes que el animal dispone para satisfacer sus requerimientos de nitrógeno para el mantenimiento y la producción (leche, carne).

Los componentes nitrogenados principales en la alimentación de los rumiantes los constituyen las proteínas y el NNP tales como los ácidos nucleicos y la urea. En los insumos alimenticios tradicionales, la proteína verdadera constituye el principal componente del contenido nitrogenado (Clavero et al., 1997). Es así como en los forrajes verdes constituyen el 60-80% de N total, y es aún mayor en el caso de los concentrados proteicos.

El nitrógeno no proteico (NNP) se encuentra situado en las vacuolas de las células vivas, siendo abundantes en los tejidos conductores del aparato vegetativo, al igual que en las raíces. Dichos compuestos representan entre el 15-25% del N total en los forrajes verdes (Razz et al., 1992), los que están formados por amidas, aminoácidos libres, péptidos de bajo peso molecular, aminas, nucleótidos y otros.

Los componentes de NNP de los alimentos se difunden muy rápidamente en el líquido ruminal y son, junto con la urea de la saliva y la urea exógena, las fuentes nitrogenadas más rápidamente disponibles para la población microbiana (McDonald et al., 2006).

La proteína que ingresa en el rumen a través de la ingesta, tiene una fracción proteica de rápida degradación (Ørskov, 2000), la cual es degradada por los microorganismos ruminales a compuestos simples como péptidos, aminoácidos y amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). La tasa de degradación ruminal de la proteína de la dieta depende del tipo de proteína presente en el alimento y está influenciada por su solubilidad en el líquido ruminal.

### **2.1.2. Síntesis de proteína microbiana**

La síntesis de proteína microbiana (SPM) ocurre en el rumen bajo condiciones anaeróbicas, requiriéndose N (como  $\text{NH}_3$ ) y energía (como ATP), además de otros nutrientes tales como S y P. La SPM se ve condicionada por una diversidad de factores, siendo el nivel de proteína cruda en la dieta y el aporte energético los factores limitantes. Se sabe que la mayoría de las bacterias presentes en el rumen utilizan  $\text{NH}_3$  como fuente de N para sintetizar su proteína (Calsamiglia et al., 2010). El  $\text{NH}_3$  ruminal es aportado por la proteína degradada en el rumen, como también por el NNP dietario y endógeno. Por lo tanto, la concentración de  $\text{NH}_3$  en el líquido ruminal es un buen indicador de la disponibilidad de N ruminal. El contenido de  $\text{NH}_3$  ruminal constituye una porción del total del N circulante en el rumen, constituido a partir de diversos aportes (degradación de la proteína e hidrólisis del NNP, hidrólisis de urea reciclada en el rumen a través de la saliva y sangre, degradación del protoplasma microbiano) y también salidas (captación del N por los microbios, absorción a través de la pared ruminal y paso hacia el omaso (Marini y Van Amburgh, 2005). Si bien los requerimientos nutricionales microbianos son complejos, se reconoce que las dietas aporten un contenido de N degradable en el rumen adecuado, un aporte energético, expresado en términos de materia orgánica (MO) fermentable, el cual es considerado

como factor limitante para la Síntesis de Proteína Microbiana (Poppi y McLennan, 1995). La principal fuente energética utilizada por los microorganismos para su multiplicación lo constituyen los carbohidratos, y dentro de éstos los solubles (almidón y azúcares). Por el contrario, ni los lípidos ni las proteínas constituyen un sustrato energético importante para las bacterias (Blaxter, 1964) ya que, como se sabe, los lípidos sólo sufren a nivel ruminal pequeñas transformaciones (hidrogenación), y las proteínas, la molécula de carbono de los aminoácidos puede ser utilizado como fuente energética, su nivel de incorporación en la dieta, en el que generalmente no sobrepasa el 12-16% la posibilidad de ser incorporadas como tales a los microorganismos, además que una parte importante de éstas (30%) escapa a la degradación ruminal, hace que su aporte energético real sea más bien pequeño. Alrededor del 60 a 65% de la MO digerida por el animal es fermentada en el rumen, siendo ésta la fracción que se encuentra disponible para ser utilizada por la microflora ruminal (Poppi y McLennan, 1995). Se sabe que existe una estrecha asociación entre la disponibilidad de MO fermentable en rumen y la cantidad de PM sintetizada. El consumo de materia seca no tiene una influencia muy marcada sobre la eficiencia de síntesis de PM, sino más bien actuaría simultáneamente con la composición de la dieta y a través de la velocidad de paso del alimento a través del rumen. Se ha observado que los aumentos en la frecuencia de alimentación han llevado a incrementos de alrededor de 20-30% de la PM sintetizada en el rumen, en ensayos realizados con bovinos. Entre otros factores que afectan la producción de PM y la utilización de la energía disponible para síntesis, está la tasa de crecimiento microbiano, ya que ésta determina la relación de la energía que se encuentra disponible para el mantenimiento de la población microbiana y para la síntesis de macromoléculas (Poppi y McLennan, 1995).

### **2.1.3 Utilización del nitrógeno microbiano**

El aporte que realiza la PM al rumiante, es variable y va de acuerdo a la composición de la dieta. Es así que el N microbiano que llega a duodeno representa un 45-65% del total del N, cuando se trata de forrajes verdes o secos y de 55-70% en raciones mixtas (Poppi y McLennan, 1995). La contribución de N microbiano tiende a identificarse con el aporte que realizan las bacterias, ya que se conoce poco acerca de la contribución que hacen los protozoos. Es así como, el contenido nitrogenado de las bacterias ruminales,

está constituido por proteína, aunque también contiene cantidades importantes de NNP (Ørskov, 2000), como son los ácidos nucleicos, que pueden representar entre 15-20% del N total bacteriano. Además, existen otros compuestos de naturaleza no proteica de importancia menor. Experimentalmente, se ha determinado que la digestibilidad de la proteína microbiana oscila alrededor del 75% (AFRC, 1993). Los ácidos nucleicos a su vez son digeridos por acción de las nucleotidasas secretadas por el jugo pancreático en porcentajes que oscilan entre el 75 y 95%. La proteína que no fue degradada en el rumen, presenta una composición aminoácido igual a la del material original, lo que indica que la acción proteolítica bacteriana es bastante poco específica. La digestibilidad de la proteína no degradada será dependiente del tipo de insumo como también del procesamiento a que se ha sometido. En general ésta es bastante alta, siendo para el caso de las proteínas de los forrajes entre el 75 a 85% (Ørskov, 2000).

#### **2.1.4. Uso de fuentes de nitrógeno no proteico**

La fuente de NNP más utilizada como suplemento, la constituye la urea, la cual contiene 46% de N, lo que hace que su equivalente proteico ( $N \times 6.25$ ) sea de 2,889 g de proteína cruda por gramo de urea AFRC (1993). Entre otras fuentes de NNP utilizadas está el ácido úrico, el que puede constituir hasta el 40% del N total presentes en las camas y deyecciones de aves. Se ha observado que requiere de la presencia de la enzima microbiana urinasa para ser desdoblado, la cual tendría el carácter de inducible, es decir, requiere la presencia del sustrato para ser producida (Shimada, 2009). Es así como de los distintos factores relacionados al metabolismo nitrogenado en los rumiantes, se desprenden aspectos prácticos que deben considerarse en su alimentación, para obtener una óptima utilización de los nutrientes aportados por la ración. Más aún cuando se tienen fuentes de N alternativas a las tradicionales y cuando se busca la mayor eficiencia productiva por parte del animal. La cantidad de nitrógeno (N) alimenticio que abandona el rumen, está determinada por el N total de la dieta, la tasa de fermentación y el tiempo de residencia en el rumen. Se asume por razones prácticas, que la solubilidad de N-proteico en una solución amortiguadora indica la degradación de la proteína en el rumen (Preston et al., 1987).

Calsamiglia et al.(2010) mencionan que la eficiencia de uso del nitrógeno en rumiantes es relativamente baja, alrededor del 25 % de eficiencia sin embargo este puede estar en

un margen muy amplio del 10 a 40 % en comparación a otros animales productivos. La baja eficiencia tiene implicaciones para el rendimiento de la producción y para el medio ambiente. Muchos esfuerzos se han dedicado a mejorar la eficiencia de utilización del N en los rumiantes, mientras que la mejora en la comprensión de las necesidades de N y el metabolismo, han logrado que la eficiencia de utilización mejore, sigue siendo baja. Sin embargo, la producción óptima y la utilización de N pueden lograrse a través de la comprensión de los mecanismos clave involucrados en el control del metabolismo de N. No obstante, el exceso de nitrógeno en la dieta es un problema que se puede reducir con un mejor balanceo de la dieta con relación a la energía.

#### **2.1.5. Ciclo de la urea.**

Una parte importante del  $\text{NH}_4$  formado durante la utilización de aminoácidos se utiliza en la biosíntesis de compuestos nitrogenados.

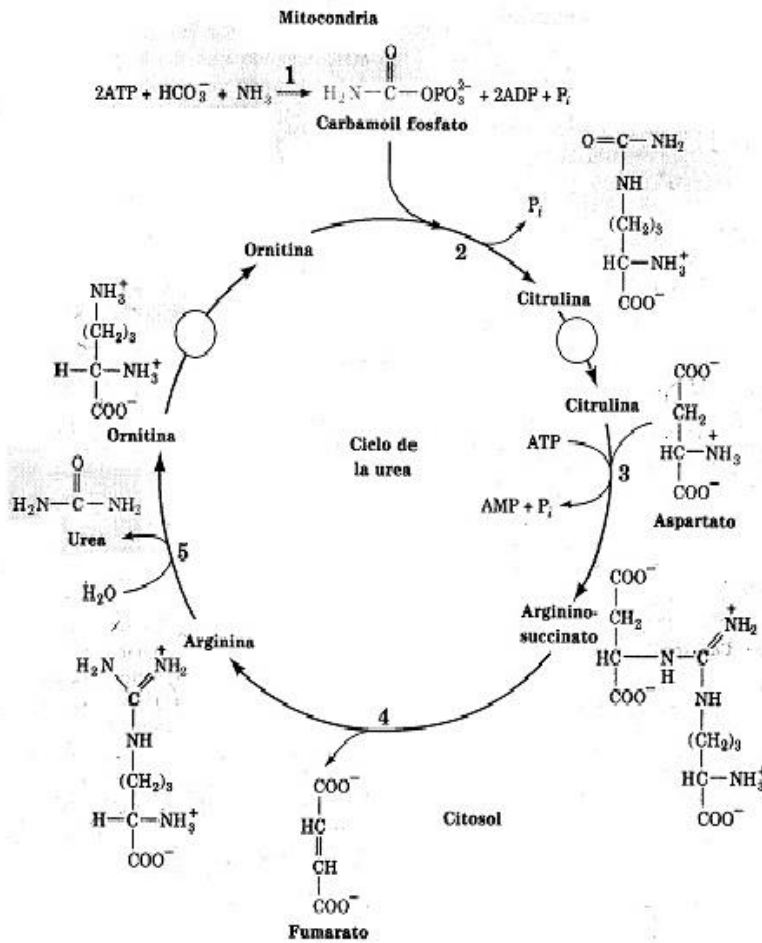
Los vertebrados excretan el  $\text{NH}_4$  no utilizado siguiendo uno de tres mecanismos posibles y se clasifican según el producto final excretado:

- Amonio (amoniotélicos): especies acuáticas
- Urea (ureotélicos): mayoría de los vertebrados terrestres
- Ácido úrico (uricotélicos): aves y reptiles terrestres

La urea es sintetizada en el hígado por las reacciones del ciclo de la urea, enunciado por Krebs y Henseleit en 1932, y que comprende cinco reacciones enzimáticas (Murray et al, 2003) (ver Figura 1).



Figura1. Ciclo de la urea en rumiantes.



El ciclo de la urea ocurre parcialmente en la mitocondria y parcialmente en el citosol, incluyendo el transporte de la ornitina y de la citrulina a través de la membrana mitocondrial mediante un sistema de transporte específico. Cinco enzimas participan en el ciclo de la urea: (1) carbamoil fosfato sintetasa, (2) ornitintrascarbamilasa, (3) argininosuccinatosintetasa, (4) argininosuccinasa y (5) arginasa.

### 2.1.6. Regulación del ciclo de la urea.

El flujo del N a través del ciclo de la urea dependerá de la composición de la dieta. Una dieta rica en proteínas aumentará la oxidación de los aminoácidos, produciendo urea por el exceso de grupos aminos, al igual que en la inanición severa estado en el cual las proteínas se catabolizan(Noro y Wittwer,2012).

Las cinco enzimas se sintetizan a velocidades más elevadas, durante la inanición o en los animales con una dieta rica en proteínas. La enzima carbamoilfosfato-sintetasa I es activada alostéricamente por el N-acetilglutamato que se sintetiza a partir del acetil-CoA y el glutamato, por la N-acetilglutamato-sintetasa; enzima que, a su vez, es activada por la arginina, aminoácido que se acumula cuando la producción de urea es lenta (Murray et al., 2003).

## **2.2. Metabolismo energético en rumiantes**

El metabolismo energético comprende una serie de reacciones químicas que tienen lugar en el organismo animal y estas van acompañadas de cambios en la energía del sistema. La transformación de la energía química en energía mecánica o calórica (oxidación de nutrientes) o cuando la energía química pasa de una forma a otra (síntesis) implica procesos de transferencia de energía (Blaxter, 1964).

Según McDonald et al. (2006) la energía es la capacidad para realizar trabajo, existiendo diferentes formas de energía, un ejemplo sería la energía solar y esa energía es utilizada por las plantas para su crecimiento, y estas plantas al ser consumidas liberan dicha energía para que el consumidor lo aproveche para el mantenimiento de su vida. En la actualidad se utiliza el julio como unidad energética en los estudios de nutrición, donde 1cal equivale a 4.184 julios.

Maynard et al. (1981) enfatizaron que el principal objetivo de la alimentación es la producción de energía para los procesos corporales incluyendo el almacenamiento de energía. Ya que todos los nutrientes orgánicos pueden servir para este propósito, el valor energético provee una base común para expresar su valor nutritivo. El hecho es que todos los nutrientes, en especial la proteína, tengan funciones específicas y exclusivas, no modifica su utilización común como fuente de energía. El balance de la energía provee las bases para predecir los cambios en la composición del cuerpo, derivado de un régimen dietético determinado.

La energía bruta es la energía química total contenido en las proteínas, las grasas y los carbohidratos en un alimento. Se obtiene por combustión en una bomba calorimétrica, sin embargo este valor no indica la disponibilidad o el aprovechamiento por parte del animal que ingiere el alimento (Shimada, 2009).

La energía metabolizable es aquella que se absorbe desde el TGI, después de restar a la energía bruta consumida, las pérdidas de energía en las heces, la orina y en el metano eructado.

La energía metabolizable fermentable, es la cantidad de energía aportada por los ácidos de la fermentación, menos el contenido de energía presente en las grasas y aceites. Los ácidos de fermentación fundamentalmente los ácidos láctico, acético, propiónico y butírico, por ser los productos finales de fermentaciones microbianas, no pueden producir más energía en las condiciones de fermentación anaerobia existentes en el rumen, aunque son eficientemente absorbidos y metabolizados por el organismo de los rumiantes (AFRC, 1996).

La energía neta de un alimento se obtiene restando a la energía metabolizable, absorbida el incremento calórico de alimentación. La energía neta es aquella que el organismo animal destina al mantenimiento (síntesis de hormonas, enzimas, movimiento de sustancias en contra de gradientes de concentración, etc.) y distintas formas de retención de energía (crecimiento, engorde, producción de leche, huevos o lana). La energía neta que se emplea para el mantenimiento ( $EN_m$ ) se utiliza para producir trabajo químico y se disipa del organismo en forma de calor.

### **2.2.1. Fermentación de alimento para síntesis de energía.**

A partir de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos estructurales como la celulosa y hemicelulosa por la microflora-ruminal es que se produce la energía útil requerida por los rumiantes (McDonald et al., 2006). Los carbohidratos fibrosos además son necesarios para estimular la rumia (la cual mejora la fermentación), Aumentar el flujo de saliva hacia el rumen y estimular las contracciones ruminales. Cuando los carbohidratos de la dieta ingresan al rumen, estos son hidrolizados por enzimas extracelulares de origen microbiano.

En el caso de los carbohidratos fibrosos, la degradación requiere de una unión física de las bacterias a la superficie de la partícula vegetal, la acción de las enzimas bacterianas libera principalmente glucosa y oligosacáridos al líquido ruminal por fuera de los cuerpos celulares microbianos. Estos productos no son aprovechados por el rumiante, en

su lugar, son rápidamente metabolizados por los microorganismos ruminales (Maynard et al., 1981). La glucosa y otros azúcares son absorbidos por los microorganismos y una vez en el citosol se incorporan a la vía de la glucólisis. Este proceso enzimático da lugar a la formación de NADH (reducido), ATP y piruvato. El ATP representa la principal fuente de energía para el mantenimiento y el crecimiento de los microorganismos (Murray et al., 2003). La fermentación ruminal es un sistema altamente anaeróbico y reductor, por lo que se debe proveer de un mecanismo diferente para la restauración del NAD. Si no existiera este mecanismo, todos los NAD oxidados presentes podrían rápidamente reducirse y entonces el metabolismo bacteriano se detendría. En la fermentación ruminal, el piruvato puede funcionar como el captador de electrones, sufriendo una reducción todavía mayor con el fin de proveer el material necesario para la regeneración del NAD y el retiro general del NADH+H, con una producción adicional de ATP (Watson y Ramstad, 1987).

Los AGV's (acético, propiónico y butírico) sintetizados en respuesta a un estricto control bioquímico por parte de los microorganismos ruminales, son utilizados por éstos para la formación de aminoácidos y ácidos grasos que serán posteriormente incorporados al metabolismo bacteriano. Sin embargo, la mayor parte de los AGV's se encuentran en solución en el líquido ruminal, de donde se difunden a través del epitelio del rumen y retículo, el resto se absorben en el omaso, para posteriormente incorporarse a la circulación general pasando por la vena porta (McDonald et al., 2006). En el hígado el propionato y el acetato son incorporados a la circulación periférica, el ácido propiónico es el único de los AGV's que el hepatocito puede transformar en glucosa, en la vía de la gluconeogénesis. Las moléculas de glucosa sintetizadas en este proceso, son exportadas hacia los tejidos extra-hepáticos, quienes son los encargados de utilizarla como la primera fuente de energía altamente disponible para sostener las necesidades fisiológicas de mantenimiento de crecimiento y reproducción. Los disacáridos y los almidones que escapan a la fermentación ruminal pasan al intestino delgado donde son digeridos por enzimas pancreáticas e intestinales, en la misma forma que en los animales monogástricos.

### **2.2.2. Importancia de la relación proteína: energía en el rumen.**

La relación proteína: energía en los productos absorbidos tiene mucha importancia práctica en términos de producción animal aplicada con excepción de los animales de tracción, casi siempre será biológicamente ideal minimizar la cantidad de aminoácidos absorbidos con relación a la energía. La disponibilidad de aminoácidos afecta un número grande de funciones biológicas dentro del animal. Obviamente, cuando el objetivo de un sistema de alimentación es maximizar los productos que contienen proteína, la cantidad de proteína absorbida en relación a la energía se estrechará la relación con el nivel de producción alcanzado (Preston et al., 1987). Un factor importante es la síntesis de proteína microbiana en el rumen, este se relaciona con el aporte de energía, ya que es la que utilizarán los microorganismos en el rumen para el aprovechamiento del nitrógeno. Ésta es representada por los nutrientes que, por la fermentación microbiana, producen el sustrato energético (ATP), necesario como combustible que permita los procesos de síntesis de los microorganismos del rumen. Normalmente, el aporte energético es el primer factor limitante en la síntesis de proteína microbiana. Se sugieren tres niveles o valores para la síntesis de proteína microbiana (AFRC, 1996): a) el primero es para los animales en un nivel de alimentación para el mantenimiento cuando se producen 9g PCM/MJ de EMF es decir que por cada MJ utilizado se sintetizaron 9 g de proteína cruda microbiana; b) El segundo nivel es para aquellos animales en crecimiento y se sintetizan 10g PCM/MJ de EMF es decir que por cada MJ utilizado se producirán 10 g de proteína cruda microbiana; c) El tercer nivel es para animales al final de gestación o lactación y se sintetizan 11g PCM /MJ de EMF, es decir que por cada MJ utilizado se sintetizarán 11 g de proteína cruda microbiana.

Hoste et al. (2005) Mencionan que un proceso importante en la nutrición de los rumiantes es la manipulación para la conservación de la salud, la suplementación energética juega un papel importante al relacionarse con la proteína ya que sin la energía el metabolismo de la proteína se ve afectado ya que el crecimiento de los microorganismos del rumen dependen del suministro continuo de energía.

Cuando existe un desbalance de energía con la proteína y esta energía es insuficiente, el nitrógeno que tiene la proteína quedará circulante, además en el rumen tiene fuentes de amoniaco y todo este nitrógeno excedente formará parte del amoniaco que es un reservorio importante para el estudio del metabolismo del nitrógeno en el rumen y se

han obtenido conocimientos nuevos a través de la medición de flujos de éste, este exceso y con el flujo estudiado, demuestra que dicho exceso se observe a través de la pared retículo- ruminal y se dirija por vía sanguínea hacia el hígado y la formación de urea la cual podría resultar en intoxicación por urea y amoniaco en los rumiantes, la cual se caracteriza por signos neurológicos y alteraciones en el metabolismo cerebral. Se dice que la urea por sí sola no es tóxica, sino que es el amoniaco que se concentra en la sangre el que produce toxicidad en los animales y esto se debe a que la capacidad del hígado en transformar el amoniaco a urea se ve superado por las concentraciones del amoniaco, además de la suficiente energía disponible que necesita el hígado para la transformación del amoniaco a urea (Preston et al., 1987).

### **2.3. Características de la producción de leche en el trópico.**

Las zonas tropicales húmedas y semi-húmedas de América Latina comprenden aproximadamente el 70% de la superficie total de la región y el 60% de los bovinos están concentrados en estas zonas (García, 1991; SIAP-SAGARPA, 2013). Los sistemas de producción de ganado bovino de doble propósito son aquellos en los que los ingresos se dividen aproximadamente por igual entre la leche y la carne, y estos sistemas son predominantes en muchos países de América Latina (Aguilar-Pérez et al., 2009). Dentro de esta actividad se estima que la ganadería de tipo doble propósito tiene 78% del inventario ganadero y contribuye con el 42% de la leche producida en toda la región de México (Rivas, 1992; Zarate et al., 2010)

El pastoreo es la base de la alimentación de los rumiantes en el trópico. La baja disponibilidad y calidad del pasto, especialmente durante la estación de seca, son los principales obstáculos para la producción y reproducción de rumiantes en estas áreas. Es por ello que los ganaderos se ven obligados a utilizar suplementos, generalmente a base de granos de cereales, lo cual incrementa los costos de producción y disminuyen la rentabilidad económica de los ranchos.

Las actividades ganaderas del trópico, están influenciadas en cada rancho por factores tales como, las vías de comunicación, la cercanía a ciudades, el tipo de suelo, el tamaño del rancho, la disponibilidad de la mano de obra, la capacidad económica. Las

actividades más importantes son quizá la cría y la engorda. La producción de leche se considera como un subproducto de estas actividades. Sin embargo, la ordeña es una actividad que cada día es más popular entre los ganaderos, debido al buen mercado de la leche y sus productos y a que la venta contribuye a resolver problemas de operación y mantenimiento de los rancho, por la fluidez económica que proporciona (Román-Ponce, 1981; Ruiz et al., 2008).

Sin embargo la producción de leche, a pesar de estos problemas de producción (parámetros productivos) (Cuadro 1) representa la quinta parte del valor total de la producción nacional pecuaria, siendo la tercera en importancia superando a la producción de huevo, por lo que se reconoce que esta es una actividad rentable, ya que de otra manera no se explica el importante crecimiento que se ha generado (SAGARPA 2011).

Cuadro 1: Parámetros productivos en la producción ganadera de doble propósito

Nacimientos (%)	50
Peso al nacimientos (kg)	28
Mortalidad (%)	10
Peso al destete (kg)	150
Edad al primer parto (meses)	40
Producción de leche por lactancia( kg)	450
Producción de vaca por día (kg)	6

(SAGARPA, 2011)

El crecimiento de la producción primaria, a pesar de ser importante y mostrar índices superiores al crecimiento de la población, no son suficientes para abastecer a una industria que ha logrado una transformación profunda, obtenida en base a calidad y desarrollo de nuevos productos, lo que ha provocado en la población un mayor consumo de productos lácteos. La producción de leche en México sólo cubre el 65% de la demanda interna; a principios y mediados de los 90's, la producción promedio era de 7474 millones de litros por año (García et al., 1997), la cual se incrementó a 8354 millones de litros a finales de la década (Ponce, 2000) y a 10 183 millones de litros en el año 2007, en el que el valor de la producción ascendió a 39 919 millones de pesos (SAGARPA 2011). El consumo actual de leche en México es de 97 litros por persona al

año, cantidad que equivale a la mitad de lo que recomienda la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

La producción de leche en México ha tenido un crecimiento en los últimos años del 10.3%, lo que hace que en términos monetarios esta actividad sea equivalente al 21% aproximadamente del valor total del sector pecuario.( FAO 2006; SIAP-SAGARPA, 2013) mencionan que las tendencias actuales para la producción ganadera hacen especial énfasis en modelos que tengan un desarrollo armónico entre los aspectos sociales, ambientales y económicos, los cuales deben apuntar a la obtención de alimentos de buena calidad y bajos costos; que contribuyan a generar un desarrollo integral en las personas involucradas en el proceso, mediante el mejoramiento de la calidad de vida para el grupo familiar, e incluso hasta generar nuevas fuentes de trabajo. Estos nuevos modelos deben considerar el ambiente como parte fundamental de su realidad, donde se minimice y/o mitiguen el impacto realizado al mismo, e involucren al hombre como un elemento más del ecosistema (FAO, 2006).

#### **2.4. El uso de la *Leucaena leucocephala* como alternativa para mejorar la calidad de la dieta de los rumiantes en el trópico.**

La *Leucaena leucocephala* asociada con gramíneas tropicales es una alternativa para mejorar los sistemas de producción lecheros debido a que mejora el aprovechamiento del recurso forrajero, a que sustituye parcialmente el uso de granos y además induce una respuesta favorable, en comparación con sistemas de monocultivos, debido a que se mejora el consumo, la ganancias de peso y se incrementa la producción de leche. El uso de esta leguminosa puede propiciar una mejor rentabilidad del sistema pecuario, ya que no se hace un excesivo gasto en la alimentación. López Perera, (2014); González Pérez y Alcaraz Vera (2014) encontraron una rentabilidad arriba del 15 % y 13.3% respectivamente, en ranchos de doble propósito con sistema de producción silvopastoril.

##### **2.4.1. Valor nutricional**

El follaje de leucaena constituye un valioso ingrediente en raciones para ganado, el valor nutritivo del follaje de leucaena varía con el lugar, edad y estación de la cosecha. Los tallos tiernos, las flores y vainas son una adecuada fuente de proteína y minerales (Jones, 1981)



En cuanto a la composición química de las diferentes partes de la planta de *Leucaena* (Longo et al.; 2012; Cuadro 2). Se observa que la mayor cantidad de proteína cruda se encuentra en los retoños de la planta (47.4%), semillas maduras sin testa (45.2%) y en semillas verdes con testa (40.1%). Por otra parte el menor contenido de proteína cruda corresponde a las vainas maduras sin semillas y a las semillas maduras con testa (8.2 y 9.7 % respectivamente). La fibra cruda se incrementa a medida que las partes comestibles de la planta maduran con la edad encontrándose la mayor cantidad en las vainas verdes con semillas maduras y en las semillas maduras; estas partes de la planta contienen 25.4 y 35.8 % de fibra cruda respectivamente.

Cuadro 2. Composición química del follaje de la *Leucaena leucocephala*.

Componentes	Leucaena
Energía bruta (MJ/kg Ms)	20.08
Nitrógeno total (%)	4.2
Proteína cruda (%)	25.9
Fibra detergente modificada /ácida (%)	20.4
Cenizas (%)	11.0
Carotenos (mg/kg)	536.0
Taninos (mg/g)	10.2

(Longo et al., 2012)

#### 2.4.2. Formas de utilización

Entre los usos potenciales de la *Leucaena leucocephala* destacan: banco de proteína, leña, corte y acarreo, abono verde, sistemas agroforestales, concentrado para aves, cerdos y bovinos, pastoreo, cercos vivos, rompe vientos, ensilaje. La *Leucaena leucocephala* también es utilizada en los sistemas silvopastoriles en donde el uso de la tierra y leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas y otros) son deliberadamente combinados en la misma unidad de manejo con plantas herbáceas (cultivos, pasturas) y/o animales, incluso en la misma forma de arreglo espacial o secuencia temporal, y en que hay interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes (Dalzell et al., 2006). En este sistema interactúan cinco componentes: el componente arbóreo, el componente ganadero, el forrajero, el suelo y el clima. De éstos se consideran como primarios el arbóreo (por eso “silvo” que denota la palabra bosque) y el forrajero (por ello “pastoril”). También existen los denominados SSPi donde en muchas regiones del mundo utilizan a la *Leucaena leucocephala* como un factor

importante ya que el sistema silvopastoril intensivo (SSPi) es un arreglo agroforestal que combina el cultivo de arbustos forrajeros en alta densidad (entre 10,000 y 60,000 plantas por hectárea) para el ramoneo directo del ganado, asociados siempre a pasturas tropicales mejoradas (Murgueitio et al., 2006).

También se pueden desarrollar sistemas (SSPi) asociados al cultivo de árboles maderables o frutales para la industria, el autoconsumo y/o la protección de biodiversidad, con densidades que varían entre los 25 a 500 árboles por hectárea según las variables biofísicas y climáticas (Murgueitio et al 2010). Mayo Eusebio (2014) encontró ganancias de peso de 756 g por cabeza por día, en bovinos en crecimiento pastoreando en un SSPi en Michoacán, México. Para la buena operación del sistema se requiere la oferta permanente de agua de buena calidad en bebederos móviles y sal mineralizada. La periferia y las divisiones internas de los potreros se establecen con cercas vivas y el ganado se maneja sin violencia con cercas o cintas eléctricas fijas o móviles. La alta producción de biomasa forrajera, las altas cargas instantáneas bajo métodos de pastoreo rotacional, los largos periodos de descanso y la oferta de agua fresca permanente en cada franja, son características determinantes de este tipo de sistema.

#### **2.4.3. Limitaciones nutricionales de la *L. leucocephala***

El consumo de esta leguminosa por el bovino a altas densidades de siembra podría verse limitado debido, por un lado, al aporte excesivo de nitrógeno en la dieta, lo que ocasiona un desbalance nutricional de proteína:energía ocasionando una deficiente síntesis de proteína microbiana y como consecuencia niveles altos de amoníaco en sangre lo que influye sobre el consumo voluntario (Calsamiglia et al., 2010) , además de un incremento en la concentración de urea en sangre (Ruiz et al., 2011) (Arjona et al., 2012). Otra limitante nutricional que se considera es la mimosina, un aminoácido no proteico que es abundante en algunas especies de *L. leucocephala* (Hammond, 1995).

#### **2.4.4. Efecto del exceso de nitrógeno en la dieta.**

El aporte excesivo de proteína cruda en la dieta pudiera ocasionar trastornos metabólicos en los animales, debido a que una parte de los compuestos nitrogenados

son convertidos a amoníaco en el rumen por la degradación bacteriana. Tal exceso es luego utilizado por estos microorganismos para la síntesis proteica microbiana. Cuando hay una falta de energía fermentable o cuando la proteína cruda en la dieta es excesiva, no todo el amoníaco producido en el rumen puede ser convertido a proteína microbiana, el amoníaco no utilizado es absorbido a través del epitelio ruminal y transportado por vía portal al hígado para luego ser transformado en urea (Calsamiglia et al., 2010).

Los niveles de amoníaco en la sangre se mantienen bajos debido a que el hígado convierte rápidamente el amoníaco en urea (ciclo de la ornitina), si la producción de amoníaco sobrepasa la capacidad del hígado para transformarlo en urea, los niveles de amoníaco en la sangre pueden llegar a ser tóxicos. Además, los altos niveles de amoníaco en sangre influyen sobre el apetito, por lo que limitan el consumo de alimento y su presencia constante en niveles altos causan permanentes situaciones subóptimas de producción (Rovira, 2014).

#### **2.4.5. Mimosina.**

La mimosina es un aminoácido libre no proteico, una alanina $\beta$ -sustituida con un anillo 3-hidroxi-4(1H)-piridona (3,4DHP) (Ter Meulen et al., 1979). Este compuesto juega un papel importante en la resistencia de la planta a una gran variedad de agentes fitopatógenos (Serrano, et al. 1983). En contraste, en animales rumiantes que consumen una dieta con altas cantidades de *L. leucocephala* se presentan signos típicos de la toxicidad como son la alopecia, anorexia, pérdida de peso, salivación profunda, lesiones a través del esófago, papilas necróticas en el rumen y retículo, hiperplasia de la glándula tiroidea y bajos niveles de hormona tiroxina T<sub>4</sub> circulante. De hecho la toxicosis puede ser aguda o crónica y conllevar incluso a la muerte (Hammond, 1995). Ghosh et al. (2009) reportaron concentraciones de mimosina en leche, orina y heces en vacas alimentadas con *Leucaena leucocephala* obteniendo resultados de 5 a 10  $\mu\text{g/ml}$  en leche, de 0 a 20  $\mu\text{g/ml}$  en orina y de 4 a 222  $\mu\text{g/g MS}$  para las heces.

#### **2.4.6. Utilización de *L. leucocephala* para la producción de leche.**

La producción lechera se ve afectada por en el encarecimiento de los costos de producción, los SSPI reducen los costos de producción de leche, mejoran la calidad y la

cantidad de leche. Rivera et al. (2012) mencionan que al mejorar la dieta, mediante arreglos con gramíneas y leguminosas arbustivas en alta densidad, es posible producir más leche y de mejor calidad, esta producción se puede incrementar de 3.9 de un sistema tradicional de pastoreo a 16.1 litros de leche en un SSPi, con un carga animal de 3.9 UA por ha en comparación con una carga animal de 0.9 UA por ha. Además de que se mejora la cantidad de sólidos en la composición química de dicho producto. (Cuadros 3 y 4).

Cuadro3. Carga animal en un sistema tradicional y en un SSPI con produccion de leche/ha/año.

	<b>Animales/ha</b>	<b>UGG/ha</b>	<b>L/ha/año</b>
<b>SSPi</b>	3,9	3,34	5551,65
<b>S. Tradicional</b>	0,9	0,8	1149,75

Cuadro 4.Composición química de la leche evaluados en sistemas tradicionales y silvopastoril, por ha/año.

<b>Sistema</b>	<b>kg/ha/año</b>			
	<b>Grasa</b>	<b>Proteína</b>	<b>SNG</b>	<b>S. Totales</b>
<b>SSPi</b>	294,20	188,74	499,50	793,7
<b>S. Tradicional</b>	49,43	37,94	103,47	152,9

Muinga et al., (1995) encontraron que las vacas lecheras respondieron mejor en la producción de leche cuando fueron suplementadas con maíz forrajero en dietas con Leucaena y pasto Taiwán obteniéndose una producción de leche de 6.5 kg por día, en relación a las vacas que solo recibieron Leucaena y pasto Taiwán cuya producción fue de 5.5 kg por día y también sobre las que solo recibieron pasto Taiwán que produjeron 5.1 kg por día.

Peniche (2009) mencionó que el comportamiento productivo de las vacas alimentadas con *L. Leucocephala* en pastoreo con *C. nlemfuensis* fue similar a los niveles de producción de leche en comparación a un grupo de vacas suplementadas con mayor cantidad de concentrado, sin embargo, no pudo establecer que la respuesta productiva de dichas vacas, la cual se debió a la asociación gramínea-leguminosa y esta puede ser una alternativa para mejorar la producción lechera en México. Por su parte Ruiz-

González(2013), demostró que al incrementar el porcentaje de inclusión hasta 45 % de *Leucaena leucocephala* en asociación con el pasto Taiwán, la cantidad de leche producida se incrementaba sin embargo con este nivel también la concentración de urea en sangre se incrementó, lo que sugiere que existe un desbalance a nivel ruminal en la relación proteína: energía y el balance de nitrógeno que obtuvo no fue mayor al 25 % de la eficiencia de utilización del N que describe Calsamiglia, et al. (2010) además considera tener en cuenta la utilización de suplementos energéticos para mejorar la eficiencia de utilización del N en el rumen y consecuentemente mejorar la producción de leche.

## **2.5. Fuentes energéticas disponibles en los trópicos y su utilización en la alimentación de vacas lactantes**

En la producción de leche en el trópico existen numerosos sustratos de uso no común para la alimentación de las vacas, algunos ofrecen características proteicas otros energéticas, algunos insumos disponibles en la Península de Yucatán con un costo accesible para la obtención y utilización de estos, como una alternativas para la suplementación energética en vacas doble propósito son: melaza de caña de azúcar, cascara y pulpa de cítricos, pulido de arroz, sorgo y maíz.

### **2.5.1 Melaza de caña de azúcar**

La melaza o miel de caña es un producto semi líquido espeso derivado de la caña de azúcar y en menor medida de la remolacha azucarera, obtenido del residuo restante en las cubas de extracción de los azúcares. Su aspecto es similar al de la miel aunque de color parduzco muy oscuro, prácticamente negro. El sabor es dulce, ligeramente similar al del regaliz, con un gusto amargo (Preston, 1972).

Nutricionalmente presenta un alto contenido en hidratos de carbono además de vitaminas del grupo B y abundantes minerales, entre los que destacan el hierro, cobre y magnesio. Su contenido de agua es bajo (Swan y Karalazos, 1990).

Se elabora mediante la cocción del jugo de la caña de azúcar hasta la evaporación parcial del agua que éste contiene, formándose un producto meloso semi-cristalizado.

Principalmente se emplea la melaza como suplemento energético para la alimentación de rumiantes por su alto contenido de azúcares y su bajo costo en algunas regiones.

Arjona-Alcocer et al. (2012) utilizaron como suplemento energético a la melaza, en donde mejoraron la relación energía/proteína de la dieta y además demostraron que suplementado con 5 MJ de energía se reduce la concentración de urea en la sangre y ocurre una reducción en la excreción urea en la orina, además menciona que una dieta con concentraciones altas de Leucaena hasta de 50 % de la inclusión de la MS existe una deficiencia relación de la proteína:energía y con el suplementación de 5MJ se mejora esta deficiencia y se balancea hasta lograr una dieta comercial al 14 % de PC.

La melaza de caña tiene una fermentación en el rumen del 60 a 75% de los carbohidratos contenidos en la melaza (Fajardo-Castillo y Sarmiento Forero, 2007)

En un estudio realizado en Veracruz por Castillo et al.(1999) donde utilizaron niveles de melaza como suplemento en la alimentación de vacas doble propósito y encontraron niveles de producción hasta de 6.10 kg ofreciendo 2.82 kg de MS/ vaca/ día como melaza.

### **2.5.2 Cáscara y pulpa de naranja.**

La naranja ha constituido desde tiempos remotos parte de la alimentación tanto de humanos como de animales; las personas consumen la fruta fresca y los desechos pasan a formar parte de industria de extracción de aceites además de ser un subproducto este se ha utilizado en diversas formas en la alimentación de animales no rumiantes y rumiantes. En México esta fruta es considerada como una de las más importantes por sus características de producción y de utilización.

La producción de cítricos es una actividad importante a nivel mundial generando 74 millones de toneladas y siendo Brasil, EUA y México (Bampidis y Robinson, 2006) los principales productores y en México son 23 estados los que se dedican a la producción de cítricos.

La composición de los cítricos se ve afectada por factores tales como las condiciones de crecimiento, madurez, tubérculos, rizomas, la variedad y el clima (Kale y Adsule, 1995). Las frutas cítricas contienen N (1-2 g/kg, en base húmeda), lípidos (ácidos

oleico, linoleico, linolénico, palmítico, el ácido esteárico, glicerina, y un fitosterol), azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa), ácidos (cítrico principalmente y málico, sino también tartárico, benzoico, oxálico y succínico), carbohidratos insolubles (celulosa, pectina), enzimas de pectinesterasa, fosfatasa, peroxidasa), flavonoides (hesperidina, naringina), principios amargos (limonina, isolimonin), aceite de cáscara (d -limoneno), constituyentes volátiles (alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, hidrocarburos, ácidos), pigmentos (carotenos, las xantofilas), vitaminas (ácido ascórbico, vitamina del complejo B, carotenoides), y minerales (principalmente calcio y potasio). Según Bampidis y Robinson (2006) las cáscaras de naranjas son ricas en pectinas, y se pueden utilizar en la alimentación de animales como suplementos, estas pectinas son polisacáridos de tipo éter o son compuestos heteropolisacárido, polímeros ácidos y neutros muy ramificados, y al hidrolizarse produce dos carbonos, en la alimentación de rumiantes producirá AGV's en un proporción donde el ácido acético incrementara su concentración en el líquido ruminal. La composición química proximal se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Composición química proximal de las cáscaras de naranja

	MS (g/kg)	MO (g/kgMS)	PC (g/kgMS)	FDA (g/kgMS)	FDN (g/kgMS)	Acetico (g/kgMS)	Propionico (g/kgMS)
C. Cítricos	233	975	58	129	200	20	0.3

Bampidis y Robinson (2006)

La cáscara de cítricos tiene una fermentación ruminal es de 65 a 80% de los componentes como los carbohidratos y sobre todo las pectinas contenidas en la cáscara de cítricos (Bampidis y Robinson 2006)

### 2.5.3 Pulido de arroz

El pulido de arroz se obtiene del procesos de perlado, blanqueado o pulido del grano de arroz de manera industrial, el cual tiene una característica en su conformación de un color amarillo grisáceo, de olor agradable en estado fresco y con una apariencia algo grasosa al contacto.

El pulido de arroz es una mezcla del polvo, germen, grasa, arroz quedrado, puntas de arroz entre otras partes, este subproducto contiene un nivel muy elevado de grasa hasta

de 17 % (Flores 1975), además con una característica importante un alto contenido energético (Cuadrado Martínez, 2008) (Cuadro 6), además de esta característica esta también lo mencionado por (Ferreiro et al, 1979) el pulido de arroz contiene una porción de almidón de sobrepaso del 50 % como una característica importante de este insumo.

El contenido en energía metabolizable (Cuadro 7) del pulido de arroz es elevado en todas las especies animales, debido a su alto contenido en almidón y a la ausencia de factores anti-nutricionales. Su valor energético puede incrementarse entre un 3 y un 5% en rumiantes y monogástricos jóvenes mediante tratamiento térmico. (Priego et al., 1979)

Valor nutricional

Cuadro 6: Composición química del pulido de arroz.

MS (%)	Cenizas (%)	PC (%)	FC (%)	EE (%)	ELN (%)
90.8	8.9	15	6.1	15	54.3

(Cuadrado Martínez, 2008)

Cuadro 7: Valor energético del pulido de arroz utilizado en vacas

RUMIANTES (vacas)					
EM MJ	UFI (MJ)	UFc (MJ)	ENi MJ	ENm MJ	ENc MJ
12.25	4.158	4.60	7.99	8.493	5.87

Almidón-rumen (%)	
Soluble	Degradable
26	72

EM: Energía metabolizable; UFI: unidad fermentable a la ingesta, UFc unidades fermentables al consumo, ENi: Energía neta de inicial, ENm Energía neta metabolizable; ENc energía neta conservada (Brambily Pino, 1962)



#### 2.5.4 Sorgo

El sorgo (*Sorghum vulgare*) es una planta originaria de la India, de la familia de las gramíneas. Posee cañas de un metro y medio de altura, llenas de un tejido blanco y dulce, vellosas en los nudos; hojas lampiñas, ásperas en los bordes; flores en panoja floja, grande y derecha, o espesa, arracimada y colgante, y granos mayores que los cañamones, algo rojizos, blanquecinos o amarillos (SIAP-SAGARPA 1997).

En México se cultivan tres variedades de sorgo, de acuerdo principalmente con su uso: a) Sorgo escobero, variedad que tiene una mayor precocidad y resistencia, cuya espiga se utiliza para elaborar escobas. b) Sorgo forrajero, dulce o sacarino, considerado nutritivo, sobre todo estando verde, y en su estado maduro como grano forrajero y cuya composición química se demuestra en el Cuadro 8. c) Sorgo grano, del cual nos ocuparemos en esta monografía, son aquellas variedades no sacarinas, de las se explota el grano, que es la principal materia prima en la industria de alimentos balanceados.

El sorgo representa el grano forrajero con mayor presencia en México, por encima de la utilización de la cebada, trigo y el maíz. El 92% de la producción se destina al sector pecuario, el 7% se constituye por mermas y el 1% restante es utilizado como semilla para siembra (SIAP-SAGARPA 1997).

Cuadro 8: Composición química del sorgo forrajero.

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	88
Energía metabolizable	MJ/kg	8,911
Proteína cruda	%	4,70
Calcio	%	0,09
Fósforo total	%	0,02
Grasa	%	0,50
Ceniza	%	2,60
Fibracruada	%	5,60

(SIAP-SAGARPA 1997)

El sorgo molido tiene una fermentación el rumen de 70% del almidón contenido en el sorgo (Montiel y Elizaldi, 2004)

## 2.7 Referencias

- Agricultural and Food Research Council. 1993 Necesidades Energéticas y Proteicas de los Rumiantes. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 1-9. AFRC.
- Aguilar PC, Ku VJC, Centurión CF, Garnsworthy PC. 2009. Energy balance milk production and reproduction in grazing crossbred cows in the tropics with and without cereal supplementation. *LivestSci*. 122: 227–233.
- Arjona AVA, Ruiz G A, Briceño PEG, Ayala BAJ, Ruz RN. Ku VJC. 2012. Voluntary intake, apparent digestibility and blood urea levels in hair sheep fed *Cynodon nlemfuensis* grass mixed with *Leucaena leucocephala* and supplemented with rumen fermentable energy. *J AnimSci*. 90 (Suppl. 3): 125.
- Barros RM. 2011. Comportamiento productivo y excreción urinaria de los metabolitos derivados de la mimosina en ovinos pastoreando en altas densidades de *Leucaena leucocephala* en un sistema silvopastoril. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. 38p.
- BlaxterKL. 1964. Metabolismo Energético de los Rumiantes Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 259-261.
- Brambila S, Pino JA. 1962. El valor nutricio del pulido de arroz para aves de corral. *AgriTécMéx*. 12:12-47.
- Calsamiglia S, Ferret A, Reynolds CK, Kristensen NB, van Vuuren AM. 2010. Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. *Anim*. 4: 1184-1196.
- Canto CJ, Góngora GS, Bores QR. 2009. Producción intensiva de ovinos de pelo en el trópico. Editorial inifap. Mérida (México). pp. 20
- Castillo GP, Ocaha ZE, Mendoza PC, Gómez SR, Rubio GI, Livas CF, Aluja SA. 1999. Complementos con base en melaza-urea para vacas de doble propósito del trópico veracruzano. *Vet Méx*. 30(2) 1-14.

- Clavero TR, Razz RO, Araujo F, Morales J, Rodríguez PA. 1997. Metabolismo del nitrógeno en ovinos suplementados con *Leucaena leucocephala*. Arch Lati Prod Anim. 5:226-228.
- Cuadrado MLI. 2008. Valoración energética de polvillo de arroz y afrecho de trigo utilizado en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis de licenciatura en Ingeniería y Zootecnia de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba (Ecuador), pp 1-8.
- Dalzell S, Shelton M, Mullen B, Larsen P, McLaughlin K. 2006. Leucaena: A Guide to Establishment and Management. Meat & Livestock Australia Ltd. Sydney, (Australia) pp 12-30.
- Dijkstra J, Reynolds CK, Kebreab E, Bannink A, Ellis JL, France J, van Vuuren AM. 2013. Challenges in ruminant nutrition: towards minimal nitrogen losses in cattle. Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production. Wageningen Academic Publishers: 128: 47-56.
- Fajardo CEE, Sarmiento FSC. 2007. Evaluación de la melaza de caña de azúcar como para la producción de *Saccharomyces cerevisiae* Tesis Facultada de Ciencias Biológicas de la universidad JAVERIANA Bogota D C (colombia) pp 4-18.
- Ferreiro HM, Priego A, Lopez J; Preston TR, Leng RA. 1979. Glucose metabolism in cattle given sugar cane base diets supplemented with varying quantities of rice polishings. Br J Nutr. 42, 303-307.
- Flores A. 1975. Bromatología animal. 2ª ed. Mexico. Edit. Limusa. Pp 742-743.
- García HL, Álvarez MA; Martínez BE; Del Valle RC. 1997. Marco internacional, regional e interrelaciones de los sistemas nacionales lecheros de América del Norte. In memorias II seminario internacional sobre los sistemas nacionales lecheros de América del Norte. DF. (México). pp. 2-8.
- García R. 1991. Milk production systems based on pastures in the tropics. In: Feeding dairy cows in the tropics, pp 156-168. Edited by A. Speedy and R. Sansoucy. FAO. Rome.

- Gasque GR.2008. Enciclopedia bovina. Primera Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. DF (México) .pp10.
- Ghosh MK, Atreja PP, Buragohain R, Bandyopadhyay S.2007.Influence of short-term *Leucaena leucocephala* feeding on milk yield and its composition, thyroid hormones, enzyme activity, and secretion of mimosine and its metabolites in milk of cattle. J AgriSci 145, 407–414.
- González JM. 2013. Evaluación económica de un sistema silvopastoril intensivo. Avances e investigación Agrop.
- González PJM, Alcaraz VJV. 2014. Cultivo y costos de un sistema silvopastoril intensivo (sspi) a base de gramíneas y *Leucaena leucocephala* estudio de caso en tepalcatepec, michoacán, México. INCEPTUM (3):15 277 – 292.
- Hammond AC. 1995.Leucaenatoxicosis and its control in ruminants.J Anim. Sci.73:1487-1492.
- Hoste H, Torres A JF, Paoilini V, Aguilar C A, Etter E, Lefrileux Y, Chartier C, Broqua C. 2005. Interactions between nutrition and gastrointestinal infections with parasitic nematodes in goats. Small Rum Res.60:141-151.
- Jones RJ. 1981. Does ruminal metabolism of mimosine explain the absence of *Leucaena* toxicity in Hawaii?. Aust Vet J. 57:55–56.
- Kale PN, Adsule PG, Salunkhe DK, Kadam SS. 1995.Citrus. (Eds.), Handbook of fruit Science and Technology: production, composition, storage, and processing. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA, pp. 39–65.
- Ku VJC, Ramírez AL, Jiménez FG, Alayón JA; Ramírez CL. 1999.Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico Mexicano en Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. Estudio (FAO). Producción y Sanidad Animal.143, Roma, (Italia). pp. 231-250.
- Lessa ACR, Madari BE, Paredes DS, Boddey RM, Urquiaga S, Jantalia CP, Rodrigues ABJ. 2014. Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pasture contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. Agri Ecos Envirom. 190:104-111
- Longo C, Hummel J, Liebich J, Bueno ICS, Burauel P, Ambrosano EJ, Abdalla AL, Anele UY, Südekum KH. 2012. Chemical characterization and in vitro

biological activity of four tropical legumes, *Stylobium aterrimum* L, *Stylobium deerignianum*, *Leucaena leucocephala* and *Mimosa caesalpiniae* folia, as compared to a tropical grass, *Cynodon* spp. for the use in ruminant diets. *Czech J Anim Sci.* 57:255–264.

López PMA. 2014. Estimación de indicadores financieros de tres unidades de producción bovina con sistema silvopastoril intensivo en el trópico de Michoacán. Tesis de Licenciatura en Agroecología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp:21-33 (en preparación).

Marini JC, Van Amburgh ME. 2005. Partition of nitrogen excretion in urine and the feces of holstein replacement heifers. *J Dairy Sci.* 88:1778-1784.

Maynard LA, Loosli KJ, Hintz FH, Warner GR. 1981. *Nutrición Animal*, 4<sup>ta</sup> edición. Editorial, Mc Graw Hill, (México). pp. 63-69; 201-217.

Mayo ER. 2014. Ganancia de peso de bovinos en crecimiento en un sistema silvopastoril intensivo y en un sistema en confinamiento en Michoacán, México. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp. 22-30.

McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA. 2006. *Animal Nutrition*. Seventh editions Prentice Hall. Upper Saddle, NJ USA. pp. 300- 305.

Montiel MD, Elizaldi JC. 2004. Valor nutritivo y económico del grano de sorgo comparado con el maíz. *Infertilidad Nutricional y Metabólica de la Vaca*. 1era Edición. Pp 60- 70.

Muinga RW, Topps JH, Rooke JA, Thorpe W. 1995. The effect of supplementation with *Leucaena leucocephala* and maize bran on voluntary food intake, digestibility, live weight and milk yield of *Bos indicus* x *Bos Taurus* dairy cows and rumen fermentation in steers offered *Pennisetum purpureum ad libitum* in the semi-humid tropics. *Anim Sci.* 60:13-23.

- Murgueitio E, Calle Z, Uribe F, Calle A; Solorio B. 2010. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecol and Manag.*261:1654-1663.
- Murgueitio E, Cuellar P, Ibrahim M, Gobbii J, Cuartas C, Naranjo JF, Zapata A, Mejía C, Zuluaga A, Casasola F.2006. Adopción de sistemas agroforestales Pecuarios. pastos y forrajes, *Rev Cubana Cien Agríc.* 4: 365-383.
- Murray RK, Mayes PA, Granner DK, RodwellVW. 2003. Harper Bioquímica ilustrada. 16<sup>a</sup> edición, Editorial Manual Moderno. (México). pp. 277-284.
- Noro M. Wittwer F. 2012. Relationships between liver ureagenesis and gluconeogenesis in ruminants fed with a high nitrogen diet. *Vet Méx*, 43(2) 143-154.
- ØrskovER, 2000.The in situ technique for the estimation of forage degradability in ruminants. In: Givens, D.I., Owen, E., Axford, R.F.E., Omed, H.M. (Eds.), *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 175–188.
- Peniche GIN. 2009. Comportamiento productivo de vacas de doble propósito en pastoreo con o sin acceso a una asociación de *Lecucaena, leucocephala* y *Cynodon nlemfuensis*. Tesis de maestría en producción animal tropical. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, (México).pp 12-20
- Ponce CP. 2000. Producción y calidad de la leche bajo condiciones del trópico americano. Tropi/leche 2000. *In* Memorias III Curso de Capacitación “La Lechería en el Trópico Americano”. FEPALE. CENSA. La Habana (Cuba). pp. 1-10.
- Poppi DP, McLennan SR. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J Anim Sci.*73:278-290.
- Preston JR. 1972. Molasses as a ruminant feed stuff. *World Review of Nutrition and Dieteticss*17, 250–311.

- Preston TR, Leng RR. 1987. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. PENAMBUL BOOKS.pp.56-61.
- Priego A, Elliott R, Preston TR. 1979. Studies on the Digestion in the Forestomachs of cattle of a diet based on sisal pulp: II Supplementation with Ramon (Brosimum Alicastrum) Forage and Rice Polishing. Trop Anim Prod 4:3 297-291.
- Razz R, González R, Faría J, Esparza D, Faría N. 1992. Efecto de la frecuencia e intensidad de defoliación sobre el valor nutritivo de la *Leucaena leucocephala*(Lam.) De Wit. Rev Fac Agron. (LUZ): 9:109-114.
- Rivas L. 1992. El sistema ganadero de doble propósito en América Latina tropical: evolución, perspectivas, y oportunidades. In: Memorias del simposium internacional sobre alternativas y estrategias de producción animal. Universidad Autónoma Chapingo. (México).
- Rivera JE, Cuartas CA, Naranjo JF, Murgueitio RE, Barahona RR. 2012. Producción y calidad de leche en vacas pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos y pasturas sin árboles en el Caribe seco Colombiano. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CIPAV; área de Ganadería Sostenible PP. 1-11.
- Rovira P.2014. Suplementación de bovino con grano húmedo de sorgo y fuentes proteicas sobre campo natural. INIA. Montevideo (Uruguay). pp. 5-27.
- Ruiz GA. 2013. Balance de nitrógeno y composición de leche de vacas alimentadas con *Leucaena leucocephala*. Tesis de maestría en Ciencias agropecuarias. Facultad de Medicina veterinaria y zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México 26-62.
- Ruiz GA. Albores MS. Briceño PEG. Ayala BAJ. Solorio SJ. Ku VJC. 2011. Consumo, Digestibilidad aparente y excreción de nitrógeno urinario en borregos de pelo alimentados con niveles crecientes de follaje de *Leucaena leucocephala* mezclado con pasto *Cynodon nlemfuensis*. Adv Anim Biosci. 2:529.

- Ruiz GC, García HLA, Ávila BCH, Brunnett PL. 2008. Sustentabilidad financiera: el caso de una empresa ganadera de bovino de doble propósito. *Rev Méx Agron.* 22: 502-515.
- SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2011. Situación de la producción de leche bovina en México. Boletín informativo. México, D. F. pp. 1-11.
- Shimada M A. 2009. *Nutrición Animal* 2<sup>da</sup> edición. Editorial, Trillas. México DF. Pp. 32-39.
- SIAP-SAGARPA. 1997. “El Sorgo Mexicano: Entre la Autosuficiencia y la Dependencia Externa”. *Rev Clar Agrop.*46.
- SIAP-SAGARPA. 2013. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2013. Situación de la producción de leche bovina en México. Boletín informativo. México, D. F. pp. 1-11
- Swan H, Karalazos A. 1990. Las melazas y sus derivados. *Rev Tec Geplacea (España)* 19:78-82.
- TerMeulenU, Struck S, Schulke E, El Harith EA. 1979. A review on the nutritive value and toxic aspects of *Leucaena leucocephala*. *Trop Anim Prod.* 4:113-126.
- Watson SA, Ramstad P E. 1987. *CORN.ChemsandTechn.* pp. 605.
- Zárate MJP, Esqueda EVA, Vinay VJC, Jácome MSM. 2010. Evaluación económico-productiva de un sistema de producción de leche en el trópico. *Agron Meso.* 21:255-265.



### Capítulo III. Objetivos e hipótesis

#### 3.1. Hipótesis.

La incorporación de diferentes fuentes de carbohidrato en la ración de vacas de doble propósito alimentadas con un alto nivel de *Leucaena leucocephala*, inducirá un incremento en la producción y una diferente calidad de la leche y una reducción en la concentración de nitrógeno ureico en sangre y su eliminación en orina.

#### 3.2 Objetivo general.

Evaluar el efecto de cuatro suplementos energéticos en vacas doble propósito sobre el comportamiento productivo, alimentadas con un alto nivel de follaje de *Leucaena leucocephala*.

#### 3.3 Objetivos específicos.

Estimar el consumo y la digestibilidad aparente de la MS y MO en vacas de doble propósito, alimentadas con un alto nivel de follaje de *Leucaena leucocephala* y suplementadas con cuatro fuentes de energía fermentable.

Evaluar la producción y composición de la leche de vacas de doble propósito, alimentadas con un alto nivel de follaje de *Leucaena leucocephala* y suplementadas con cuatro fuentes de energía fermentable.

Estimar la concentración de N ureico en sangre y la excreción de N ureico en la orina, en vacas de doble propósito, alimentadas con un alto nivel de follaje de *Leucaena leucocephala* y suplementadas con cuatro fuentes de energía fermentable.

1                   Capítulo IV. Artículo científico

2

3

4

5

6

7

8

9                   Evaluación de cuatro suplementos energéticos para la producción  
10                  de leche en vacas de doble propósito alimentadas con follaje de  
11                  *Leucaena leucocephala* y *Pennisetum purpureum*  
12

13

V. A. Arjona Alcocer<sup>a</sup>, C.F. Aguilar Pérez\*<sup>a</sup>, J. C. KuVera<sup>a</sup>,

14

<sup>a</sup>. Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.  
15                  Universidad Autónoma de Yucatán, Carretera Mérida-Xmatkuil kilometro 15.5. Apdo.  
16                  Postal 4-116 Itzinná C.P. 97100 Mérida, Yucatán, México.

17

18

Artículo preparado para la revista: Archives of Animal Nutrition.

19

## 20 Resumen

21 El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la incorporación de cuatro  
22 suplementos energéticos sobre la producción de leche, su composición química y la  
23 concentración de nitrógeno ureico en sangre en vacas de doble propósito alimentadas  
24 con pasto *Penisetum purpureum* y follaje de *L. leucocephala*. Se utilizaron 5 vacas  
25 cruzadas (Holstein x Cebú) con un peso promedio de 450 kg, en el segundo tercio de  
26 lactación. Las vacas fueron alimentadas con una dieta de 45% de *Leucaena*  
27 *leucocephala* y 55% de follaje de *Penisetum purpureum* (base seca) y suplementadas  
28 con cuatro sustratos energéticos (tratamientos): melaza, sorgo, cáscara de cítricos y  
29 pulido de arroz, a un nivel de incorporación de 25 MJ de EM/vaca/día. La duración del  
30 experimento fue de 100 días, divididos en 5 periodos de 20 días; las variables evaluadas  
31 fueron el consumo de alimento, producción de leche y composición química de la leche,  
32 así como la concentración de urea en sangre y su excreción en orina.

33 El consumo de materia seca fue de 9.4, 12.08, 11.99, 11.94 y 11.91 kg por vaca por día,  
34 para los tratamientos control, melaza, sorgo, cáscara de cítricos y pulido de arroz  
35 respectivamente. La producción de leche fue 3.34, 4.22, 4.68, 4.39, 4.87 kg por vaca  
36 por día para los tratamientos control, melaza, sorgo, cáscara cítricos y pulido de arroz,  
37 respectivamente. La composición química de la leche no fue estadísticamente diferente  
38 ( $P > 0.05$ ) en su porcentaje de proteína, lactosa y grasa. La concentración de urea en  
39 sangre fue de 40.68, 30.24, 34.29, 28.51, 33.36 mg/dl para los tratamientos control,  
40 melaza, sorgo, cáscara cítricos y pulido de arroz, respectivamente: La concentración de  
41 urea en orina fue: 63.79, 29.17, 34.38, 29.00, 35.54 gramos de urea/animal/día, para los  
42 tratamientos control, melaza, sorgo, cáscara de cítricos y pulido de arroz,  
43 respectivamente. Se concluye que la suplementación con diferentes fuentes de  
44 carbohidrato fermentable mejoró el consumo voluntario, la producción de leche y redujo  
45 la concentración de urea en sangre y en orina, sin diferencias entre las fuentes de  
46 energía.

47 Palabras clave: doble propósito, leche, suplementación energética, urea.

## 48 **Introducción.**

49 La producción de leche de vaca en los trópicos proviene principalmente de sistemas de  
50 doble propósito, con vacas cruzadas cuyos volúmenes de producción fluctúan entre los  
51 7 y 12 kg de leche por vaca al día (Aguilar Pérez, 1991; Arriaga et al., 2013). En esas  
52 regiones, la base de la alimentación de las vacas es el pastoreo de gramíneas de bajo-  
53 mediano valor nutricional (baja concentración de proteína cruda y digestibilidad de la  
54 materia seca), que presentan una bajo rendimiento (Ton MS/ha), principalmente en la  
55 época de secas.

56 En el trópico existe una diversidad de especies arbóreas, entre ellas la *Leucaena*  
57 *leucocephala*, leguminosa cuyas características la convierten en un recurso con  
58 potencial para la alimentación animal. Esta especie tiene un alto contenido de PC (>  
59 20%) en el follaje y buena digestibilidad (>70%); además, puede ser utilizada como  
60 cerco vivo, para proporcionar sombra y como regulador del ambiente, ya que diversos  
61 estudios han demostrado la capacidad que tiene para la fijación de nitrógeno  
62 atmosférico al suelo y a otras plantas, además de la captura de carbono en el ambiente.  
63 (Sarabia, 2013; Murgueitio et al., 2012).

64 El follaje de *Leucaena leucocephala* se ha utilizado con éxito para mejorar la calidad de  
65 la dieta y por lo tanto la producción de leche, así como para reemplazar el uso de  
66 concentrados costosos (Peniche-González, 2009; Aguilar-Pérez, et al., 2009; Tinoco  
67 Magaña, et al., 2012).

68 Las ventajas de la *L. leucocephala* y sus beneficios en los sistemas de producción han  
69 renovado el interés en su uso, a través de los llamados sistemas silvopastoriles, los  
70 cuales consisten en la interacción de tres componentes: gramíneas, arbustos forrajeros y  
71 rumiantes.

72 En los últimos años se ha promovido la siembra de altas densidades de *L. leucocephala*  
73 en SSP desde 10,000 hasta 50,000 plantas por hectárea (Murgueitio et al., 2010) por ello  
74 se ha acuñado el concepto de sistemas silvopastoriles “intensivos”.

75 A pesar de sus virtudes, estos sistemas pueden presentar diferentes limitantes. Por  
76 ejemplo, el posible efecto del aminoácido libre mimosina, que puede afectar la ganancia

77 de peso (Ter Meulen et al., 1979). Recientemente se ha demostrado las diferentes  
78 ganancias de peso de los ovinos en pastoreo a densidades de siembra alta y baja  
79 (Barros-Rodríguez et al., 2011). Además, diferentes autores mencionan que existe una  
80 pérdida de nitrógeno en la orina cuando el consumo de *L. leucocephala* se incrementa  
81 (por arriba de 210g de PC/kg MOD) debido al desbalance energía: proteína existente en  
82 la dieta (Clavero et al., 1997; Marini y Van Amburgh, 2005; Calsamiglia et al., 2010;  
83 Ruiz-González et al., 2011).

84 Ante esta situación se ha planteado la suplementación energética utilizando insumos  
85 energéticos disponibles en la región, entre los que se encuentran la melaza de caña, el  
86 sorgo, la cáscara de cítricos y el pulido de arroz. Debido a diferencias en su  
87 composición química y tasa de degradación ruminal de estos suplementos, se esperaría  
88 que existan diferentes respuestas en el consumo de alimento, la digestibilidad, la  
89 producción y composición de la leche y la concentración de urea en sangre.

90 El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de cuatro suplementos energéticos,  
91 sobre el consumo de alimento, la digestibilidad aparente, la producción y composición  
92 química de la leche y la concentración de nitrógeno ureico en sangre de vacas de doble  
93 propósito, alimentadas con una dieta con 45% de follaje de *L. leucocephala* mezclada  
94 con forraje de *P. purpureum*.

95

## 96 **Materiales y Métodos**

### 97 **Sitio experimental.**

98 El trabajo se realizó en los corrales del Departamento de Nutrición Animal de la  
99 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Campus de Ciencias Biológicas y  
100 Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán, localizado en el km 15 de la  
101 carretera Mérida–Xmatkuil, Yucatán (21° 06' N y 89° 27' O), México. La zona tiene  
102 un clima cálido sub-húmedo (Aw0) y lluvias en verano. La temperatura promedio anual  
103 es de 25.8 °C y la precipitación pluvial media de 983.8 mm (García, 1981).

### 104 **Animales**

105 Se utilizaron cinco vacas cruzadas Holstein x Cebú, con peso promedio de (media±  
106 desviación estándar) 450± 50 kg, en su segundo tercio de lactación. Los animales fueron  
107 alojados en jaulas metabólicas, las cuales estaban ubicadas en una caseta techada. Cada  
108 jaula contaba con un comedero de madera y un bebedero de plástico con capacidad para  
109 30 l. Al inicio del experimento los animales fueron desparasitados con Ivermectina  
110 (200mg/kg IM) y vitaminadas (ADE) (5ml) por vía intramuscular.

### 111 **Tratamientos**

112 La dieta base (control) fue una mezcla de follaje de *L. leucocephala* al 45% de  
113 incorporación (base seca) y pasto *P. purpureum* al 55%. Se evaluaron cuatro  
114 suplementos energéticos (tratamientos): melaza, sorgo, cáscara de cítricos y pulido de  
115 arroz, considerando un aporte de 25 MJ de EM para cada uno de los alimentos. Las  
116 dietas fueron formuladas para cubrir las necesidades de proteína y energía  
117 metabolizable para producción de leche de vaca (Cuadro1).

### 118 **Diseño experimental**

119 El diseño experimental fue un cuadro latino 5x5 (Cochran y Cox, 1974). El experimento  
120 tuvo una duración de 100 días, dividido en cinco periodos experimentales. Cada periodo  
121 experimental consistió de 20 días, de los cuales 15 fueron utilizados para la adaptación  
122 al manejo y a la dieta y 5 días para la medición de las variables respuesta

123 **Variables evaluadas**

124 Las variables de respuesta fueron: producción de leche y su composición química,  
125 consumo voluntario, digestibilidad aparente de la materia seca y de la materia orgánica,  
126 concentración de urea en sangre y excreción de urea en la orina.

127 **Producción y calidad de leche.**

128 Las vacas fueron ordeñadas una vez al día, con apoyo de la cría. La medición de leche  
129 se realizó por pesaje, durante los cinco últimos días de cada periodo, a las 7:00 horas, y  
130 con el peso de la leche se obtuvo una media de 5 días por vaca, esos días se ordeño sin la  
131 presencia del becerro. Para propiciar el vaciado completo de la ubre se aplicó una  
132 inyección intramuscular de oxitocina, a una dosis de 20 UI (Plumb, 2008). El ordeño se  
133 realizó con una ordeñadora mecánica portátil, para el pesaje de la leche se utilizó una  
134 báscula digital con capacidad de 20 kg de peso total de la marca Torrey, Modelo,  
135 Lpcr40.

136 Los mismos días del pesaje se tomaron muestras de leche de 100 ml, las cuales fueron  
137 refrigeradas y posteriormente analizadas, en un equipo Lactoscan (modelo Milkotronic,  
138 Ltd), para analizar las concentraciones de proteína, grasa y lactosa.

139 **Consumo voluntario**

140 El consumo de alimento (materia seca) se registró todos los días por la diferencia de  
141 peso entre el alimento ofrecido y el rechazado. Se tomaron muestras del alimento  
142 ofrecido y rechazado los últimos 5 días de cada periodo para la determinación de la  
143 materia seca por desecación en estufa a 60 °C durante 48 horas o hasta alcanzar peso  
144 constante (McDonald et al., 2002).

145 **Composición química de los sustratos y de la dieta base.**

146 El análisis de la composición química de los alimentos se realizó en el Laboratorio de  
147 Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UADY,  
148 donde se determinaron la materia seca (MS), mediante una estufa de aire forzado a 60  
149 °C por 48, la concentración de proteína cruda (PC), se determinó por combustión  
150 (método Dumas) utilizando un equipo LECCO CN-2000 serie 3740 (LECCO,

151 Corporation) la concentración de fibra detergente acida (FDA), la concentración de fibra  
152 detergente neutra (FDN)(Van Soest, 1991) y el contenido de cenizas, se determinó por  
153 incineración en una mufla a 600 °C por 6 h.. La concentración de energía metabolizable  
154 de los insumos se obtuvo de la información del AFRC (1993). Para la dieta base  
155 (mezcla de forrajes y suplementos) se calculó la concentración de energía utilizando la  
156 siguiente fórmula (AFRC 1996)

157  $EM \text{ en MJ/kg de MS (alimento)} = 0.157 \times MODMS$

### 158 **Digestibilidad aparente.**

159 La digestibilidad aparente de la MS y de la MO se determinó mediante el método de  
160 recolección total de heces (Schneider y Flatt, 1975). Se tomaron muestras de heces de  
161 los últimos 5 días de cada periodo experimental, las cuales fueron mezcladas y  
162 almacenadas en congelación. Al final de cada período se tomó una alícuota de 10% de  
163 las heces por período y animal para su secado y su análisis posterior en el laboratorio.  
164 La digestibilidad se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

165  $Digestibilidad \text{ aparente } (\%) = \frac{MS \text{ consumida (g)} - MS \text{ excretada g}}{MS \text{ consumida}} \times 100$

166  
167 La materia orgánica digestible en la materia seca (MODMS) y se calculó utilizando la  
168 siguiente ecuación:

169  $MODMS (\%) = \frac{MO \text{ consumida (g)} - MO \text{ Excretada (g)}}{MS \text{ consumida (g)}} \times 100$

170

171

### 172 **Concentración de urea en sangre**

173 Para determinar la urea en sangre se tomaron dos muestras por animal por periodo: el  
174 día uno y el día cinco de medición; las muestras fueron obtenidas de la vena coccígea  
175 utilizando tubos vacutainer al vacío sin anticoagulante. El análisis de las muestras se  
176 hizo mediante el equipo diagnóstico de urea denominado kit IHR diagnóstica. El  
177 resultado se expresó en mg/dl de sangre.

### 178 **Concentración de urea en orina**

179 La orina se recolectó en recipientes de 20 litros. A cada recipiente se le colocaron 1000  
180 ml de ácido sulfúrico al 10% para evitar pérdidas de N por volatilización,  
181 estabilizándolas a un pH de 2; la cantidad total diaria de orina fue medida por medio de



182 un recipiente graduado, para establecer el volumen de orina de cada animal. La  
183 recolección de la orina se realizó mediante la técnica de la doble bolsa, la cual fue  
184 ajustada por medio de tiras de velcro, que fueron pegadas a las vacas alrededor de la  
185 vulva. Se tomaron muestras de 100 ml de orina de cada animal por día, mismas que  
186 fueron congeladas a -4 °C; al final del experimento se obtuvo una alícuota para ser  
187 analizada y determinar la concentración de urea (A.O.A.C., 1980). El resultado se  
188 expresó en g/a/d de urea en orina. Para determinar los gramos de urea excretada por  
189 vaca por día, se utilizó la siguiente fórmula:

$$190 \text{ gu/a/d} = \text{VDO} \times ((\text{mg/dl de urea} \times 10 \text{ dl}) / 1000 \text{ mg})$$

191 Dónde:

192 gu/a/d= gramos de urea por animal por día.

193 VDO= Volumen de orina.

194 mg/dl de urea= a la cantidad de urea reportado por el laboratorio en mg por decilitro

195 1l= 10 dl. 1dl= 100 ml.

196 1kg =1000 g. 1 g= 1000 mg

### 197 **Análisis Estadístico**

198 Los datos de consumo voluntario, producción de leche y su composición química,  
199 digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica, urea en sangre y en orina y  
200 fueron sometidos a un análisis de varianza en un cuadro latino (5x 5); las medias se  
201 compararon utilizando la prueba de Duncan mediante el programa estadístico SAS  
202 (2006).

## 203 **Resultados**

### 204 Consumo de alimento y digestibilidad aparente

205 Los resultados de consumo de alimento y digestibilidad aparente se presentan en el  
206 Cuadro 3. Como puede observarse, los consumos de MS, MOD y EM fueron menores  
207 para el tratamiento control ( $P<0.05$ ) respecto a los tratamientos con suplementación; sin  
208 embargo, no se encontraron diferencias significativas entre éstos. Los consumos  
209 estimados de PC y de N fueron significativamente menores ( $P<0.05$ ) para el tratamiento  
210 control y el tratamiento con melaza, sin diferencias entre los demás tratamientos  
211 (Cuadro 3).

212 La digestibilidad aparente de la MS fue mayor ( $P<0.05$ ) para el tratamiento con cáscara  
213 de cítricos, sin diferencia significativa entre los demás tratamientos (Cuadro 3). La  
214 materia orgánica digestible en materia seca (MODMS) no fue estadísticamente diferente  
215 entre tratamientos, aun cuando el menor valor fue para el tratamiento control (Cuadro  
216 3).

### 217 Producción y composición de la leche.

218 Los resultados de producción de leche y su composición se presentan en el Cuadro 4. La  
219 producción de leche fue significativamente menor ( $P<0.05$ ) para el tratamiento control  
220 respecto a los tratamientos con suplementación energética, sin diferencia significativa  
221 entre éstos. No se encontraron diferencias estadísticas en la concentración de proteína,  
222 grasa y lactosa de la leche de las vacas con o sin suplementación energética, ni tampoco  
223 se encontró diferencia en la composición de la leche entre los diferentes suplementos  
224 (Cuadro 4).

### 225 Concentración de urea en sangre y excreción en orina.

226 Los resultados de la concentración de urea en sangre, y su excreción en orina se  
227 muestran en el Cuadro 4. Las concentraciones de urea en sangre fueron  
228 significativamente más bajas ( $P<0.05$ ) en los tratamientos con suplementación respecto  
229 al tratamiento control. Las concentraciones de urea más bajas se encontraron en las  
230 vacas suplementadas con melaza y con cáscara de cítricos, siendo éstas  
231 significativamente diferentes ( $P<0.05$ ) respecto a los otros suplementos. La excreción

232 de urea en la orina reflejó la misma tendencia, siendo ésta significativamente mayor  
233 ( $P < 0.05$ ) en las vacas no suplementadas (tratamiento control).

## 234 **Discusión**

235 La suplementación energética incrementó los aportes de EM y PC de la dieta (Cuadro 1)  
236 estableciendo una mejor relación entre la proteína y la energía en el rumen. Poppi y  
237 McLennan (1995) señalaron que un factor limitante para el mejor aprovechamiento de  
238 la proteína degradable es la cantidad de energía disponible en el rumen, la cual proviene  
239 de la dieta.

240 La mejora en la relación de la energía y la proteína fermentables en el rumen de las  
241 vacas suplementadas indujo una respuesta favorable en el consumo de materia seca,  
242 proteína cruda y energía metabolizable, además de mejoras en la digestibilidad de la  
243 materia seca y materia orgánica, con reducciones en las concentraciones de urea en  
244 sangre y excreción en orina (Cuadros 3 y 4). Es de esperarse que los suplementos  
245 energéticos le proporcionaran a los microorganismos ruminales la energía necesaria  
246 para crecer y multiplicarse y así realizar de manera eficiente la degradación de la fibra y  
247 el aprovechamiento del nitrógeno en el rumen (Calsamiglia et al, 2010), traducándose  
248 en mejoras en la digestibilidad (McDonald et al., 2006) y el consumo voluntario  
249 (Peniche González, 2009).

250 Asimismo, el suministro de energía fermentable al rumen, probablemente influyó sobre  
251 el hecho de que las bacterias aprovecharan más eficientemente el nitrógeno amoniacal,  
252 para una mayor síntesis de proteína microbial, lo que se tradujo en menores  
253 concentraciones de urea en sangre y en la excreción en la orina de las vacas  
254 suplementadas (Cuadro 4). Ruiz González (2013) reportó concentraciones de urea en  
255 sangre similares a las del presente experimento (alrededor de 30 mg), en vacas del  
256 mismo genotipo, con niveles de inclusión de 0, 15, 30, 45 % de *Leucaena*,  
257 suplementadas con 2 kg de maíz para todo los tratamientos. Este autor reportó aumentos  
258 en la concentración de urea en sangre conforme a la cantidad de *Leucaena* en la dieta se  
259 incrementó.

260 La reducción en la excreción de N en la orina por efecto de la suplementación  
261 energética tendría también un impacto favorable, además del nutricional, en términos

262 ambientales, pues se esperarían también menores emisiones de óxido nitroso al  
263 ambiente. Según Dijkstra et al. (2013), el óxido nitroso es un importante gas de efecto  
264 invernadero, el cual es proveniente de la urea eliminada a través de las heces y en mayor  
265 parte en la orina de las vacas alimentadas con niveles altos de proteína cruda y cuya  
266 eliminación excesiva es provocada por una deficiencia en la relación energía/proteína en  
267 el rumen. Brazão et al.(2012 )afirman que la concentración de nitrógeno en forma de  
268 urea en la orina tiene un efecto mayor en la contaminación del medio ambiente, que la  
269 concentración de nitrógeno en la heces, debido a que la humedad potencializa la  
270 formación del óxido nitroso, lo que afecta en mayor medida ambiente (Lessa et al.,  
271 2014).

272 Los insumos utilizados como suplementos en el presente estudio presentaron diferentes  
273 contenidos de proteína cruda y aportan diferentes fuentes de carbohidratos, con  
274 diferente tasa de fermentación ruminal. La melaza contiene un bajo porcentaje de PC  
275 (Hunter, 2012), pero se espera que pueda mejorar el aprovechamiento de la proteína en  
276 el rumen, ya que proporciona energía (sacarosa) de rápida degradación que aprovechan  
277 las bacterias del rumen para realizar sus funciones específicas (Calsamiglia et al., 2010).  
278 Arjona (2012) reportó, en borregos de pelo en crecimiento, que el suministro de 5 MJ de  
279 EMF de la melaza en dietas con 50% de inclusión de *L. leucocephala* incrementó el  
280 consumo de MS y PC.

281 Los tratamientos con sorgo, cáscara de cítricos y pulido de arroz fueron muy similares  
282 en sus contenidos de N (Cuadro 2), lo que probablemente provocó que el consumo de  
283 PC y N fueran también similares.

284 En cuanto a la digestibilidad de la materia seca, el mayor valor lo obtuvo el tratamiento  
285 con cáscara de cítricos, sin diferencia entre los demás tratamientos y el tratamiento  
286 control. Kim et al. (2007) afirmaron que la cáscara de cítricos se degrada rápidamente  
287 en el rumen debido a que las pectinas presentes en ellas son muy solubles, lo que  
288 probablemente provocó que las bacterias utilicen la energía para el aprovechamiento del  
289 nitrógeno, mejorando así la degradación de la fibra.

290 Hunter (2012) mencionó que los carbohidratos de rápida fermentación dan lugar a una  
291 respuesta rápida en el aprovechamiento del nitrógeno en el rumen, ya que los

292 microorganismos aprovechan eficientemente esos carbohidratos junto con el amoniaco  
293 ruminal y, por lo tanto, inducen un mejor aprovechamiento y una menor excreción de  
294 nitrógeno en la orina en forma de urea. Herrera- Saldaña (1989) reportaron que la  
295 sincronización de la energía y el nitrógeno dietario en el rumen de vacas de alta  
296 producción resulto en una mayor producción de leche.

297 La principal fuente de energía del sorgo es el almidón (Montiel y Elizaldi, 2004), el cual  
298 es fermentable en el rumen, pero a una tasa menor en comparación con la melaza y la  
299 cáscara de cítricos. A su vez, el pulido de arroz tiene una importante fracción de  
300 almidón el 50 % del almidón total es de sobre paso y la concentración de grasas es del  
301 14 al 17 %de sobre paso (Cuadrado Martínez, 2008), que es hidrolizado en el intestino  
302 delgado a glucosa y absorbida como tal (Ferreiro et al., 1979).

303 Como un punto importante del presente trabajo se consideró el tipo de carbohidratos  
304 fermentables de la melaza, el sorgo, la cáscara de cítricos y el pulido de arroz, las cuales  
305 presentan características en la fermentación en el rumen, la melaza contiene  
306 carbohidratos (sacarosa) de rápida fermentación que resultan en un patrón de  
307 fermentación con un incremento del butirato en el rumen (Hunter, 2012), que  
308 posteriormente da un indicio en su transformación a ácidos grasos de cadena larga o a  
309 un incremento en la concentración de ácidos grasos de cadena larga (Murray et al.,  
310 2003).

311 El carbohidrato en mayor concentración en el sorgo es el almidón, lo que inducirá una  
312 producción mayor del AGV propiónico y este desencadena a la formación de cuerpo  
313 glucogénicos (Montiel y Elizaldi, 2004), para el caso de la cáscara de cítricos, este tiene  
314 concentraciones de pectinas como fuentes de carbohidratos de la familia de las pentosas  
315 e induce a la formación del acetato y que a posteriori da origen a la acumulación de  
316 ácidos graso de cadena corta (Kim et al., 2007).

317 La característica del pulido de arroz es su contenido de grasa de hasta 17 % de grasa de  
318 sobre paso (Cuadrado Martinez, 2008) y un 50 % del total del almidón de sobre paso  
319 (Priego et al., 1979) lo que da como una posible respuesta a una concentración mayor de  
320 glucosa en sangre de las vacas (Ferreiro et al., 1979) , sin embargo las respuesta de entre  
321 el pulido de arroz en relación a los demás tratamientos en la producción de leche y su

322 composición química, además del consumo y su digestibilidad de estos, no presentaron  
323 dichas diferencias a pesar de que los insumos fueron diferentes en su composición, lo  
324 que es probable a que se deba a una respuesta fisiológica diferente del animal y no a las  
325 características del alimento.

326 Blaxter (1965) y Murray et al. (2003) coinciden en la importancia del gasto de energía  
327 para la transformación del amoniaco de origen ruminal en urea en el hígado, señalando  
328 que la síntesis de cada mol de urea requiere de 4 ATP. Es por ello que el proceso de  
329 síntesis de urea es un proceso altamente demandante de energía y desfavorable para una  
330 mayor eficiencia energética en la producción animal.

331 La suplementación energética, independientemente de la fuente de carbohidrato  
332 (almidón, pectinas, sacarosa) permitió incrementos significativos en la producción de  
333 leche, por arriba del 26%. Esa mayor producción de leche se relacionó con el mayor  
334 consumo de MS, PC y EM logrados por efecto de la suplementación. También sugiere  
335 una mejor eficiencia de utilización del N ruminal, por las menores concentraciones de  
336 urea en sangre y en orina, registradas en las vacas suplementadas. Muinga et al. (1995)  
337 reportaron un incremento de 27 % en la producción de leche de vacas cruzadas *Bos*  
338 *taurus* x *Bos indicus* cuando a una dieta se le incorporó de 1 a 2 kg de *Leucaena*, en  
339 dietas con solo pasto, además se les suplementó con 0.5 a 1 kg de salvado de maíz.  
340 Estos autores reportan una producción de 6.5 kg por vaca, comparable con la  
341 producción de leche obtenida en el presente trabajo, considerando que éstas se  
342 encontraban en el segundo tercio de lactancia.

343 Ruiz González (2013) obtuvo un incremento en la producción de leche en vacas de  
344 doble propósito en el primer tercio de lactación hasta del 34 %, cuando a dietas de solo  
345 pasto se les incorporó 45 % de *Leucaena leucocephala*, teniendo una producción de  
346 7.76 kg de leche por vaca al día. Esta producción de leche descrita por el autor en su  
347 trabajo es superior a la obtenida en el trabajo realizado debido a que las vacas que  
348 utilizó, se encontraban en el primer tercio de lactancia y es en ese periodo donde la  
349 producción de leche expresa su máximo potencial productivo (Yan et al., 2006) sin  
350 embargo, en este trabajo Ruiz González (2013) suplemento a las vacas con 2kg de maíz  
351 molido por día.

352 Tinoco Magaña et al., (2012) reportaron un incremento en la producción de leche del 10  
353 % en vacas de doble propósito, que pastoreaban en un sistema silvopastoril y recibían  
354 una suplementación con sorgo del 0.04% de sus peso vivo en comparación al pastoreo  
355 del silvopastoril sin suplementación. Este incremento en la producción en porcentaje es  
356 menor a lo obtenido en este trabajo ya que para cada suplemento presentó un  
357 incremento en la producción de 26%, 39%, 31 y 45% para melaza, sorgo, cáscara de  
358 cítricos y pulido de arroz respectivamente en comparación a la dieta sin suplementación,  
359 en relación al tipo de suplemento utilizados el incremento de la producción leche con  
360 respecto al nivel más bajo de los suplementos es fluctuante entre 5 y 15 % más en la  
361 producción de leche, sin embargo los niveles de producción de Tinoco Magaña et al  
362 (2012) fueron superiores al del presente experimento teniendo una producción de leche  
363 de 10.6 kg de leche por vaca al día obteniendo el doble de producción, esta diferencia se  
364 debió a que las vacas se encontraban en el primer tercio de lactancia y además de que  
365 tenía de 50 a 75 % de genes *Bos taurus*.

366 Peniche González, (2009) encontró que la producción de leche de vacas de doble  
367 propósito era de 11.97 kg por vaca al día, en pastoreo en un asociación de *L.*  
368 *leucocephala* y pasto *C. nlemfuensis* sin suplementación energética, teniendo una  
369 producción de 7 kg de leche mayor que lo encontrado en el presente trabajo, esto se  
370 debió probablemente a que las vacas se encontraban el primer tercio de lactación.

371 En cuanto a la composición de la leche, no se encontraron diferencias significativas  
372 entre tratamientos en las concentraciones de proteína, grasa y lactosa por efecto de la  
373 suplementación energética. Tampoco se encontraron diferencias entre los suplementos  
374 utilizados. Es probable que la composición de la leche no se afectó debido a una  
375 característica fisiológica de la glándula mamaria de la vaca muy probablemente y es  
376 posible que esta glándula suministra la cantidad necesaria de metabolitos a la leche  
377 (Tyrrell y Reid, 1965).

378 El periodo de lactación en que se encontraban las vacas pudo afectar la magnitud de la  
379 respuesta a la suplementación, no sólo en términos del volumen de producción sino en  
380 términos de su composición. Es sabido que tanto el pico de lactación como la máxima  
381 respuesta de una vaca a la dieta se logran en el primer tercio de la lactación (Castillo et  
382 al., 2001). Hassan et al. (1989); Tyrrell y Reid (1965); Hernández y Ponce (2004)

383 evaluaron diferentes tipos de alimentos y sus efectos sobre la composición de la leche,  
384 sin que ninguno de ellos encontrara respuestas a los sustratos. Estos autores señalan que  
385 la composición de la leche es determinada principalmente por aspectos fisiológicos en la  
386 glándula mamaria de las vacas.

387 Ruiz González (2013), encontró con un nivel de incorporación de 45 % de Leucaena  
388 concentraciones de proteína en la leche mayores que con niveles inferiores de Leucaena,  
389 sin embargo la cantidad de grasa en la leche disminuyó, cuando incorporó niveles de  
390 Leucaena, obteniendo concentraciones para proteína grasa de 3.02 %, 4.2% y 4.4 %  
391 respectivamente siendo inferiores al presente trabajo, esta concentración de grasa  
392 encontradas en el trabajo son superiores debido a que la producción de leche fue menor  
393 a la producción de leche que obtuvo Ruiz González, (2013) en su trabajo, por la  
394 concentración de grasa es mayor.

395 Tinoco Magaña et al. (2012), no encontraron diferencias en la composición química de  
396 la leche cuando suplementaron con el 0.04% de su peso vivo con sorgo molido en  
397 comparación a una dieta sin el suplemento, lo que hace que el trabajo de Tinoco  
398 Magaña et al. (2012) sea similar al presente trabajo.

399 Peniche Gonzalez, (2009), no encontró diferencias en la composición química de la  
400 leche entre sistema con incorporación de Leucaena o un sistema de monocultivo,  
401 obteniendo concentraciones de 2.9 % de proteína en ambos sistemas, para grasa de 3.4  
402 % también para ambos sistemas y para la lactosa de 5.4 % para ambos sistemas, estos  
403 resultados fueron inferiores en relación a lo encontrado en el presente trabajo en  
404 relación a la grasa y la proteína, es probable que este resultado se debió a un efecto de  
405 concentración de leche producida, en el caso de la concentración lactosa del trabajo  
406 Peniche González (2009), la concentración de esta fue superior a la encontrada en este  
407 trabajo realizado, sin embargo no existe un explicación para el comportamiento de esta  
408 variable de respuesta.

409 Løvendahl y Chagunda (2011) encontraron que las concentraciones proteína, lactosa y  
410 grasa en leche de vaca de 3.39%, 4.88% y 4.14% respectivamente, siendo la proteína y  
411 la lactosa muy similar a lo obtenido en el presente trabajo y para la grasa teniendo una  
412 concentración menor a lo que se determino en el presente trabajo, esto es debido a que



413 el volumen de producción de leche es superior, por lo tanto la concentración de la grasa  
414 en la leche se ve afectado por un efecto de dilución (Cuadro 4).

415 En la actualidad, los sistemas de alimentación de rumiantes están orientados hacia la  
416 reducción en las pérdidas de nitrógeno en heces y orina, así como a un aumento en la  
417 eficiencia de utilización del nitrógeno del follaje de plantas con alto contenido de  
418 proteína cruda por el animal (Dijkstra et al., 2013). Los resultados del presente estudio  
419 destacan la importancia de la suplementación energética en vacas de doble propósito en  
420 las regiones tropicales, como una posible estrategia para reducir la pérdida de nitrógeno  
421 en la orina.

422 **Conclusión.**

423 Independientemente de la fuente de carbohidrato, la suplementación energética,  
424 incrementó el consumo de materia seca en relación al tratamiento sin suplementación, la  
425 producción de leche, y redujo la concentración de urea en sangre y su excreción en la  
426 orina, en vacas cruzadas en segundo tercio de lactación alimentadas con 45% (de la  
427 MS) de follaje de *L. leucocephala* mezclado con pasto *Pennisetum purpureum*.

428 El suministro de fuentes de carbohidrato fermentable en el rumen, no tuvo efecto sobre  
429 la composición de la leche de vacas alimentadas con 45% de follaje de *L. leucocephala*  
430 mezclado con pasto *Pennisetum purpureum*.

431 **Agradecimientos.**

432 Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca  
433 (VAAA) para realizar estudios de Maestría en Ciencias y Manejo de Recursos Naturales  
434 Tropicales en la Universidad Autónoma de Yucatán, al personal de campo del  
435 Departamento de Nutrición Animal por el apoyo para realizar el trabajo experimental,  
436 así como a los propietarios del rancho Kampepen por el préstamo de las vacas.

437

438 **Referencias**

- 439 Agricultural and Food Research Council.1996.Necesidades Energéticas y Proteicas de  
440 los Rumiantes. Editorial ACRIBIA, S.A Zaragoza, España.AFRC.
- 441 Aguilar PC, Ku VJC, Centurión CF, Garnsworthy PC. 2009. Energy balance milk  
442 production and reproduction in grazing crossbred cows in the tropics with and  
443 without cereal supplementation. *Lives tSci.* 122:227–233.
- 444 Arjona AVA, Ruiz GA, Briceño PEG, Ayala BAJ, Ruz RN. Ku VJC. 2012. Voluntary  
445 intake, apparent digestibility and blood urea levels in hair sheep fed *Cynodon*  
446 *nlemfuensis* grass mixed with *Leucaena leucocephala* and supplemented with  
447 rumen fermentable energy. *J AnimSci.* 90 (Suppl. 3): 125.
- 448 Arriaga JCM, Heredia NC, Martínez GCG, Raya AAA. 2013. Importancia de los  
449 sistemas de producción de leche a pequeña escala en México. Congreso  
450 Nacional de Producción, Calidad, Transformación, Comercialización y  
451 Nutrición de la Leche y sus Derivados. Instituto de Ciencias Agropecuario y  
452 rural. Universidad Autónoma del Estado de México pp.1-25
- 453 Association of Official Agricultural Chemists.1980. Official Methods Of analysis. .  
454 Washington, D.C. USA. A.O.A.C
- 455 Bampidis VA. Robinson PH. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: A review  
456 *Anim Feed Sci Technol* 128:175–217.
- 457 Barros R M. 2011. Comportamiento productivo y excreción urinaria de los metabolitos  
458 derivados de la mimosina en ovinos pastoreando en altas densidades de  
459 *Leucaena leucocephala* en un sistema Silvopastoril. Tesis de Maestría. Facultad  
460 de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.  
461 Mérida, Yucatán, México. 38p.
- 462 Blaxter KL. 1964. Metabolismo Energético de los Rumiantes Editorial Acribia.  
463 Zaragoza, España. pp.259-261
- 464 Brazão VA CF, da Silva CA, Rodrigues ABJ, Henrique NE. 2012 Biochar and  
465 soilnitrous oxide emmission. *Pesq.agropec.bras.* Brasília. 47(5):722-725.

- 466 Calsamiglia S, Ferret A, Reynolds CK, Kristensen NB, van Vuuren AM. 2010.  
467 Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. Anim. 4: 1184-1196.
- 468 Castillo AR, Kebreab E, Beever DE, Barbi JH, Sutton JD, Kirby HC, France J.  
469 2001. The effect of energy supplementation on nitrogen utilization in lactating  
470 dairy cows fed grass silage diets. J Anim Sci 79:240-246.
- 471 Clavero TR, Razz RO, Araujo F, Morales J, Rodríguez PA. 1997. Metabolismo del  
472 nitrógeno en ovinos suplementados con *Leucaena leucocephala*. Arch Lati.  
473 Prod. Anim. 5:226-228.
- 474 Cochran WG, Cox GM. 1974. Diseños Experimentales. Edit. Trillas. Traducido del  
475 inglés por el Centro de Estadísticas y cálculos del Colegio de Posgraduados.  
476 México. pp. 145-149.
- 477 Cuadrado MLI. 2008. Valoración energética de polvillo de arroz y afrecho de trigo  
478 utilizado en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis de licenciatura en  
479 Ingeniería y Zootecnia de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,  
480 Riobamba (Ecuador). pp 1-8.
- 481 GARCIA E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen  
482 Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- 483 Hassan WEW, Phipps RH, Owen E. 1989. Developments of small holder deny units in  
484 Malaysia. Trop Anim Health Prod. 21:175-182.
- 485 Hernández RR, Ponce CP. 2004. Efecto del silvopastoreo como sistema sostenible de  
486 explotación bovina sobre la composición de la leche. Liv. Res. Rural Dev. 16(6)  
487 43.
- 488 Hunter RA. 2012. High-molasses diets for intensive feeding of cattle. Anim Prod Sci.  
489 52:787-794.
- 490 Kim SC, Adesogan AT, Artington JD. 2007. Optimizing nitrogen utilization in growing  
491 steers fed forage diets supplemented with dried citrus pulp. J Anim Sci 85:2548-  
492 2555.
- 493 Lessa ACR, Madari BE, Paredes DS, Boddey RM, Urquiaga S, Jantalia CP, Rodrigues  
494 ABJ. 2014. Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pasture

495 contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. Agri  
496 Ecos Environ 190:104-111

497 Løvendahl P, Chagunda MGG. 2011. Covariance among milking frequency, milk yield,  
498 and milk composition from automatically milked cows J. Dairy Sci 94:5381–  
499 5392.

500 Marini JC, Van Amburgh ME. 2005. Partition of nitrogen excretion in urine and the  
501 feces of Holstein replacement heifers. J Dairy Sci 88:1778-1784.

502 McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA. 2006. Animal nutrition.  
503 Seven Editions Prentice Hall. Upper Saddle, NJ USA. pp. 300- 305.

504 Montiel MD, Elizaldi JC. 2004. Valor nutritivo y económico del grano de sorgo  
505 comparado con el maíz. Infertilidad Nutricional y Metabólica de la Vaca. 1era  
506 Edición. Pp 60- 70.

507 Murgueitio E, Calle Z, Uribe F, Calle A; Solorio B. 2010. Native trees and shrubs for  
508 the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. Forest Ecol and  
509 Manag 261:1654-1663.

510 Murgueitio E, Cuellar P, Ibrahim M, Gobbii J, Cuartas C, Naranjo JF, Zapata A, Mejía  
511 C, Zuluaga A, Casasola F. 2006. Adopción de sistemas agroforestales Pecuarios.  
512 pastos y forrajes, Rev Cub Cien Agríc 4: 365-383.

513 Murray RK, Mayes PA, Granner DK, Rodwell VW. 2003. Harper bioquímica ilustrada.  
514 16<sup>a</sup> edición, Editorial Manual Moderno. (México). Pp. 277-284.

515 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2006. La  
516 sombra del ganado. Roma (Italia) (FAO).

517 Peniche GIN. 2009. Comportamiento productivo de vacas de doble propósito en  
518 pastoreo con o sin acceso a una asociación de *Leucaena, leucocephala* y  
519 *Cynodon nlemfuensis*. Tesis de maestría en producción animal tropical. Facultad  
520 de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.  
521 Mérida, (México). pp20-30.

522 Plumb DC. 2008. Plumb's Veterinary drug Hand book, Six Edition Black well  
523 publishing. pp 685-688.

- 524 Poppi DP, McLennan SR. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture.  
525 J Anim Sci 73:278-290.
- 526 Priego A, Elliott R, Preston TR. 1979. Studies on the Digestion in the Forest o machs of  
527 cattle of a diet based on sisal pulp: II Supplementation with Ramon  
528 (BrosimunAlicastrum) Forage and Rice Polishing. Trop Anim Prod4:3
- 529 Ruiz GA. 2013. Balance de nitrógeno y composición de leche de vacas alimentadas con  
530 *Leucaena leucocephala*. Tesis de maestría en Ciencias agropecuarias. Facultad  
531 de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.  
532 Mérida, México 26-62.
- 533 Ruiz GA. Albores MS. Briceño PEG. Ayala BAJ. Solorio SJ. Ku VJC. 2011. Consumo,  
534 digestibilidad aparente y excreción de nitrógeno urinario en borregos de pelo  
535 alimentados con niveles crecientes de follaje de *Leucaena leucocephala*  
536 mezclado con pasto *Cynodon nlemfuensis*. Adv Anim Biosci 2:529.
- 537 Sarabia SL.2013. Efecto de la frecuencia de poda en *Leucaena leucocephala* y *Panicum*  
538 *maximun* sobre la fijación y transferencia de nitrógeno atmosférico en sistemas  
539 silvopastoriles intensivos. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias.  
540 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de  
541 Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp 23-41.
- 542 Schneider BH, Flatt WP. 1975. The Evaluation of Feeds Through Digestibility  
543 Experiments. TheUniversity of Georgia Press. Athens, USA, pp.423.
- 544 Statistical Analysis System Institute.2002.SAS Institute Inc. Version 9.00 Cary.  
545 NC,USA.SAS.
- 546 TerMeulen U, Struck S, Schulke E, El Harith EA. 1979. A review on the nutritive value  
547 and toxic aspects of *Leucaena leucocephala*. Trop Anim Prod 4:113-126.
- 548 Tyrrell HF, Reid JT. 1965. Prediction of the energy value of cow´s milk, J Dairy Sci  
549 48:1215–1223.

- 550 Van Soest PJ, Robertson JD, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fibre, neutral  
551 detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition .J  
552 Dairy Sci74:3583-3597.
- 553 Yan T, Mayne CS, Keady TWJ, Agnew RE. 2006. Effects of dairy cow genotype with  
554 two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue, J  
555 Dairy Sci 89:1031–1042.

556

## Anexo 1

557 Cuadro 1. Composición (base seca) de las dietas experimentales y cálculos de los aportes  
558 de Proteína metabolizable (PM) y Energía Metabolizable (EM).

Cantidades (Kg)	Tratamientos				
	TC	Melaza	Sorgo	C.cítricos	P.Arroz
Insumos					
Taiwan	7.03	5.89	6.00	5.91	6.03
<i>L. leucocephala</i>	5.75	4.82	4.91	4.83	4.94
melaza	0	1.91	0	0	0
sorgo	0	0	1.855	0	0
Cáscara. Cítricos	0	0	0	2.02	0
Pulido. Arroz	0	0	0	0	1.79
			Aportes de EM y PM		
EM(MJ)	104.36	110.76	112.45	111.02	113.95
PM(g)	984.37	845.12	956.23	883.53	928.65

559 TC: tratamiento control

560

561

562

563 Cuadro 2. Composición química de los componentes de las dietas.

Alimentos	Composición química							EM (MJ)
	MS (%)	PC(%)	FC(%)	FDN(%)	FDA(%)	EE(%)	Cenizas(%)	
Pennisetum purpureum	25.5	3.11	-	67.72	44.26	-	5.15	7.6
<i>L. Leucocephala</i>	27.6	17.12	-	53.51	36.64	-	5.34	8.5
Melaza	80	1.45	-	-	-	-	8.86	13.1
Sorgo	85	7	0.89	16.55	6.21	2.54	1.45	13.5
Cáscara. cítricos	20	9	15.57	31.59	7.84	2.65	6.65	12.5
Pulido arroz	92	8.1	3.15	17.75	32.24	7.22	6.61	14
45%L.L y 55% PT	28.32	10.25	-	43.48	64.05	-	5.89	9.6

564 \*L.L se refiere a la *Leucaena leucocephala*, P.T, se hace referencia al pasto Taiwán, C cítricos hacer referencias a la cascara de cítricos, P. arroz hace  
565 referencia al pulido de arroz. MS se refiere a la materia seca; PC se refiere a la Proteína cruda; FC se refiere a la Fibra Cruda; FDN; hace referencia a la  
566 fibra detergente neutra; FDA; fibra detergente acida y EE; Extracto Estereo. EM refiere a Energía metabolizable.

567

568

569

570

571

572



573

## Anexo 2

574 Cuadro 3. Consumo y digestibilidad aparente de la materia seca y de la materia orgánica  
 575 en vacas lactantes alimentadas con un alto nivel de *L. leucocephala* y suplementadas  
 576 con cuatro fuentes de energía

Variables	Tratamientos					
	Control	Melaza	Sorgo	C.cítricos	P. arroz	ESM
CMS (kg/a/d)	9.40 <sup>b</sup>	12.07 <sup>a</sup>	12.11 <sup>a</sup>	11.94 <sup>a</sup>	11.91 <sup>a</sup>	0.452
CMS g/kg <sup>0.75</sup>	98 <sup>b</sup>	123 <sup>a</sup>	122 <sup>a</sup>	125 <sup>a</sup>	127 <sup>a</sup>	3.733
CMOD (kg)	5.49 <sup>b</sup>	7.31 <sup>a</sup>	7.55 <sup>a</sup>	7.53 <sup>a</sup>	7.48 <sup>a</sup>	0.588
CEM (MJ/a/d)	90.86 <sup>b</sup>	122.50 <sup>a</sup>	124.81 <sup>a</sup>	126.86 <sup>a</sup>	124.69 <sup>a</sup>	9.773
C de PC(kg)	0.972 <sup>c</sup>	1.052 <sup>b</sup>	1.168 <sup>a</sup>	1.202 <sup>a</sup>	1.176 <sup>a</sup>	<b>0.328</b>
C de N( g)	155 <sup>c</sup>	168 <sup>b</sup>	186 <sup>a</sup>	192 <sup>a</sup>	188 <sup>a</sup>	0.008
DAMS (%)	57.15 <sup>b</sup>	60.54 <sup>ab</sup>	61.89 <sup>ab</sup>	63.47 <sup>a</sup>	62.46 <sup>ab</sup>	3.790
MODMS (%)	61.13	64.45	66.47	67.16	66.64	4.000

577 CMS: consumo de materia seca, CMOD: consumo de materia orgánica digestible; CEM, consumo de energía metabolizable; CPC, Consumo de  
 578 proteína cruda, C de N; consumo de nitrógeno DAMS, digestibilidad aparente de la materia seca, MODMS, digestibilidad de la materia orgánica.  
 579 Literales distintas entre columnas denota diferencias significativas p<0.05

580

581 Cuadro 4. Producción y composición de la leche, concentración de urea en sangre y  
 582 excreción de urea en orina, en vacas alimentadas con un alto nivel de *L. leucocephala*  
 583 suplementadas con cuatro fuentes de energía

584

Variables	Tratamientos					
	Control	Melaza	Sorgo	C.cítricos	P. arroz	ESM
Producción de leche						
(kg/vaca/d)	3.34 <sup>b</sup>	4.22 <sup>a</sup>	4.67 <sup>a</sup>	4.39 <sup>a</sup>	4.87 <sup>a</sup>	0.634
Proteína (%)	3.13	3.18	3.22	3.23	3.26	0.136
Lactosa (%)	4.69	4.72	4.82	4.77	4.89	0.209
Grasa (%)	5.69	5.50	5.39	5.75	5.66	0.610
Urea en sangre(mg/dl)	40.68 <sup>a</sup>	30.24 <sup>bc</sup>	34.29 <sup>b</sup>	28.51 <sup>c</sup>	33.36 <sup>b</sup>	3.287
Urea en orina (g/a/d)	63.79 <sup>a</sup>	29.17 <sup>b</sup>	34.38 <sup>b</sup>	29.00 <sup>b</sup>	35.54 <sup>b</sup>	14.890
R EU/CPC (%)	19.728 <sup>a</sup>	8.166 <sup>b</sup>	8.592 <sup>b</sup>	6.964 <sup>b</sup>	8.734 <sup>b</sup>	4.347

585 R EU/CPC, hace relación al porcentaje que representa la eliminación de la urea en orina con relación a su consumo de proteína. Literales distintas entre  
 586 columnas denota diferencias significativas p<0.05