



UADY

POSGRADO
INSTITUCIONAL
EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y
MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES

**USO DEL PULIDO DE ARROZ Y MELAZA COMO
SUPLEMENTOS EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO
ALIMENTADAS CON *Leucaena leucocephala* Y
Pennisetum purpureum.**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

POR:

Ingeniero Agrónomo

Josué Mauricio Flores Cocas

Asesores:

Dr. Carlos Fernando Aguilar Pérez

Dr. Luis Ramírez y Avilés

Mérida, Yucatán, México, septiembre de 2015

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

“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”.

I.A. Josué Mauricio Flores Cocas.

AGRADECIMIENTOS.

A **DIOS PADRE MI ETERNA FUENTE DE SABIDURIA Y FUERZA** en todo momento, que al igual ha cuidado de mi familia a lo largo de todo este proceso.

Al **CONACYT** por el generoso apoyo económico que brindó y que sin duda no hubiese sido posible mi estancia en este país.

A mis asesores, los **Doctores Carlos Aguilar Pérez y Luis Ramírez y Avilés**, por sus oportunos consejos y dirección en toda la realización de este proyecto.

A mis tutores, los **Doctores Armin Ayala y Juan Carlos Ku Vera**, su contribución y directrices fueron valiosas para darle forma y vida a este estudio.

A un gran amigo, **Dr. Francisco Pérez Hernández**, por cada consejo oportuno y apoyo incondicional.

A un gran mentor, **Dr. Juan Carlos Ordoñez** por el apoyo que hizo posible obtener la oportunidad de poder venir a México y lograr el objetivo trazado.

Especialmente Agradezco a los **Doctores Francisco Javier y Baldomero Solorio Sanchez y a su familia**, por abrir las puertas de su rancho y brindarme todos los recursos y logística para la realización de la fase de campo. Agradezco especialmente a Doña Ana por sus consejos y cariño, a todos los demás **Don Carlos, Hugo (Güero), Doña Margarita (Mago), Jorge (Chacho), Doña Silvia y Doña Claudia, Hugo, Carlitos, Jorge (El gordito)**, a todos ellos muchas gracias por cada detalle que tuvieron para conmigo, siempre les tendré en gran estima.

A **mis compañeros de maestría**, Úrsula, Fernando, Soto, Evelin, Licho, Ángel, Caro, Alhelí, Rox, Gerardo, Chano, Marianita, Carmen, Irvin, Jedion, Andrea, Samuel. Por su amistad genuina y por compartir muchas vivencias maravillosas a lo largo de este proceso.

A **la maravillosa familia Fleites**, Don Fernando, Doña Gina y Gina por que en los momentos más difíciles siempre estuvieron anuentes a brindarme ese calor de familia que tanto se necesita.

DEDICATORIAS

Dedico enteramente este trabajo a toda mi familia, en especial a mi querida madre **Antonia Cocas**, por haberme dado las herramientas necesarias para enfrentar con entereza todos los obstáculos que se presentan.....

A mí, por demostrarme una vez más que todo es posible.....☺

**Y todo lo que hagáis, hacedlo de corazón, como para el Señor y no para los
hombres..... Colosenses 3:23**

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el rancho Kampepem, localizado en San José Tzal, Yucatán, durante la época de secas (enero-marzo del 2014). El objetivo fue evaluar el efecto de la suplementación con melaza (Me) y pulido de arroz (PA) en forma individual o combinadas (PA/Me), sobre la eficiencia de utilización del nitrógeno (N) dietético, rendimiento y composición de la leche en vacas de doble propósito alimentadas con follaje picado de *L. leucocephala* (30% de la MS total) y pasto *P. purpureum*. Se utilizaron cuatro vacas Holstein x Cebú de tercer parto y en el primer tercio de lactancia en un diseño cuadrado latino 4 x 4. Los tratamientos consistieron en la inclusión de un suplemento energético: Melaza (Me), pulido de arroz (PA) o la combinación de ambos al 50% (PA/Me). También se consideró un grupo control (CTRL), sin suplementación energética. Los tratamientos fueron isoproteicos e isoenergéticos, y fueron diseñados de manera tal que los suplementos aportaran 25% del requerimiento energético diario (31 MJ/an/d). Los resultados evidencian que la suplementación energética incrementó 24.5% la ingesta total de MS (3 kg/an/d). El rendimiento de leche fue en promedio 13% mayor ($P=0.048$) en los grupos suplementados (7.86 kg/an/d) en relación al tratamiento CTRL (6.97 kg/an/d), pero éste no difirió en relación con Me (7.42 kg/an/d). El mayor rendimiento de leche fue para PA (8.14/an/d) y PA/Me (8.02 kg/an/d), aunque sin diferencia significativa ($P>0.05$) entre ambos tratamientos. En contraste, el rendimiento de leche corregida por grasa (4%) entre tratamientos, no fue modificado por efecto de la suplementación. Esto se asocia con la mayor concentración de grasa en la leche que presentó el CTRL (44.4 g/kg) en relación a Me, PA y PA/Me (40.4, 42.6 y 42.8 g/kg, respectivamente). Las concentraciones de proteína, lactosa y sólidos no grasos de la leche, no fueron afectadas significativamente por la suplementación energética. Las menores concentraciones de nitrógeno ureico en sangre (NUS) que se encontraron en los tratamientos con suplementación (9.77 mg/dl) en comparación con el CTRL (15.61 mg/dl), denotan una mayor eficiencia en la captura del N ruminal. Sin embargo, no se identificaron diferencias en el NUS de las vacas que fueron suplementadas con Me, PA o PA/Me. Se concluye que la suplementación energética mejoró la eficiencia de utilización del N dietético y el rendimiento de leche, sin cambios en su composición en vacas de doble propósito alimentadas con 30% de follaje de *Leucaena leucocephala* en su dieta. Dado que el máximo rendimiento de leche se alcanzó al utilizar

PA y la combinación PA/Me, sin diferencia entre ambos tratamientos, la decisión dependerá del precio y disponibilidad de los insumos.

Palabras clave: Doble propósito; *Leucaena leucocephala*; Nitrógeno ureico; Pulido de arroz; Suplemento energético.

SUMMARY

This study was conducted at the Kampepem cattle ranch, located at San Jose Tzal, Yucatan, during the dry season (January to March 2015). The objective was to evaluate the effect of supplementation with molasses (Me) and polishing rice (PA) only or combined form (PA/Me) on the efficiency of utilization of nitrogen (N) of the dietary, performance and milk composition in dual purpose cows fed *L. leucocephala* foliage (30% of total MS) and grass *P. purpureum*. Four Holstein x Zebu cows of third calving and in the first third of lactation in a Latin square design 4 x 4, were used. The treatments consisted on the inclusion of an energy supplement: Molasses (Me), polishing rice (PA) or a combination of both at 50% (PA/Me). A control group without energy supplementation was also considered. Treatments were isoprotean and isoenergetic and were designed such that supplements provide 25% of daily energy requirement (31 MJ/an/d). The results show that 24.5% energy supplementation increased the total intake DM (3 kg/an/d). Milk yield averaged 13% higher (P=0.048) in the supplemented group (7.86 kg/an/d) compared to treatment CTRL (6.97 kg/an/d), but it does not differ in relation to Me (7.42 kg /an/d). Milk yield was higher for PA and (8.14/an/d) and PA/Me (8.02 kg/an/d) although not significant difference (P> 0.05) between treatments. In contrast, the yield of fat-corrected milk (4%) within treatment was not modified by supplementation effect. This is associated with the highest concentration of fat in milk that presented the CTRL (44.4 g/kg) relative to Me, PA and PA/Me (40.4, 42.6 and 42.8 g/ kg, respectively). The concentrations of protein, lactose and solids non-fat milk were not significantly affected by energy supplementation. The lower concentrations of blood urea nitrogen (BUN) that were found in the treatments with supplementation (9.77 mg/dl) compared with to CTRL (15.61 mg/dl), denote greater efficiency in capturing the ruminal N. However, no differences in the NUS of cows were supplemented with Me, PA or PA/Me identified. It is concluded that energy supplementation improved the efficiency of use dietary N and yield milk unchanged on the composition in fed cows double purpose with 30% *Leucaena leucocephala* foliage in their diet. Due to the maximum yield milk was achieved by using and combining PA, PA/Me, with no difference between the two treatments, the decision will depend of the price and availability of the source.

Keywords: Dual purpose; Energy supplement; *Leucaena leucocephala*; Rice polishing; Urea nitrogen.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO II	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Los sistemas de doble propósito en el trópico.	3
2.2 <i>Leucaena leucocephala</i> en sistemas silvopastoriles.	3
2.3 Limitantes en el consumo de <i>Leucaena</i> en rumiantes.	4
2.3.1 Exceso de nitrógeno 4	4
2.4 Suplementación con <i>Leucaena</i> en vacas de doble propósito.	5
2.5 El pulido de arroz en la nutrición de bovinos.	6
2.5.1 Composición Bromatológica del pulido de arroz.	7
2.6 Uso de la melaza y el pulido de arroz como fuente de energéticas en vacas lactantes en pastoreo.....	8
2.7 Referencias.	11
CAPITULO III	16
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	16
CAPITULO IV	17
ARTICULO CIENTIFICO	17
USO DEL PULIDO DE ARROZ Y MELAZA COMO SUPLEMENTOS EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO ALIMENTADAS CON <i>Leucaena leucocephala</i> Y <i>Pennisetum purpureum</i>	17
Resumen.	18
Introducción.....	19
Materiales y método.....	21
Resultados	25
Discusión.....	30
Conclusiones.....	34
Referencias.	35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concentración de Nitrógeno ureico en suero sanguíneo en vacas de doble propósito, alimentadas con <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Pennisetum purpureum</i> ; suplementadas con Pulido de arroz, melaza de caña y combinación de ambos subproductos.....	29
---	----

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del pulido de arroz.....	8
Cuadro 2. Composición de los tratamientos.....	22
Cuadro 3. Composición química de los suplementos y de las especies forrajeras utilizadas en el experimento.....	25
Cuadro 4. Consumo de MS, PM y EM de vacas de doble propósito alimentadas con <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Pennisetum purpureum</i> , suplementadas con pulido de arroz, melaza de caña o combinación de ambos subproductos.....	26
Cuadro 5. Producción y composición de la leche de vacas de doble propósito, alimentadas con <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Pennisetum purpureum</i> ; suplementadas con Pulido de arroz, melaza de caña o la combinación de ambos subproductos.....	28
Cuadro 6. Concentración de Nitrógeno ureico (NUS) en suero sanguíneo en vacas de doble propósito, alimentadas con <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Pennisetum purpureum</i> ; suplementadas con pulido de arroz (PA), melaza de caña (Me) o la combinación de ambos subproductos (PA/Me).....	29

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN GENERAL.

La ganadería de las regiones tropicales se caracteriza por ser del tipo extensivo, con uso de pastos nativos o introducidos de baja calidad (Ku-Vera et al., 2014). Estos sistemas de producción son vulnerables a las condiciones ambientales características de esas regiones, lo que limita la disponibilidad de forrajes y repercute en bajos niveles de eficiencia y rentabilidad en la producción (Murgueitio et al., 2011). Los pastos tropicales se caracterizan por su pobre concentración de proteína cruda y baja digestibilidad. Por lo que difícilmente logran cubrir los requerimientos para producción de leche y el crecimiento de los bovinos (Zemmelink, 2002).

Lo anterior, conlleva al productor a recurrir al uso de cereales importados en su mayoría, para cubrir las deficiencias de energía y proteína, especialmente en la época de mayor escasez del recurso forrajero (Rojo-Rubio et al., 2009). Los precios de los cereales han incrementado en los últimos cinco años, mientras que el precio de la carne y especialmente de la leche, se han mantenido con pocos cambios en el mismo lapso (FAO, 2012). Esto ha llevado a la búsqueda exhaustiva de estrategias que permitan mejorar la calidad de la oferta forrajera, e incrementar la producción y rentabilidad de los sistemas de ganadería tropical, haciendo uso sustentable de los recursos naturales existentes.

En este sentido, los sistemas agroforestales perennes se presentan como una alternativa viable para la mejora de la nutrición en rumiantes. Estos proveen gran variedad de recursos forrajeros ricos en proteína cruda. Además de beneficios ambientales (Albrecht, 2003). Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI) son una modalidad de agroforestería que incluye la integración de leguminosas arbustivas como *Leucaena leucocephala* con gramíneas mejoradas para mejora la calidad y disponibilidad del forraje (Bacab-Pérez y Solorio-Sánchez, 2011). Sin embargo, se ha reportado que en estos sistemas podría existir déficit en el aporte de energía al rumen, ocasionando un ineficiente aprovechamiento de la proteína aportada por el mismo sistema (Nsahlai et al., 1995). Esto es particularmente importante, tomando en cuenta que los SSPI promueven la plantación de altas densidades de *Leucaena* (10,000-40,000 plantas/ha).

La suplementación energética permite un eficiente aprovechamiento del nitrógeno de la proteína proveniente de forrajes arbóreos (Ordoñez-Tercero et al., 2002). Algunos subproductos de procesos agroindustriales con perfil energético, han sido evaluados en la alimentación en rumiantes demostrando potencial por los resultados productivos obtenidos y su bajo costo de adquisición (Gehman et al., 2006; Arjona-Alcocer et al., 2015). El pulido de arroz es un subproducto resultante del proceso del refinado del grano de arroz entero que permite que sea apto para consumo humano. En la composición nutricional de éste resalta su importante contenido de almidón, que muchos autores reportan como potencialmente sobrepasante a la degradación ruminal, con resultados satisfactorios en el comportamiento productivos mayormente en bovinos de carne (Elliott et al., 1977). La melaza de caña es un subproducto agroindustrial, usado ampliamente como suplemento en la alimentación de bovinos en el trópico. Se caracteriza por su alto contenido de azúcares (640g/kg), altamente fermentables y de absorción netamente ruminal (Murphy, 1999). El suministro sustratos energéticos de rápida disponibilidad para la población microbiana ruminal, permite una mejor conversión del N en proteína microbiana (Keady y Murphy, 1998).

En este sentido, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto la suplementación con melaza de caña y pulido de arroz por separado o combinadas, sobre la producción de leche y la eficiencia de utilización del nitrógeno (N) dietético en vacas de doble propósito alimentadas con *L. leucocephala* y *P. purpureum*.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Los sistemas de doble propósito en el trópico.

Los sistemas de doble propósito bovino (DP) son caracterizados por el uso de animales cruzados (*Bos indicus x B. taurus*), estos sistemas permiten al productor obtener ingresos a través de la venta de leche y de becerros destetados o animales finalizados (Restrepo et al., 1989). En este sentido, Teyer et al. (2003) conceptualiza al sistema DP, como la producción conjunta de leche y carne, donde se realiza la cría del ternero (hembra y macho) por amamantamiento directo al pie de la vaca, con predominancia de ganado criollo de razas cebuinas y razas de origen europeo.

La predominancia del sistema del DP en el trópico latinoamericano, se sustenta en la versatilidad de producir leche y carne. Por lo que desempeña vital importancia para el desarrollo socioeconómico, ya que representa el 60% de la explotación ganadera en esta región del continente (Holmann et al., 1990).

En este sentido, Teyer et al. (2003) muestra que el DP en México representa aproximadamente el 20% de la leche producida por más de cuatro millones de cabezas. Por su parte Magaña et al. (2013), expone que la disponibilidad de recursos como suelo, agua, forrajes, subproductos de bajo costo y la población animal existente en México, puede incrementar la producción y la participación del DP en la producción de leche nacional; además el DP cuenta con la ventaja de un costo menor de producción en comparación a los sistemas intensivos de producción de leche en otras regiones del país.

2.2 *Leucaena leucocephala* en sistemas silvopastoriles.

Leucaena leucocephala (Leucaena), es la leguminosa forrajera más disponible en América central y el caribe, y mayormente la más utilizada en sistemas silvopastoriles (Dazell, et al. 2006; García et al., 2008). En este sentido Delgado et al. (2001), agrega que la importancia de la *Leucaena* dentro del sistema silvopastoril consiste en el importante aporte de forraje rico en proteínas, vitaminas y minerales, lo que permite usarse como suplemento para balancear pastos y forrajes de menor valor nutritivo.

En adición a lo anteriormente detallado, el follaje de *Leucaena* tiene un contenido de proteína cruda (PC) de 19-30 %, con alta palatabilidad, gran capacidad de adaptación al pastoreo y a las condiciones tropicales. Es un cultivo de larga vida útil en el sistema de bajo costo y permite obtener un buen comportamiento productivo en rumiantes (Dalzell et al., 2006).

Por su parte, Flebes et al. (2008) sugieren que la presencia de *Leucaena* en el sistema pastoril influye en la composición química del *Panicum máximum* Jacq., mejorando la calidad en ambas épocas del año y aumentando la disponibilidad de MS (29% más), y PC (12.2%) en época seca.

2.3 Limitantes en el consumo de *Leucaena* en rumiantes.

2.3.1 Exceso de nitrógeno

La característica más importante de los follajes arbóreos es su excelente aporte de PC en la dieta. En este sentido, Nsahlai et al. (1995) sugieren que la alimentación con follajes de árboles leguminosos, podría resultar en un exceso en el aporte de nitrógeno (N) al rumen, debido a la rápida degradación de la PC en este órgano, que pudiera exceder la capacidad de ser aprovechada por los microorganismos ruminales.

En este sentido, se ha reportado que el consumo de altas cantidades de *Leucaena* en vacas se traduce en alto consumo de PC, la cual se puede perder (eliminar) en orina y heces en forma de urea (Ruiz-Gonzales et al., 2013). La eficiencia de utilización del N en rumiantes es baja (alrededor de 25%), pudiendo fluctuar entre 10-40% dependiendo de la capacidad de los microorganismos ruminales de aprovechar el N al mismo ritmo que está disponible. Este proceso de utilización de N a nivel ruminal está influido por la disponibilidad de energía metabolizable para la proliferación y crecimiento de esos mismos microorganismos (Calsamiglia et al., 2010).

Poppi y Mclellan (1995) refieren que la mayoría de los compuestos nitrogenados de la dieta, son transformados en amoníaco por la acción de los microorganismos ruminales; posteriormente, estos mismos se encargan de convertirlos a proteína microbiana, que es la forma como es aprovechada por los rumiantes. Cuando existe un elevado aporte de PC o la disponibilidad de energía metabolizable en el rumen no es la adecuada para el

aprovechamiento del amoníaco disponible por las bacterias ruminales, se ocasiona un exceso de este compuesto, siendo tóxicos para el organismo del animal (Chamberlain y Wilkinson, 2002).

Se ha estimado que cuando el consumo de PC en bovinos excede los 210 g/kg MO digestible a nivel ruminal, el animal se enfrenta a pérdidas de amonio y esta puede llegar a niveles tóxicos a nivel sanguíneo. El proceso de desintoxicación del amoníaco precisa de la acción enzimática del hígado, involucrando recursos extras de energía para la acción de la enzima ornitil carbamil transferasa en el ciclo de la ornitina, la cual hace posible la conversión de amoníaco a urea (Poppi y McLennan, 1995).

2.4 Suplementación con Leucaena en vacas de doble propósito.

Los sistemas silvopastoriles (SSPI) con Leucaena permiten alcanzar rendimientos de leche de 11.9 kg/an/d, a un costo de producción menor que en el pastoreo convencional de gramíneas; esto es debido al menor consumo de concentrado por efecto del SSPI (2.17kg MS/día comparado a 4.31 Kg MS/día) (Peniche-González et al., 2009).

Bacab-Perez y Solorio-Sánchez (2001), evaluaron la producción de leche de tres ranchos ubicados en Tepalcatepec, Michoacán, México. De los antes mencionados, dos de ellos pertenecen a SSPI con Leucaena, y el tercero al sistema tradicional de *Cynodon plectostachiyus* en monocultivo. Los resultados en términos de rendimiento de leche no presentaron diferencia significativa ($P < 0.05$); sin embargo, estos resultados demuestran que posible alcanzar producción de hasta 9 kg/an/d bajo un sistema silvopastoril con una reducción en el consumo de concentrado del 80% en comparación a un sistema de pastoreo tradicional.

Por su parte Kakengi et al. (2001), determinaron que cuando se incorpora 1.2 kg de MS de Leucaena a la mezcla de maíz y cascarilla de algodón, como suplemento, se pueden alcanzar aumento en el rendimiento de leche de 6.3 a 11.4 kg/an/d.

En este sentido, Ramírez-Díaz (2013), reportó que la suplementación con forraje de leguminosas en la época seca, logra mantener e incluso alcanzar ganancias diarias de peso en becerras.

En adición a lo anterior, Ruiz-González et al. (2013), evaluaron en vacas de doble propósito, la incorporación de niveles crecientes de Leucaena (0%, 15%, 30% y 45% MS en la dieta basal), obteniendo diferencia estadística significativa en la producción de leche (5, 6 y 7 kg/an/d, respectivamente), cuando el nivel de incorporación de Leucaena aumenta. Es importante mencionar, que la composición de la leche no mejoró por el incremento en la incorporación del nivel de Leucaena en la dieta base, en cambio el contenido de grasa en la leche decreció conforme incremento el nivel de inclusión de Leucaena.

En otras regiones se reportan rendimientos de 7.3 y 12.0 kg/an/d en animales consumiendo Leucaena en SSPI o bancos de proteína, con pequeñas diferencias en su composición química (Milera et al., 1994; Sanchez et al., 2005).

2.5 El pulido de arroz en la nutrición de bovinos.

El pulido de arroz (PA), es un subproducto de la industria arrocera que tiene aspecto harinoso, suave y fibroso al tacto, constituido por el pericarpio, el tegumento, la aleurona, parte del grano, en polvo o en fragmentos, y germen entero y triturado (Tortosa y Benedicto de Barber, 1978). De acuerdo con Larios-Saldaña et al. (2005), el PA representa (5-12%), la cascarilla (16-21%) quedando solamente aprovechado (60-70%) en peso del grano de arroz entero.

El PA, por su alto contenido de proteínas, almidón y minerales puede ser usado para la alimentación humana (previo procesamiento) o animal (porcinos, rumiantes y aves). Entre los diferentes usos en la nutrición de rumiantes esta la utilización como materia prima en la elaboración de bloques múlti-nutricionales (Xuan An et al., 1991); en la formulación de concentrados y como suplemento alimenticio (Ferreiro et al., 1979; Anzola et al., 1990).

El uso del PA como suplemento en la nutrición de rumiantes ha tenido importantes resultados en la mejora el consumo de MS y GDP, cuando es suplementado en bovinos alimentados con dietas de caña de azúcar picada mezclada con urea/melaza (López y Preston, 1977; Preston et al., 1976). Otra característica importante del PA es su alto contenido de almidón (25-27%) (Cárdenas et al., 1993); particularmente, cuando este es sometido a extracción de su fase de lípidos, puede llegar hasta 32% (Cárdenas et al., 1993).

Según Elliott et al. (1977), el almidón (alfa polímeros de glucosa) contenido en el PA, puede llegar a escapar de la degradación ruminal (partículas > 2mm), convirtiéndose en una adecuada fuente de energía post ruminal. Cárdenas et al. (1992), reporta que a medida aumenta el nivel de suplementación con PA de igual manera la concentración de AGV, y paralelamente se estimula el crecimiento de microorganismo ruminales.

2.5.1 Composición Bromatológica del pulido de arroz.

El PA, es una fuente energética para varias especies animales, sobre todo en rumiantes, dado su alto contenido de grasas (12-15%), su apreciable contenido en almidón (23-28%), bajo grado de lignificación (2.5%) de su fracción fibrosa (17.5%). Tiene también un notable contenido en proteína (13-17%), con una composición en aminoácidos esenciales relativamente bien equilibrada. Su contenido en fósforo es alto (1,35%), pero en su mayor parte (90%) está en forma de fitatos (Larios-Saldaña et al., 2005)

Cuadro 1. Composición química del pulido de arroz.

Contenido en, g/kg MS	Cárdenas et al. (1992)	Cárdenas et al. (1992) (sin grasa)	Cárdenas et al. (1993)	Beorlegui et al. (2003)	Larios-Saldaña et al. (2005)
Materia Seca (MS)	899	925	888	899	861
Proteína Cruda (PC)	143	173	142	138	107.8
Extracto etéreo (EE)	170	170	163	139	138.2
Fibra Cruda (FC)	72	86	-	76	-
FDN ¹	208	221	286	175	280
Almidón	258	325	274	274	-
Carbohidratos Solubles	55	74	56	-	-
Cenizas totales	94	111	90	-	82
Calcio (Ca)	1.0	0.76	0.70	-	-
Fosforo (P)	11.9	12.1	15	-	-
Azufre (S)	1.9	2.5	1.9	-	-

¹ Fibra detergente neutro

2.6 Uso de la melaza y el pulido de arroz como fuente de energéticas en vacas lactantes en pastoreo.

La melaza y el pulido de arroz PA, se han usado ampliamente con buenos resultados como únicos suplementos para rumiantes que consumen forrajes de baja calidad (Shultz et al., 1971). El PA se usa como sustituto de la harina de maíz con resultados satisfactorios, en bovinos de engorde consumiendo ensilajes de baja calidad (Carnevali et al., 1970). Sin embargo, es escasa la información actualizada, sobre el uso combinado de melaza con PA, como fuentes de carbohidratos en bovinos consumiendo dietas ricas en proteínas.

En un estudio realizado por Shultz et al. (1971), con toretes criollos en confinamiento consumiendo forraje de baja calidad (*P. maximum* con 4.5% PC); estos evaluaron 3 tratamientos: (A) únicamente forraje; (B) forraje + 2.5 kg/día de melaza con 60 g de úrea; forraje + 1,5 kg/día de PA. Las GDP fueron 93, 163 y 246 g/an/d y la retención de N fue de -0.4, 1.5 y 2.2 g/an/d para los tratamientos A, B y C, respectivamente. demostrando que el PA tiene gran potencial como suplemento energético y proteico.

Shultz et al. (1970), evaluaron el efecto en la GDP y la retención de N al suplementar solo con melaza de caña (Me) o combinada con diferentes fuentes de almidón como: ajonjolí (AJ), yuca (Yu), maíz (Ma) y PA. Los tratamientos fueron: (A) AJ+Me+PA; (B) Me+Yu; (C) Me; (D) Me+Ma; (E) Me+PA. Todos los tratamientos a excepción del (A), contenían 7% de la ración de urea. Los resultados demostraron que al mezclar más de dos fuentes distintas de carbohidratos (AJ+Me+PA) se obtienen mayor respuesta en GDP y mejora significativamente la retención de N. También se puede lograr una mejor captura de N ruminal con suplementos que contengan carbohidratos de pronta fermentación (AJ+Me+PA y Me).

Ordoñez-Tercero et al. (2002), reportan que la suplementación con melaza de caña (Me) a vacas alimentadas con mezclas de follajes arbóreos (*Leucaena leucocephala* y *Brosimum alicastrum*) presenta importantes aportes en la captura de N ruminal, durante la primeras 6 a 9 h post consumo de forraje y suplemento. Así mismo, la mayor concentración de AGV'S se presenta en las primeras 7 horas post-suplemento. Por otra parte, el suministro de N microbiano (SNM) al duodeno al suplementar con azúcares es significativamente mayor ($P<0.05$) (51.45 g N/d), en comparación a suplementar almidón de maíz (33.67 g N/d). En contraste, Valdivia-Salgado et al. (2006) reporta que obtener el mismo SNM al duodeno ($P<0.05$), al suplementar con melaza (39.04 g N/d) que con maíz (35.11 g N/d) o ambos combinados (34.89 g/d). Por otra parte, la retención de N presentó diferencia significativa con la suplementación de maíz (12.79 g/d) y ambos combinados (12.84 g/d) que con melaza (9.08 g/d), evidenciando interacción entre ambas fuentes de carbohidratos (azúcares/almidón) en la retención de nitrógeno dietético. En síntesis la suplementación con melaza demuestra tener un marcado efecto en la función ruminal y de aprovechamiento del N a nivel ruminal. También se identifica la oportunidad de obtener un efecto significativo

en la eficiencia del uso de N consumido; por tanto en el comportamiento animal, al combinar diferentes fuentes de carbohidratos (azúcares, almidón) en bovinos alimentados con follajes arbóreos.

2.7 Referencias.

- Albrecht, A., Kandji, S.T. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 99: 15–27.
- Anzola, H., Martínez, G., Gómez, F., Hernández, I., and Huertas, H. 1990. Strategic supplementation of bypass protein and fat to dual purpose cattle in the Colombian tropics during the dry season. *Livestock Research for Rural Development*. 2: 1-9.
- Arjona-Alcocer, V.A. 2015. Evaluación de cuatro suplementos energéticos sobre el comportamiento productivo en vacas de doble propósito alimentadas con follaje de *Leucaena leucocephala* y *Pennisetum purpureum*. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Bacab-Pérez, H. M., y Solorio-Sánchez, F. J. 2011. Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13: 271-278.
- Beorlegui, B., C., Mateos, G. G., Rebollar, P. G. 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
- Calsamiglia, S., Ferret, A., Reynolds, C., Kristensen, N., van Vuuren, A. 2010. Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. *Animal*. 4: 1184-1196.
- Cardenas G.D., Newbold, C. J., Galbraith, H and Topps, J. H. 1992. The effect of including Colombian rice polishing in the diet on rumen fermentation in vitro. *Animal Production*. 54: 275-280.
- Cardenas, G D., Newbold, C. J., Galbraith, H., Topps, J. H., Chen, X. B. and Rooke, J. A. 1993. Rice polishing as an alternative to sugar cane molasses as a supplement with urea to low-quality forage diets for ruminants. *Animal Production*. 56: 85-92
- Chamberlain, A.T., Wilkinson, J.M. 2002. Alimentación de la vaca lechera. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 86-87

- Carnevali, A.A., Chicco, C.F., y Shultz, T.A. 1970. Evaluación de la harina de arroz como sustituto de la harina de maíz para la suplementación del ensilaje en bovinos. *Agronomía Tropical* 20: 205-209.
- Dalzell, S.A., Shelton, H.M., Mullen, B.f., Larsen, P.H. and Mclaughlin, K.G. 2006. *Leucaena: a guide to establishment and management*. Meat & Livestock Australian Ltd. Sydney, Australia.
- Delgado, D., La, La O., O, Chongo B., Galindo, J., Obregón, Y., Aldama, A. 2001. Cinética de la degradación ruminal in situ de cuatro arboles forrajeros tropicales; *Leucaena leucocephala*, *Enterolobium cyclocarpun*, *Sapindus saponaria*, *Gliricidia sepium*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 35: 141 -145.
- Elliott, R., Ferreiro, H.M., Priego, A and Preston, T.R. 1977. Rice polishing as a supplement in sugar cane diets: the quantities of starch (α -linked glucose polymers) entering the proximal duodenum. 3: 30-35.
- FAO. 2012. *Statistical Yearbook 2012*. Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia, pp. 198-213. [En línea] Disponible en: URL <http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e03c.pdf> [Consultado 20 Oct. 2013]
- Ferreiro, H.M., Elliott, R., and Preston, T.R., 1979. The effect of energy rich feed supplements on the availability of nutrients in the duodenum of cattle fed sugar cane. 4: 248-254.
- Flebes, A.J., Ruíz, G., Achang, G. 2008. Características bromatológicas de guinea (*Panicum maximum* vc. Likoni) en un sistema silvopastoril con leucaena (*Leucaena leucocephala* vc. Perú). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 42: 295.
- García D., Wencomo, H., Gonzáles, M., Medina M., Cova, L. 2008. Caracterización de diez cultivares forrajeros de *Leucaena leucocephala* basada en la composición química y la degradabilidad ruminal. *Revista MVZ Córdoba*. 13: 1294-1303.
- Gehman, A. M., Bertrand, J. A., Jenkins, T. C., & Pinkerton, B. W. 2006. The effect of carbohydrate source on nitrogen capture in dairy cows on pasture. *Journal of dairy science*. 89: 2659-2667.

- Kakengi, A.M., Shem, M.N., E.PMtengeti, R. Otsyina. 2001. *Leucaena leucocephala* leaf meal as supplement to diet of grazing dairy cattle in semiarid Western Tanzania. *Agroforestry Systems* 52: 73 – 82.
- Keady, T.W.J., & Murphy, J.J. 1998. The effects of ensiling and supplementation with sucrose and fish meal on forage intake and milk production of lactating dairy cows. *Animal Science*, 66: 9-20.
- Ku-Vera, J. C., Briceño, E. G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A. J., Aguilar, C. F., & Ramírez, L. 2014. Manipulation of the energy metabolism of ruminants in the tropics: options for improving meat and milk production and quality. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 48: 43-53.
- Larios-Saldaña, A., Porcayo-Calderón, J., Poggi-Varaldo, H.M. 2005. Obtención de una harina de pulido de arroz desengrasado con bajo contenido de fibra neutro detergente. *INCI*. 30: 29-32. Accesado 2013 Nov 24. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S03781844200500011s.
- Lopez J., Preston, T.R. 1977. Rice polishings as a supplement in sugar cane diets for fattening cattle: effect of different combinations with blood meal. *Tropical Animal Production*. 2: 143-147.
- Magana, J. G., Tewolde, A., Anderson, S., & Segura., J. C. 2013. Productivity of different cow genetic groups in dual-purpose cattle production systems in south-eastern Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 38: 583-591.
- Mirela, M., Iglesias, J., Remmy, V., Cabrera, N. 1994. Empleo del banco de proteína de *Leucaena leucocephala* cv Perú para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 17:19.
- Murphy, J.J. 1999. The effects of increasing the proportion of molasses in the diet of milking dairy cows on milk production and composition. *Animal feed science and technology*, 78: 189-198.
- Murgueitio, E. 2005. Silvopastoral systems in the neotropics. In: *International Silvopastoral and Sustainable Land Management*. CAB. Lugo, España. 24-29.

- Murgueitio, E. Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., y Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*. 261: 1654-1663.
- Nsahlai, I.V., Siaw, D.E.K.A. Y Umunna, N.N. 1995. Inter-relationship between chemical constituents, rumen dry matter and nitrogen degradability in fresh leaves of multipurpose trees. *Journal of Science Food and Agriculture*. 69: 235-246.
- Ordoñez-Tercero, J.C. 2002. Efecto de la suplementación energética y el patrón de alimentación sobre el aporte de nitrógeno microbial al duodeno, en vacas alimentadas a base de forraje tropical. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Peniche-González, I.N. 2009. Comportamiento productivo de vacas de doble propósito en pastoreo con o sin acceso a una asociación de *Leucaena leucocephala* y *Cynodon nlemfuensis*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Poppi, D. P., & S. McLENNAN. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *Journal Animal Science*. 73: 278-290.
- Preston T R, Carcaño C, Alvarez F J & Gutierrez D G. 1976. Rice polishings as a supplement in a sugar cane diet: effect of level of rice polishings and of processing the sugar cane by derinding or chopping. *Tropical Animal Production*. 1: 50-161.
- Ramírez-Díaz, R. 2013. Caracterización forrajera y nutricional de *Leucaena (Leucaena leucocephala)* establecida como banco de proteína y su efecto en becerras en crecimiento en trópico seco. En línea .Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas, México. Accesado 14 Oct 2013. Disponible en: <http://hdl.handle.net/123456789/240..>
- Rojo-Rubio, R., Vázquez-Armijo, J. F., Pérez-Hernández, P., Mendoza-Martínez, G. D., Salem, A. Z. M., Albarrán-Portillo, B., & Gutierrez-Cedillo, J. G. 2009. Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical animal health and production*, 41: 715-721.

- Ruiz-Gonzales, J. 2013. Balance de Nitrógeno y composición de leche de vacas alimentadas con *Leucaena Leucocephala*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Sánchez, T, Lamela, L., López, O. 2005. Indicadores productivos de hembras Mambí de primera lactancia en silvopastoreo. Pastos y Forrajes. 28: 299-309.
- Shelton, M. and S. Dazell. 2007. Production, economic and environmental benefits of *Leucaena leucocephala*. Tropical Grass Land. 41: 174-190.
- Shultz, T.A., Chicco, C.F. Shultz, E., Carnevali, A.A. 1970. Evaluación de diferentes fuentes de energía (yuca, maíz, arroz y melaza) sobre la utilización de altos niveles de urea en bovinos. Agronomía Tropical 20: 183-194.
- Shultz, E., Shultz, T. A., Carnevali, A. A. y Chicco, C. F. 1971. Suplementación con urea-melaza y pulidura de arroz en bovinos alimentados con pastos de pobre calidad. Agronomía Tropical. 21: 195-204.
- Teyer, R., Magaña, J.G., Santos, Aguilar, C. 2003. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de tres grupos genéticos en un hato de doble propósito en el sureste de México. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 37: 363-370.
- Tortosa E., Benedicto de Barber, C. 1978. El salvado de arroz y su valor potencial para la alimentación animal. Revista Agroquímica Tecnología Alimentaria 18: 408-421.
- Valdivia-González, V. 2006. Metabolismo del nitrógeno y función ruminal en vacas cruzadas *Bos Taurus x B. indicus* en un sistema silvopastoril con *Leucaena leucocephala*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Xuan An, B., Trong Hieu, L., and Preston, T R. 1991. Multi-nutrient blocks (MUB) as supplement for milking cows fed forages of low nutritive value in South Vietnam. Livestock Research for Rural Development. 3: 1-7.
- Zemmelink, G., L. 't. Mannelje. 2002. Value for animal production (VAP): a new criterion for tropical forage evaluation. Animal Feed Science and Technology. 96: 31-42.

CAPITULO III.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis.

La combinación de una fuente de almidón (pulido de arroz) con una fuente de azúcares fermentables (melaza de caña); mejorará la eficiencia de utilización del N de la dieta y proporcionará precursores glucogénicos, lo que incrementará la producción y mejorará la calidad fisicoquímica de leche en vacas de doble propósito alimentadas con *L. leucocephala* y *P. purpureum*

Objetivo General.

Evaluar el efecto la suplementación con dos fuentes energéticas, en forma individual o combinadas, sobre la producción de leche y la eficiencia de utilización del nitrógeno (N) dietético en vacas de doble propósito alimentadas con *L. leucocephala* y *P. purpureum*.

Objetivos Particulares.

- Cuantificar la producción de leche en vacas de doble propósito, suplementadas con melaza, pulido de arroz o una mezcla de ambas.
- Evaluar el contenido de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos de la leche de vacas de doble propósito, suplementadas con melaza, pulido de arroz o una mezcla de ambas.
- Comparar la eficiencia de utilización del nitrógeno en vacas de doble propósito suplementadas con melaza, pulido de arroz y una mezcla de ambas, a través de la medición del N ureico en sangre (NUS).

CAPITULO IV.

ARTICULO CIENTIFICO

Artículo científico preparado acorde a las instrucciones para autores de la revista Tropical Animal Health and Production.

USO DEL PULIDO DE ARROZ Y MELAZA COMO SUPLEMENTOS EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO ALIMENTADAS CON *Leucaena leucocephala* Y *Pennisetum purpureum*.

J.M. Flores-Cocas*, C. Aguilar-Pérez, y L. Ramírez-Avilés

Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencia Animal, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México. Carretera Mérida-Xmatkuil Km 15.5, C.P. 97303, Mérida, Yucatán, México. E-mail: *josue.flores@correo.uady.mx; caperez@uady.mx; raviles@uady.mx

USE OF RICE POLISHING AND MOLASSES AS SUPPLEMENTS IN COWS DUAL PURPOSE FEED WITH *Leucaena leucocephala* AND *Pennisetum purpureum*

J.M. Flores-Cocas*, C. Aguilar-Pérez, and L. Ramírez-Avilés

Department of Animal Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Autonomous University of Yucatán, Mérida, México. Highway Mérida-Xmatkuil Km 15.5, C.P. 97303, Mérida, Yucatán, México. E-mail: *josue.flores@correo.uady.mx; caperez@uady.mx; raviles@uady.mx

Resumen.

Se utilizaron 4 vacas multíparas (Holstein x *cebu*) asignadas a un diseño cuadrado latino (4 x 4). Con el objetivo de evaluar el efecto al suplementar con dos fuentes energéticas solas o combinadas sobre el rendimiento y calidad de leche, al igual la eficiencia de utilización del N dietético. Se establecieron 4 tratamientos: Control (CTRL, sin energía), Pulido de arroz (PA), melaza (Me) y la mezcla PA/Me. El consumo total de la MS fue mayor en los tratamientos con suplementación ($P < 0.0001$), pero similar entre ellos. El rendimiento de leche incrementó en los tratamientos PA, Me y PA/Me con 8.14, 7.42, 8.02 kg/an/d. El tratamiento CTRL (6.97 kg/an/d) y Me fueron similares. El contenido de grasa de la leche presentó diferencia ($P < 0.019$), siendo CTRL y PA/Me los que presentaron los valores más altos con 44.4 y 42.8 g/kg de leche, respectivamente. PA y Me presentaron menores contenidos de grasa con (40.4 y 42.6 g/kg, respectivamente), pero no fueron diferentes a PA/Me. La suplementación no tuvo efecto en la proteína cruda, lactosa y sólidos no grasos de la leche. Los niveles de N ureico en sangre en los tratamientos con suplementación fueron siempre menores (9.77 mg/dl) en promedio que el CTRL (15.61 mg/dl). La suplementación energética mejoró, el rendimiento de leche y la utilización del N dietético.

Palabras Clave: Doble propósito; *Leucaena leucocephala*; Nitrógeno ureico; Pulido de arroz; Suplemento energético.

Introducción

En el trópico mexicano, el sistema doble propósito de explotación bovina, se basa en el aprovechamiento de forrajes e insumos locales o subproductos agroindustriales de bajo costo a fin de optimizar la producción de leche y carne (Monforte *et al.*, 2006). *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (Leucaena), es el árbol forrajero más utilizado en América trópica en sistemas silvopastoriles (García *et al.*, 2008). En el sur de México Leucaena alcanza valores de 18.6 a 21.0% de PC y digestibilidad *in situ* del 61-63% en rumiantes de doble propósito (Ku *et al.*, 1999; Ruiz-Gonzales *et al.*, 2013).

Los Sistemas Silvopastoriles intensivos (SSPI) incluye Leucaena en asocio con gramíneas mejoradas dispuestas en callejones. Estos se caracterizan por densidades de siembra de Leucaena de 35,000 a 53,000 plantas/ha (Mahecha y Zoot, 2002; Bacab-Pérez y Solorio-Sánchez, 2011). En este sentido, a mayor oferta de forraje de leguminosa en el SSPI, el consumo de PC arbórea incrementa (Mahecha y Zoot, 2002; Ruiz-Gonzales *et al.*, 2013). Comúnmente, en estos sistemas el contenido proteico consumido excede a la cantidad de energía propia del forraje arbóreo y de la gramínea asociada, necesaria para una eficiente utilización del N liberado a nivel ruminal (Cáceres y Gonzales, 2012).

Ruiz-Gonzales *et al.* (2013) encontraron que a medida que aumentó el consumo de Leucaena en vacas también se aumentaron las pérdidas de N en forma de urea en orina, heces y leche. La eficiencia de utilización del N en rumiantes es limitada (< 25%) que resulta en un restringido suministro de N microbiano (SNM) al duodeno, siendo la disponibilidad de energía el principal factor limitante (Calsamiglia *et al.*, 2010). Además, el consumo de dietas ricas en N cataliza un gasto extra de energía en la conversión del excedente de N a urea, incrementando el desbalance energético en el animal (Poppi y McLennan, 1995)

La producción y composición de leche depende del suministro de N microbiano (SNM) al intestino delgado y de la disponibilidad de energía metabolizable a nivel ruminal y post-ruminal (Poppi y McLennan, 1995). En este sentido, la suplementación con melaza (azúcares fermentables) promueve mayor absorción de N a nivel ruminal y un importante SNM al duodeno en bovinos de doble propósito (Ordoñez *et al.*, 2002; Valdivia *et al.*, 2006). El pulido de arroz (PA) es rico en almidón (27-32%) que en gran medida escapa a la

degradación ruminal, podría favorecer mayormente a la absorción de aminoácidos en el duodeno (Elliot *et al.*, 1977) y propiciar la síntesis de precursores gluconeogénicos (Propionato) contribuyendo a la mejora en la producción y composición de la leche (Chamberlain y Wilkinson, 2002).

Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto individual y combinado de dos fuentes de carbohidratos de distinto patrón de fermentación y aprovechamiento, sobre el comportamiento productivo en bovinos de doble propósito. Existe escasa información del efecto en la eficiencia de utilización del N, producción y composición de la leche del PA.

Materiales y método.

Localización

Esta investigación se realizó en la finca Kampepem, localizada en la comunidad de San José Tzal, Yucatán, México, durante el período del 2 de enero al 10 de marzo de 2015; período comprendido dentro de la época de secas. El clima es tropical sub-húmedo, con precipitación promedio anual de 953 mm y temperatura media anual de 29.5 °C, que fluctúa entre 38 °C máxima y 22.3 °C mínima (INEGI, 2015).

Animales

Se utilizaron 4 vacas *Bos indicus* x *B. taurus* (cebú x Holstein) de tercer parto y primer tercio de lactancia, con peso vivo (PV) promedio al parto de 537±53 kg y condición corporal de 6±0.8 (escala 1-9) (Ayala *et al.*, 1992).

Las vacas fueron alojadas en corrales individuales delimitados con malla metálica y provistos de bebederos y comederos independientes para cada fuente de forraje (*L. leucocephala* y *P. purpureum*). La ordeña de las vacas se realizó mecánicamente una vez al día (a partir de 8:30 horas) en cada periodo de medición.

Dietas y tratamientos.

La dieta base fue *P. purpureum* (53%) y follaje de *L. leucocephala* (30%) picado a un tamaño de 8cm de partícula. Los tratamientos consistieron en la suplementación con dos fuentes de energía ofrecidas por separado o en combinación. Dicha suplementación se suministró al momento de la ordeña. La cantidad de suplemento se asignó considerando que estos aportará el 25% de las necesidades energéticas de las vacas (AFRC, 1993). Los cálculos se hicieron considerando un consumo de MS del 3% del PV. Las dietas se formularon para ser isoenergéticas a excepción de la dieta control (CTRL). También todas las dietas se formularon para ser isoproteicas motivo por el cual se utilizó urea en el tratamiento CTRL, ME y PA/Me (Cuadro 1).

Cuadro 2. Composición de los tratamientos.

	Tratamientos			
	Ctrl	PA	Me	PA/Me
	-----% de la MS-----			
<i>P. purpureum</i>	67.97	52.02	48.33	48.80
<i>L. leucocephala</i>	30	30	30	30
Pulido de arroz	-	17.20	-	8.87
Melaza	-	-	17.01	8.87
Urea	1.07	-	0.54	0.28
Provimi® (mezcla mineral)	0.97	0.78	0.78	0.78
Aporte del suplemento				
EM (MJ/an/d)	0	31.46	31.30	31.38
PM (g/an/d)	260.29	260.63	260.00	260.53

¹PM: proteína metabolizable, EM: energía metabolizable, CTRL: Tratamiento control, PA: pulido de arroz, Me: melaza de caña, PA/ME: pulido de arroz + melaza de caña. Según los requerimientos de AFRC, 1993 para producir 10kg/an/d de leche con 40, 31 y 54 g/kg de grasa, proteína y lactosa respectivamente, con media de PV 537kg.

Mediciones.

El estudio duró 68 días desglosados en 4 periodos de 17 cada uno. Cada periodo consistió en 12 días de adaptación y 5 días de medición de las variables de respuesta.

Consumo voluntario de la materia seca (MS).

El consumo voluntario del forraje, se estimó mediante la diferencia entre el peso de lo ofrecido y lo rechazado al día siguiente.

La cantidad de forraje de *P. purpureum* ofrecida fue ajustada diario, tomando en consideración el consumo individual obtenido el día anterior, procurando obtener rechazo superior a 30%, por lo que básicamente se ofreció *ad libitum*. Particularmente, el consumo de follaje de *L. leucocephala*, fue ajustado diario realizando un muestreo del follaje picado, en el cual se separó la porción de follaje no comestible y se determinó un porcentaje en

base fresca. Acorde a este, se corrigió la cantidad neta diaria a ofrecer para cada animal. Todo el material rechazado de la leguminosa, fue la totalidad de la fracción leñosa.

Producción de leche.

La producción de leche se midió en los días 13 a 17 de cada periodo experimental, mediante el pesaje de la leche resultante del ordeño. En este periodo, el ordeño se realizó sin la presencia del becerro. Para asegurar el completo vaciado de la ubre, se aplicó una inyección intramuscular de oxitocina a razón de 40/UI/ por vaca (Peniche *et al.*, 2009).

De cada ordeña diaria, se tomó una muestra de 100 ml de leche por vaca, mismas que fueron conservadas en refrigeración a 4°C, hasta se análisis químico, realizado el mismo día.

Toma de muestras de sangre.

Para determinar la concentración de N ureico en sangre (NUS), se tomó una muestra de 3 ml de sangre en el día 17 de cada periodo experimental. La sangre se extrajo mediante punción de la arteria coccígea en tubos vacutainer sin anticoagulante. Este procedimiento de muestreo de sangre se inició a partir de la ingesta del suplemento y posteriormente cada tres horas, durante las siguientes nueve horas.

Peso vivo y condición corporal.

El pesaje de los animales se realizó, sin previo ayuno e inmediatamente después de ser ordeñados. Cada vaca se pesó al inicio (día 1 y 2) y al final (día 16 y 17) de cada periodo experimental. La condición corporal fue evaluada visualmente por la misma persona en los mismos momentos del pesaje, siguiendo la escala 1-9 (Ayala *et al.*, 1992).

Análisis de los alimentos.

Se tomaron muestras cada día de forraje de *P. purpureum* y *L. leucocephala* (días 13 a 17) en cada periodo experimental, para la determinación de MS por desecación en estufa a 60 °C por 48 h (McDonald *et al.*, 2011)

Se conformó una sola muestra por periodo de cada uno de los forrajes e insumos colectados a diario, mismo que fueron enviados para su análisis al laboratorio de nutrición de la

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ). Las muestras de forraje fueron analizadas para determinar su contenido de proteína cruda (PC) por combustión, para lo cual se utilizó un equipo LECCO CN-2000 serie 3740 (LECCO, Corporation) y para fibra detergente ácido (FDA) por el método de Van Soest *et al.* (1991).

En el laboratorio de bromatología del Instituto Tecnológico Superior de Kalkiní, Campeche se realizó el análisis proximal completo para el PA. El N total se determinó por el método de Kjeldahl (AOAC, 1980 ID 2,062), cenizas por combustión en horno muffle a 600 °C por 6 h, y extracto etéreo (AOAC, 1980). La fibra cruda se determinó por AOCS (filter bags technique for A200 and A2001) en el laboratorio de nutrición de FMVZ.

Composición química de la leche

Las muestras de leche, fueron analizadas para determinar el contenido (g/kg) de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos, utilizando el analizador Lactoskan (Milcotronic 19944, Bulgaria).

Determinación de Nitrógeno ureico en sangre (NUS).

A partir de las muestras de sangre tomadas en cada periodo experimental, se extrajo el suero sanguíneo; mediante el reposo de esas muestras durante 30 minutos a temperatura ambiente. Los sueros fueron transferidos a tubos ependorf, mismos que fueron puestos en congelación a -20°C hasta su análisis en el laboratorio de diagnósticos de la FMVZ. Se utilizó el Kit IHR, que expresa la concentración de urea en mg/dl.

Análisis estadístico.

Los datos de producción y composición de la leche, consumo de MS, EM y PC, fueron analizados usando el procedimiento MIXED para medidas repetidas del paquete estadístico SAS 9.4 (SAS, 2013). El modelo matemático usado para analizar las variables, fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + V_i + P_j + T_t + VP_{ij} + E_{ijt} + S_{ijk}$ con $Y_{ijk} = i=1..4, j=1..4, t=1..4, k=1..5$. Dónde: μ = Media General, V_i = efecto fijo de hilera (vaca), P_j = Efecto fijo de periodo, T_t = Efecto fijo de tratamientos, VP_{ij} = interacción entre vaca i y periodo j , S_{ijk} = Error de submuestreo debido a las mediciones repetidas, E_{ijt} = Error residual aleatorio.

Para analizar el contenido de NUS, se realizó un ANOVA con una prueba de comparación de medias de Tukey ($P= 0.05$)

Resultados

Composición química de los alimentos

El Cuadro 3 presenta la composición bromatológica del forraje y suplementos ofrecidos a los animales durante el periodo experimental. Se puede apreciar un, mayor contenido de MS en el follaje de *L. leucocephala* que en el forraje *P. purpureum*. En contraste, el contenido de FDA en la leguminosa es menor que en la gramínea. Los valores de EM resultaron similares en ambas especies.

Cuadro 3. Composición química de los suplementos y de las especies forrajeras utilizadas en el experimento.

Contenido (g/kg de MS)	Suplementos		Especies forrajeras	
	PA	Me	<i>L. leucocephala</i>	<i>P. purpureum</i>
Materia seca (g/kg BF ¹)	899	763	330	296
Proteína cruda	137	4.2	231	94.63
FDA	Nd	Nd	303	411
Fibra cruda	35.6	Nd	Nd	Nd
Extracto etéreo	111	Nd	Nd	Nd
EM (MJ/kg MS) *	12.26*	11.63 [¶]	8.70*	8.10*
Cenizas	76.9	123	Nd	Nd

FDA: fibra detergente ácido, EM: energía metabolizable, PA: pulido de arroz, Me: melaza de caña. Nd: no determinado. ¹BF: Base fresca [¶]NRC, 2001. * Estimada según MAFF, 1978.

Consumo de MS, EM y PC

Los resultados en el Cuadro 4 muestran que no se encontró diferencia ($P>0.005$) en el consumo de materia seca (CMS) asociada a los tratamientos con suplementación

energética. Tampoco se observó diferencia ($P>0.005$) en el consumo de la dieta base (*L. leucocephala* + *P. purpureum*) entre tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Consumo de MS, PM y EM de vacas de doble propósito alimentadas con *L. leucocephala* y *P. purpureum*, suplementadas con pulido de arroz, melaza de caña o combinación de ambos subproductos.

	Tratamientos				EE	P
	Ctrl	PA	Me	PA/Me		
Peso vivo, kg	538	541	540	542		
CMS, kg/an/día						
Suplemento	0.13 ^a	2.66 ^b	2.78 ^b	2.72 ^b	0.049	<0.0001
<i>L. leucocephala</i>	4.96 ^a	4.95 ^a	4.89 ^a	4.88 ^a	0.148	0.9707
<i>P. purpureum</i>	7.32 ^a	7.80 ^a	8.16 ^a	7.51 ^a	0.302	0.2305
Total	12.42 ^a	15.45 ^b	15.83 ^b	15.11 ^b	0.334	<0.0001
CEM, MJ/an/día						
Suplemento	0.00 ^a	32.57 ^b	31.28 ^b	32.00 ^b	0.575	<0.0001
<i>L. leucocephala</i>	43.42 ^a	43.67 ^a	42.81 ^a	43.67 ^a	1.247	0.9570
<i>P. purpureum</i>	60.37 ^a	63.72 ^a	66.61 ^a	63.72 ^a	2.340	0.3196
Total	103.79 ^a	139.96 ^b	140.71 ^b	139.40 ^b	2.862	<0.0001
PC, kg/an/día						
Suplemento	0.372 ^a	0.364 ^a	0.356 ^a	0.361 ^a	0.008	0.5745
<i>L. leucocephala</i>	1.148 ^a	1.156 ^a	1.134 ^a	1.127 ^a	0.034	0.9305
<i>P. purpureum</i>	0.695 ^a	0.736 ^a	0.765 ^a	0.711 ^a	0.027	0.3081
Total	2.215 ^a	2.256 ^a	2.255 ^a	2.199 ^a	0.046	0.7565

PM: proteína metabolizable, EM: energía metabolizable, CTRL: control, PA: pulido de arroz, Me: melaza de caña, PA/ME: pulido de arroz + melaza de caña. CMS: consumo de materia seca, CEM: consumo de energía metabolizable, CPM: consumo de energía metabolizable. ^{abc} Literales distintas dentro de hileras denotan diferencia significativa $P<0.05$.

Se identificó diferencia estadística significativa ($P<0.0001$) en el consumo de MS total, entre los tratamientos suplementados respecto al tratamiento CTRL.

El consumo de EM fue similar ($P>0.005$) entre los tratamientos con suplementación energética. Igualmente, el consumo de EM proveniente de la *Leucaena* y del *P. purpureum*, fue similar ($P>0.05$) entre todos los tratamientos (Cuadro 4). Sin embargo, el consumo total de EM en el tratamiento CTRL, fue menor ($P<0.0001$) en relación con los tratamientos con suplementación.

Por otra parte, el consumo de PC total no fue diferente ($P>0.05$) entre los tratamientos evaluados (Cuadro 4).

Rendimiento y calidad de leche.

Los resultados de producción y composición de leche se muestran en el Cuadro 5. Se presentó diferencia ($P<0.05$) en la producción de leche, siendo ésta menor para el tratamiento CTRL, respecto a los tratamientos PA y PA/Me. En contraste, no se presentó diferencia estadística entre el tratamiento CTRL y Me. Además, entre los tratamientos con suplementación energética no se presentó diferencia estadística ($P>0.05$). La producción de leche corregida por grasa (4%), fue similar ($P>0.05$) entre los tratamientos evaluados.

La concentración de grasa en leche (Cuadro 5), fue mayor ($P<0.05$) para el tratamiento CTRL respecto a los tratamientos PA y Me. No se encontró diferencia ($P>0.05$) en la concentración de grasa entre el tratamiento CTRL y PA/ME, ni entre los tratamientos con suplementación energética. La suplementación energética no tuvo efecto en la concentración de proteína, lactosa y sólidos no grasos en la leche. Tampoco se encontró efecto de la fuente de suplementación sobre los componentes de la leche (Cuadro 5).

Nitrógeno ureico en sangre

En el Cuadro 6, se presentan las concentraciones de nitrógeno ureico sanguíneo (NUS) de las vacas. Como se puede apreciar no existió diferencia ($P>0.05$) en el NUS entre tratamientos previo a la ingestión del suplemento (0 h). Sin embargo a las 3 h post alimentación, los niveles de NUS fueron menores ($P<0.05$) para el tratamiento Me respecto al tratamiento CTRL y los demás tratamientos.

Cuadro 5. Producción y composición de la leche de vacas de doble propósito, alimentadas con *L. leucocephala* y *P. purpureum*; suplementadas con Pulido de arroz, melaza de caña o la combinación de ambos subproductos.

	Tratamientos					
	Ctrl	PA	Me	PA/Me	EE	P
Producción de leche, kg/día						
Total	6.97 ^a	8.14 ^b	7.42 ^{ab}	8.02 ^b	0.330	0.048
Corregida a 4% de grasa	7.46 ^a	8.23 ^a	7.60 ^a	8.40 ^a	0.548	0.235
Composición de la leche, g/kg.						
Grasa	44.4 ^a	40.4 ^{bc}	42.6 ^{bc}	42.8 ^{abc}	0.905	0.019
Proteína	29.8 ^a	29.7 ^a	29.3 ^a	29.5 ^a	0.021	0.414
Lactosa	44.6 ^a	44.6 ^a	43.9 ^a	44.3 ^a	0.029	0.369
Sólidos no grasos	79.7 ^a	81.5 ^a	80.1 ^a	80.6 ^a	0.050	0.083

CTRL: control, PA: pulido de arroz, Me: melaza de caña, PA/ME: pulido de arroz + melaza de caña. ^{abc}
 Literales distintas dentro de hileras denotan diferencia significativa $P < 0.05$.

La concentración de NUS para los tiempos 6 h y 9 h postprandial fue estadísticamente menor ($P < 0.05$) para los tratamientos con suplementación energética respecto al CTRL. No se encontró diferencia en el NUS ($P < 0.05$) entre los tratamientos con suplementación, a las 6 y 9 h post alimentación. En la Figura 1 se presenta la tendencia en los niveles de NUS, antes y después del suministro de los alimento

Cuadro 6. Concentración de Nitrógeno ureico (NUS) en suero sanguíneo en vacas de doble propósito, alimentadas con *L. leucocephala* y *P. purpureum*; suplementadas con pulido de arroz (PA), melaza de caña (Me) o la combinación de ambos subproductos (PA/Me).

Hora (h) postprandial	Concentración de NUS (mg/dl).					
	Ctrl	PA	Me	PA/Me	EE	P
0	11.40 ^a	8.30 ^a	7.63 ^a	7.90 ^a	0.412	0.0544
3	14.50 ^a	11.90 ^{ab}	10.10 ^b	12.10 ^{ab}	0.417	0.0524
6	17.40 ^a	8.83 ^b	10.40 ^b	8.08 ^b	0.367	0.0004
9	19.97 ^a	11.99 ^b	10.09 ^b	10.04 ^b	0.659	0.0063

^{abc} Literales distintas dentro de hileras denotan diferencia significativa ($P < 0.05$).

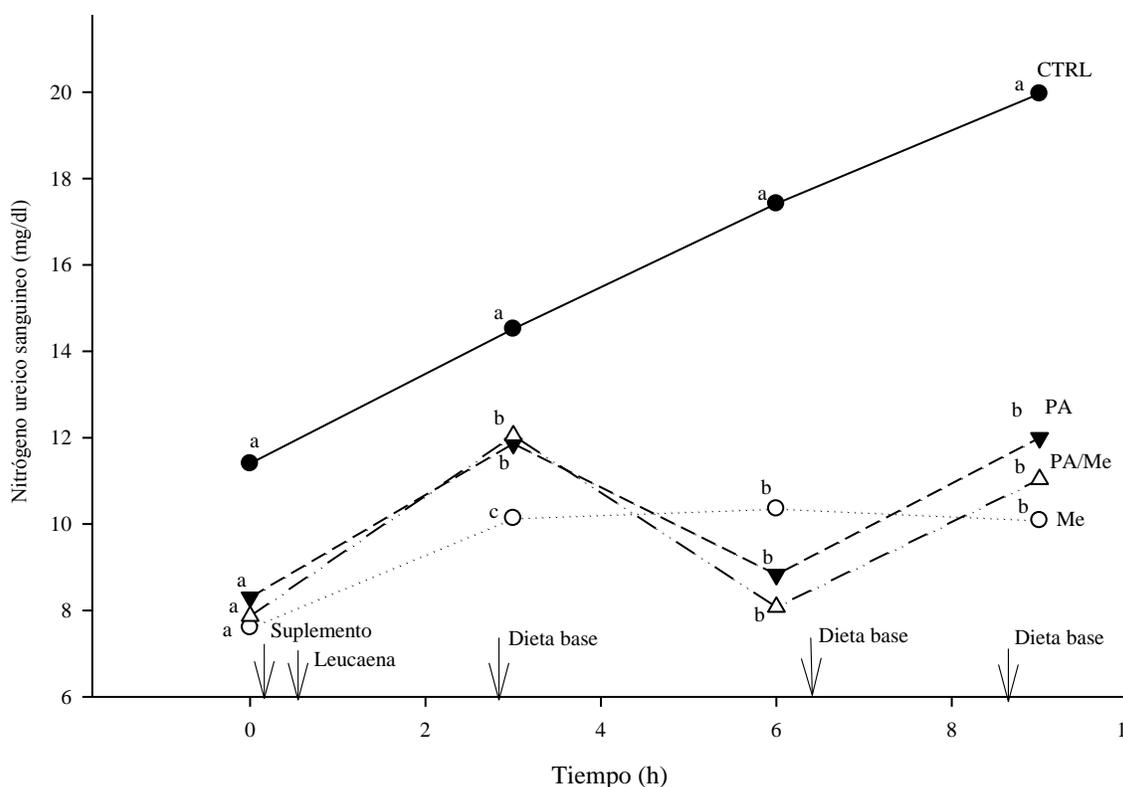


Figura 1. Concentración de nitrógeno ureico en suero sanguíneo en vacas de doble propósito, alimentadas con *L. leucocephala* y *P. purpureum*; suplementadas con Pulido de arroz, melaza de caña y combinación de ambos subproductos.

Discusión

El contenido de proteína cruda del follaje de *Leucaena* en el presente experimento, estuvo dentro del rango de 236-259 g/kg MS reportado en la literatura (Valdivia-Salgado *et al.*, 2006; Peniche-Gonzales, 2009). *P. purpureum* presentó mayor contenido de proteína cruda de lo reportado en otros trabajos (Ordoñez-Tercero, 2002; Ruiz-González, 2013), lo que estaría en función del estado de madurez del pasto. Las concentraciones de EM y PC del pulido de arroz fueron similares a lo reportado por Jiménez-Ferrer *et al.* (2015), quienes adquirieron el subproducto en la misma región.

Debido a que se fijó la cantidad de *Leucaena* y suplemento ofrecido, la principal fuente de MS provino del *P. purpureum* (49-59%) y su nivel de rechazo fue de 35-40%; por lo que, su consumo fue prácticamente *ad libitum*. La *Leucaena* y los suplementos representaron, en promedio, 34% y 18% del consumo total de MS (CMS), respectivamente.

El CMS total, representó el 2.9% y 2.3% para los tratamientos suplementados (TS) y control (CTRL), respectivamente. El consumo de los suplementos no sustituyó el CMS de la dieta base (*P. purpureum* + *Leucaena*), sino más bien, tuvo efecto aditivo.

Resultados similares sobre el CMS, al suplementar con sacarosa o almidones, han sido observados en diversos trabajos (Ordoñez-Tercero, 2002; Steinshamn *et al.*, 2006). Valdivia-Salgado (2006) y Arjona-Alcocer (2015) reportan que en vacas (*B. taurus x B. indicus*) consumiendo *Leucaena*, el CMS total incrementó, al ser suplementadas con azúcares o almidones en forma individual o combinados, sin encontrar diferencias debido a la fuente de carbohidrato. En este estudio, el 23% de la EM total consumida provino del suplemento, el aporte de energía de rápida disponibilidad como los azúcares, promueve un rápido y mayor crecimiento de la población microbiana, lo que mejora la digestibilidad de los alimentos favoreciendo el CMS (Preston y Leng, 1989).

Al respecto, Corrado-Cuevas (1991) explica que el aumento en el CMS total por efecto de la suplementación con pulido de arroz se debe principalmente a su alta tasa de pasaje (4.61 %/h y 7.35%/h por el tracto retículo-rumen y el tracto posterior, respectivamente) como consecuencia del pequeño tamaño de partícula que caracteriza a este subproducto, más que a su efecto sobre la función ruminal (e.g incremento de la actividad microbiana ruminal). Según Ferreiro *et al.* (1979), al menos el 50% del pulido arroz escapa a la degradación

ruminal, esto como consecuencia del pequeño tamaño de su partícula. Asimismo, se ha reportado que la tasa de degradabilidad real de la MS de la dieta base se deprime con el aumento del nivel de suplementación del pulido de arroz (Corrado-Cuevas, 1991).

En el presente estudio, los valores de producción de leche (7.14 kg/an/d) son aceptables, considerando que los niveles promedio de producción en ganado doble propósito en México son de 6-12 kg/an/d (Rojo-Rubio *et al.*, 2008). Los niveles de producción de leche fueron similares a los reportados por Ruiz-Gonzales (2013) (7.7 kg/an/d), con un nivel de inclusión de 45% de *Leucaena* en la dieta y suplementando con 2 kg/an/d de maíz molido.

En el presente estudio, el consumo de N fue similar para todos los tratamientos. Sin embargo, se pudo apreciar que el aumento en 34.8% en el consumo total de EM resultó en un incremento de 13% en la producción de leche, independientemente del tipo de carbohidrato o la combinación de ambas fuentes (almidón o azúcares). Sin embargo, la mejora de la producción de leche con el tratamiento Me fue de apenas 6.5%, y no presentó diferencia estadística en relación al CTRL. Con el tratamiento PA y PA/Me, el incremento en la producción de leche fue de 16.8% y 15.1%, respectivamente, en relación al CTRL.

El suministro de proteína microbiana y de precursores glucogénicos (propionato y aminoácidos) a la glándula mamaria, son determinantes para la síntesis de la leche y sus componentes (Chamberlain y Wilkinson, 2002). Ordoñez-Tercero (2002) y Valdivia-Salgado (2006), al evaluar el efecto de la suplementación con carbohidratos (sacarosa o almidón) en vacas alimentadas con *Leucaena* y *B. alicastrum*, encontraron aumentos en la síntesis de proteína microbiana y en la concentración total de AGV'S.

Los AGV'S proporcionan la energía necesaria para el crecimiento de la población microbiana ruminal y producción del animal (Calsamiglia *et al.*, 2010). Los carbohidratos solubles también aportan esqueletos carbonados con lo que los microorganismos ruminales sintetizan los aminoácidos (AA), a partir del N disponible en el rumen, permitiendo mayor volumen de AA que fluyen hacia la glándula mamaria (Leng, 1990).

El rendimiento de leche corregida por contenido de grasa a 4% no fue afectada por la suplementación, lo que se puede asociar con la mayor concentración de grasa en la leche del tratamiento CTRL, como resultado de la menor producción de leche en este tratamiento.

Debido a la diferencia en la fermentación del almidón del pulido de arroz, en comparación con los azúcares de la melaza, se esperarían diferencias en los productos resultantes de la fermentación ruminal. La melaza es de rápida fermentación y de disponibilidad netamente ruminal (Preston y Leng. 1989), mientras que el pulido de arroz por su alto contenido de almidón (27-32%) y tamaño de partícula pequeño; tiene una degradación ruminal de un 50%, por ello se considera de mediano aprovechamiento a nivel ruminal (Ferreiro *et al.*, 1979).

Los diferentes sustratos (sacarosa, almidón) afectan distintamente el patrón de fermentación ruminal, principalmente la relación acetato:propionato. Baurhoo y Mustafá (2014) evaluaron diferentes niveles de suplementación con melaza en vacas consumiendo alfalfa, y encontraron un aumento de la concentración de acetato y de la proporción acetato:propionato por efecto de la suplementación. Por otra parte Corrado-Cuevas (1991), señala que la suplementación con pulido de arroz aumenta significativamente la concentración total de AGV'S, pero que no modifica la proporción acetato:propionato. Esto denota que el almidón del pulido de arroz sólo afecta ligeramente la fermentación ruminal.

El 82% del CMS total en los tratamientos con suplementación se compone de forraje, a diferencia en el tratamiento CTRL fue el 100% de la dieta. Dietas ricas en forrajes (fibra) estimulan el aumento en la proporción molar de acetato (McDonald *et al.*, 2011). Los triglicéridos constituyentes de la grasa en la leche, se sintetizan en la glándula mamaria a partir del acetato absorbido en el rumen. Por tanto la concentración de grasa en la leche está influenciada por la concentración ruminal de acetato y su flujo a la glándula mamaria (Chamberlain y Wilkinson, 2002).

En varios estudios similares al presente, realizados en el trópico con vacas cruzadas alimentadas con follaje de *Leucaena* y suplementadas con una fuente energética (sacarosa o almidón), no se han encontrado cambios en la concentración de proteína cruda, lactosa o sólidos no grasos en la leche (Peniche-González, 2009; Ruiz-González, 2013). Arjona-Alcocer (2015), no encontró efecto en la composición de la leche, al suplementar con melaza y pulido de arroz por separado, en vacas con 45% de inclusión de *Leucaena* en la dieta base. Por su parte Jiménez-Ferrer *et al.* (2015) y Mendieta-Araica *et al.* (2011), tampoco reportan efecto de la suplementación con melaza sobre la composición de la leche

de vaca en dietas que incluyen otras especies forrajera (*Erythrina poeppigiana* y *Moringa oleifera*, respectivamente).

Las concentraciones de NUS pueden ser usadas como indicador de la eficiencia de captura del N en el rumen, porque está asociado directamente con las concentraciones de amonio ruminal (Olmos y Broderick, 2006).

Los valores de la concentración de NUS en el Cuadro 5 muestran claramente el efecto de la suplementación energética sobre el aprovechamiento del N en el rumen. Esto concuerda con otros estudios que reportan una reducción en las concentraciones de NUS en vacas de ordeña, por efecto de la suplementación con fuentes de almidón y azúcares por separado o combinadas (Gehman *et al.*, 2006; Keim y Anrique, 2011)

Los valores en la concentración de NUS son menores a los encontrados por Arjona-Alcocer *et al.* (2015) en el tratamiento Control y con suplementación (18.7 mg/dl y 14.63 mg/dl, respectivamente), con un menor efecto en la captura de N ruminal de 21.7% en los tratamientos en los que suplementó melaza y pulido de arroz. Sin embargo, es pertinente aclarar que en este estudio se incorporó un 45% de Leucaena en la dieta total. En relación a lo reportado por Ruiz-González (2013) que ofreció Leucaena a 30% de inclusión de MS total y un menor consumo total de PC 0.921 kg/an/d MS, los valores de NUS fue levemente mayores (11.18 mg/dl).

La suplementación con pulido de arroz presentó un aumento de 6.5% y 6.8% en la concentración de NUS en relación a los tratamientos Me y PA/Me, respectivamente. Lo que denota la ausencia de un efecto claro en la función ruminal del almidón del pulido de arroz.

En la Figura 1, se puede apreciar una reducción significativa de los niveles de NUS por efecto de la suplementación energética. Evidenciado por el incremento de tendencia lineal en los niveles de NUS en el tratamiento CTRL en los diferentes tiempos. Contrario a la reducción de los niveles de NUS en los distintos tiempo post-prandial (a excepción de la 3h para Me) entre los tratamientos con suplementación, esto fue indistintamente la fuente o la combinación de estos, presentando similar patrón de comportamiento post-prandial. Resultados similares encontró Gehman *et al.* (2006) al evaluar distintos tipos de carbohidratos (pectinas y sacarosa) de más rápida fermentación ruminal que el almidón,

donde las fuentes combinadas con sacarosa y pectinas, presentaron niveles más bajos de NUS en el primer tiempo post-prandial (4 h).

Conclusiones.

La suplementación energética independiente del tipo de carbohidrato utilizado (sacarosa o almidón) mejoró la eficiencia de uso del N ruminal, en vacas alimentadas con 30% de follaje de *L. leucocephala*. La suplementación con melaza sola no tuvo efecto significativo sobre la producción de leche, pero el pulido de arroz solo o combinado con melaza, aumentó significativamente la producción de leche. La grasa de la leche fue el único componente afectado por la suplementación, siendo ésta menor en los tratamientos con pulido de arroz y con melaza, ambos por separado.

Referencias.

- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants: an advisory manual prepared by the AFRC technical committee on responses to nutrients. CAB International, Surrey, U.K.
- AOAC. 1980. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, 13th edn. Washington, D.C.
- Arjona-Alcocer, V.A. 2015. Evaluación de cuatro suplementos energéticos sobre el comportamiento productivo en vacas de doble propósito alimentadas con follaje de *Leucaena leucocephala* y *Pennisetum purpureum*. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Ayala, A., Honhold, N., Delgado, R., Magaña, J. 1992. A visual condition scoring scheme for *Bos indicus* and crossbred cattle. In: Anderson, S. and Wadsworth, J. (eds.). Dual purpose cattle production research. Proceedings of IFS/FMVZ-UADY international Workshop, Mérida, México, March pp 119-128.
- Bacab-Pérez, H. M., y Solorio-Sánchez, F. J. 2011. Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 13: 271-278.
- Baurhoo, B., & Mustafa, A. 2014. Short communication: Effects of molasses supplementation on performance of lactating cows fed high-alfalfa silage diets. Journal of Dairy Science. 97: 1072-1076.
- Cáceres, O., & González, E. 2012. Valor nutritivo de follaje de árboles y arbustos tropicales. IV. *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. Pastos y Forrajes. 21: 3.
- Calsamiglia, S., Ferret, A., Reynolds, C., Kristensen, N., van Vuuren, A. 2010. Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. Anim. 4: 1184-1196.

- Cardenas, G D., Newbold, C. J., Galbraith, H., Topps, J. H., Chen, X. B. and Rooke, J. A. 1993. Rice polishing as an alternative to sugar cane molasses as a supplement with urea to low-quality forage diets for ruminants. *Animal Production*. 56: 85-92.
- Chamberlain, A.T., Wilkinson, J.M. 2002. Alimentación de la vaca lechera. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 86-87
- Corrado-Cuevas, L.H. 1991. Efecto de cuatro niveles de pulidura de arroz sobre la producción de vacas en pastoreo suplementadas con forraje de Poro (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook). Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Elliott, R., Ferreiro, H.M., Priego, A and Preston, T.R. 1977. Rice polishing as a supplement in sugar cane diets: the quantities of starch (α -linked glucose polymers) entering the proximal duodenum. 3: 30-35.
- Ferreiro, H.M., Elliott, R., and Preston, T.R., 1979. The effect of energy rich feed supplements on the availability of nutrients in the duodenum of cattle fed sugar cane. 4: 248-254.
- Gehman, A. M., Bertrand, J. A., Jenkins, T. C., & Pinkerton, B. W. 2006. The effect of carbohydrate source on nitrogen capture in dairy cows on pasture. *Journal of dairy science*. 89: 2659-2667.
- INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. Anuario estadístico del Estado de Yucatán. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. México
- Jiménez-Ferrer, G., Mendoza-Martínez, G., Soto-Pinto, L. 2015. Evaluation of local energy sources in milk Production in a tropical silvopastoril sistema watt *Erythrina poeppigiana*. *Tropical Animal Health Production*. 47: 903-908.
- Keim, J. P., & Anrique, R. 2011. Nutritional strategies to improve nitrogen use efficiency by grazing dairy cows. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71: 623.

- Ku, V.J.C., Ramirez, A.L., Jiménez, F.G., Alayna, J.A. y Ramirez, C.L. 1999. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. Producción y Sanidad Animal. FAO. Roma, Italia. Pp. 161-180.
- Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilización of 'poor-quality' forages by ruminants particular y Ender tropical condiciones. Nutrition resear reviews. 3, 277-303.
- Mahecha, L., Zoot, M.S. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria. 15: 226-231.
- McDonald P, Edwards R.A., Greenhalgh J.FD., Morgan, C.A. 2011. Animal nutrition. Seven Editions. Ed. Prentice Hall Upper Saddle, NJ USA. 406-410.
- Mendieta-Araica, B., Spörndly, R., Reyes-Sánchez, N., and Spörndly, E. 2011. Moringa (*Moringa oleifera*) leaf meal as a source of protein in locally produced concentrates for dairy cows fed low protein diets in tropical areas, Livestock Science, 137: 10–17.
- Monforte, J. M., Arjona, G. R., y González, J. M. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. Bioline International, 14: 105-114.
- Olmos, J.J.C. and Broderick, C.A. 2006. Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows. Journal Dairy Science. 89: 1704-1712.
- Ordoñez-Tercero, J.C. 2002. Efecto de la suplementación energética y el patrón de alimentación sobre el aporte de nitrógeno microbial al duodeno, en vacas alimentadas a base de forraje tropical. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Peniche-Gonzales, I.N. 2009. Comportamiento productivo de vacas de doble propósito en pastoreo con o sin acceso a una asociación de *Leucaena leucocephala* y *Cynodon nlemfuensis*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Yucatán. México.

- Poppi, D. P., & S. McLENNAN. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.* 73: 278-290.
- Preston, T. R., and Leng, R. A. 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Ed. Circulos impreso Ltda. Cali, Colombia. 42-45: 108-110.
- Rojo-Rubio, R., Vázquez-Armijo, J. F., Pérez-Hernández, P., Mendoza-Martínez, G. D., Salem, A. Z. M., Albarrán-Portillo, B., & Gutierrez-Cedillo, J. G. 2009. Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical animal health and production.* 41: 715-721.
- Ruiz-Gonzales, J. 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, Yucatán, México.
- SAS. 2013. SAS/STAT. User's Guide, (Sas Institute, Cary, NC, USA).
- Steinshamn, H., Höglind, M., Garmo, T. H., Thuen, E., & Brenøe, U. T. 2006. Reed nitrogen conversion in lactating dairy cows on pasture as affected by concentrate supplementation. *Animal feed science and technology.* 131: 25-41.
- Valdivia-Gonzales, V. 2006. Metabolismo del nitrógeno y función ruminal en vacas cruzadas *Bos Taurus x B. indicus* en un sistema silvopastoril con *Leucaena leucocephala*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Van Soest, P.J. Robertson, J.B. Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science.* 74: 3583-3597.