Implementación de un sistema de pastoreo rotacional intensivo con suplementación de precisión para la producción de leche con vacas Jersey

Diego Alfonso Mitre Jarquin

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2015

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA

Implementación de un sistema de pastoreo rotacional intensivo con suplementación de precisión para la producción de leche con vacas Jersey

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Diego Alfonso Mitre Jarquin

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2015

Implementación de un sistema de pastoreo rotacional intensivo con suplementación de precisión para la producción de leche con vacas Jersey

Presentado por:

Diego Alfonso Mitre Jarquin

Aprobado:

_____
Isidro A. Matamoros, Ph.D.
Asesor principal

_____
John Jairo Hincapié, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

_____
Héctor Cuestas, Ing. Agr.
Asesor

_____
Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

_____
Kenia David, Ing Agr.
Asesora

_____
Guillermo Zelaya, Ing Agr.
Asesor

Implementación de un sistema de pastoreo rotacional intensivo con suplementación de precisión para la producción de leche con vacas Jersey.

Diego Alfonso Mitre Jarquin

Resumen: El estudio evaluó la producción de leche bajo un sistema de pastoreo rotacional intensivo (PRI) con eficiencias pastoriles >70% en pasto Mulato II y Cayman bajo condiciones del trópico. El estudio duro 63 días entre mayo y junio de 2015 con una temperatura media de 25 °C utilizando 20 vacas Jersey. Antes del estudio, las vacas presentaron una producción de leche promedio de 17.2 kg/día, un peso vivo de 393 kg y una condición corporal de 2.74. Dos pasturas fueron ofrecidas *Brachiaria híbrido* (Mulato II y Cayman) + Ración Parcial Mezclada (pRTM) en tres ciclos pastoriles de 21 días (11 días Mulato II y 10 Cayman. En cada tratamiento se aforo la oferta del pasto y porcentaje de materia seca diariamente para la suplementación precisa de ensilaje. Se encontró un descenso en la producción de pasto de 3681 kg MS/ha a 1186 kg MS/ha y un descenso de consumo de materia seca de pasto por animal de 9.2 kg MS a 2.51 kg MS con una carga animal de 14 U.A/ha. La producción de ECM medida diariamente se mantuvo a 17.5 kg/vaca. Con las mejores ofertas de pasto los costos de producción disminuyeron un 27% siendo estos $0.27/litro en contra $0.37/litro con las menores ofertas de pasto.

Palabras clave. *Brachiaria híbrido* Cayman, Mulato II, Ración Parcial Mezclada (pRTM).

Abstract. The study was conducted to evaluate milk production under managed intensive rotational grazing (MIRG) with grazing efficiency >70% with *Brachiaria híbrido* Cayman and Mulato II under tropical conditions. The 63-day study was conducted between May and June 2015 with a mean temperature of 25 °C using 20 Jersey cows. Before the study, the cows averaged 17.2 kg / day of milk yield, a live weight of 393 kg (± 40 kg) and body condition of 2.74. Two pastures were offered *Brachiaria híbrido* (Mulato II and Cayman) + Partial Mixed Ration in 3 rotational grazing cycles of 21 days (11 days for Mulato II and 10 for Cayman). In each treatment pasture allowance was measured daily in fresh and dry matter (DM) for accurate silage supplementation. A decrease in pasture production was observed from 3681 kg DM /ha to 1186 kg DM /ha and a decrease in dry matter intake of pasture per animal from 9.2 kg DM to 2.51 kg DM with a stocking rate of 14 animals per hectare. The production of energy corrected milk (ECM) measured daily was maintained at 17.5 kg / cow. Feeding costs were reduced substantially (27%) $0.27/ liter with the highest pasture allowance per cow (>8.5 kg DM/cow) and $0.37/liter with allowance per cow <1.5 kg DM/cow.

Key words. *Brachiaria híbrido,* Cayman, Mulato II,), partial mixed ration (pTMR)

CONTENIDO

Portadilla ii
Página de firmas iii
Resumen v
Contenido iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos vi

1. INTRODUCCIÓN 1
2. MATERIALES Y MÉTODOS 4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 9
4. CONCLUSIONES 18
5. RECOMENDACIONES 19
6. LITERATURA CITADA 20

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros Página

1. Ingredientes del concentrado. 4
2. Composición química y nutricional del concentrado en base seca. 5
3. Composición química, en base seca, en pasto Mulato II y Cayman. 5
4. Costos de ingredientes de ración en base materia fresca por kilogramo 8
5. Oferta de materia fresca de pasto Mulato II y Cayman por hectárea, % de materia seca (% MS) de pasto y oferta de materia seca de pasto por hectárea durante ciclos de pastoreo. 9
6. Consumo de materia seca de pasto Mulato II y Cayman por vaca y producción de leche corregida por energía (ECM) de los 3 ciclo de pastoreo. 11
7. Condición corporal (1-5), peso vivo inicial y final (kg) de los ciclos de pastoreo. 12
8. Consumo se materia seca de pasto, consumo de materia seca de ensilaje, consumo de materia seca total, producción de leche corregida por energía (ECM), eficiencia alimenticia, índice de temperatura y humedad relativa (ITH) durante tres ciclos de pastoreo. 13
9. Niveles de estrés calórico y su impacto en pérdidas de leche por hora. 15

Figuras Página

1. Oferta de materia seca por hectárea de pasto y producción de leche ECM (kg por vaca). 15
2. Producción de leche ECM por vaca (kg/vaca) e Índice de temperatura y humedad relativa (ITH) con 2 días de retraso 16
3. Costo por litro de leche (ECM) en relación al consumo de materia seca de pasto por vaca 17
4. Litros libres con leche corregida por energía en relación al % de forraje provenientes de pasto. 17

1. INTRODUCCIÓN

La producción de leche basada en pastoreo se define como la operación donde la fuente primaria de alimentación son pastos, dichos sistemas se categorizan dentro de "Pastoreo rotacional intensivo" y "Sistemas de alimentación semi-estabulado". Los sistemas de pastoreo rotacional intensivo utilizan las pasturas como principal fuente de alimentación en el invierno y se categorizan por sus altas eficiencias pastoriles superando el 50%, mientras que las operaciones de alimentación mezcladas obtienen parte de su base forrajera de pasto, pero dependen mayormente de forrajes conservados (Taylor 2006). La mayorías de tecnologías y avances en la producción de rumiantes se enfocan en incrementar la productividad con el objetivo de generar mayor utilidad, sin embargo el pastoreo rotacional intensivo (PRI) se enfoca en producir a menos costos la unidad de leche (Hanson 1998).

El uso de sistemas pastoriles en vacas lecheras resulta en bajos costos de alimentación debido a que el pastoreo es una las fuentes más baratas de alimentación (Clark y Kanneganti 1998). Sistemas basados en pastoreo son caracterizados por su alta productividad lechera por unidad de tierra, mientras que los sistemas estabulados basados en ensilajes y concentrados se caracterizan por alta producciones por animal. Los costos de alimentación, maquinaria y mano de obra pueden ser reducidos substancialmente con pastoreo. Estudios en Wisconsin han demostrado que en sistemas de pastoreo produciendo un 7% menos de leche las ganancias netas por vaca incrementaron $67 en comparación a sistemas de confinamiento (Kriegl y Weigel 1999).

El uso de PRI en vacas lactantes presenta varios desafíos tanto para nutricionistas como productores, las variaciones de la calidad nutricional de los pastos varían grandemente según la época del año **(**Bargo *et al*. 2002). Sin embargo, la calidad nutricional de pasturas bien manejadas y de alta calidad presenta mayores niveles nutricionales de proteína cruda total (PC) y menor contenido fibra neutro detergente (FND), el cual se acentúa cuando se compara con los mismos forrajes cosechados como ensilaje o heno. En los sistemas pastoriles se tiene menor control sobre los componentes nutricionales de la ración forrajera lo cual reduce la consistencia de la dieta día a día y se refleja en mayores fluctuaciones de producción pero esto no implica que no se pueda obtener producciones altas y homogéneas con dicho sistema. Estas fluctuaciones nutricionales y composición de las pasturas crean la necesidad de monitorear la calidad nutricional de las pasturas frecuentemente, para ajustar las dietas (Lamborn 2014).

La capacidad productiva bajo PRI con forrajes tropicales fertilizados y bien manejados sin una suplementación no supera los 14 kg/vaca/día, con capacidades de cargas de 4 a 7 U.A/ha, durante el invierno. Estas limitantes se deben al alto contenido de fibra y baja digestibilidad (60 a 65%) aun que presenten altas concentraciones de proteína cruda (14-16%) (Durante 2006).

En la actualidad las operaciones lecheras están sufriendo escasos márgenes de utilidad lo cual ha intensificado la búsqueda de eficiencia. Al mismo tiempo, los productores tienen que tomar en cuenta las normas de calidad y demanda de los consumidores, tales como la calidad de leche, la transmisión zoonótica de enfermedades, bienestar animal, y un impacto ambiental aceptable de la producción ganadera (Berckmans 2003). La suplementación de precisión es una tecnología que permite al ganadero balancear raciones diarias supliendo al animal o grupos de animales, sus requerimientos a totalidad para maximiza el potencial productivo de los animales.

La energía es la limitante más importante en la nutrición de vacas al pastoreo debido a su valor nutricional bajo. Además vacas en pastoreo requiere más energía para mantenimiento debido a su actividad física al caminar a potreros. La suplementación es una práctica rentable siempre y cuando se mantenga en proporciones bajas. Suplementar ensilajes es requerido para suplir el déficit productivo y nutricional de las pasturas, especialmente en vacas de alta producción. El ensilaje de maíz a sido la opción por excelencia de suplementación de energía metabolizable (ME) en sistemas pastoriles intensivos debido a su bajo costo y practicidad (Kolver *et al*. 2001).

Además, de los incentivos económicos y productivos relacionados al pastoreo, estudios realizados por (Bela *et al*. 1995) indican que sistemas pastoriles favorecen el desempeño reproductivo, salud de ubre y calidad de leche. Se encontró que vacas en dichos sistemas tenían menos incidencia de mastitis clínica y subclínica y una mejor salud en general en comparación a grupos confinados (Golfberg 1992). Sin embargo, ciertos ensayos encontraron que vacas alimentadas con pastos tendían a sufrir mayores pérdida de condición corporal durante la lactancia (Parker y Muller 1993).

El género *Brachiaria* pertenece a la familia *Gramineae* y son forrajes de clima cálido originario de África. Son mayormente especies anuales y perenes y usados extensamente como pasturas (Roche *et al*. 1990). Las *Brachiaria* son probablemente el forraje más utilizado en América tropical ocupando alrededor de 80 millones de hectáreas en Sudamérica (Boddey *et al*. 2004) y alrededor de 35 millones de hectáreas en Brasil (Miles *et al*. 1996). El creciente uso de las *Brachiarias* ha generado la necesidad de elaborar cultivares mejorados con mejores características agronómicas, una mayor adaptación y resistencia a diversos factores abióticos (anegamiento y sequia), ataques de hongos y plagas y simultáneamente seleccionando para mayor producción de biomasa y mejor calidad nutricional (Vendramini *et al*. 2014).

El pasto Cv. Mulato II (*Bracharia hibrido* CIAT 36087) es una alternativa novedosa para mejorar la productividad en sistemas semi-intensivos de carne y leche. Es el producto de tres generaciones de cruces entre *Brachiaria ruziziensis* , *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha.* Se recomienda para regiones que poseen suelos de fertilidad media a baja, periodos de sequía prolongados, altas temperaturas y elevada humedad relativa y principalmente donde haya riesgo de ataques severos de varias especies de salivazo (Palacios 2011). Nutricionalmente el Cv. Mulato II contiene 11-16% de proteina cruda (CP) y 55-60% nutrientes total digestibles (TDN) (Vendramini *et al*. 2014).

El pasto Cayman (*Bracharia hibrido* CIAT BR02/1752) proviene de generaciones de híbridos desarrollados por la CIAT. El Cayman fue desarrollado en respuesta a la alta prevalencia de humedad e inundaciones en las praderas tropicales. El Cayman tiene un crecimiento macollado y una alta capacidad de desarrollo de estolones. En Condiciones de humedad, el Cayman cambia su habito de crecimiento y desarrolla altos números de tallos decumbentes con capacidad de enraizamiento en los nódulos (CIAT 2011).

En este estudio se evaluó la productividad de leche en pastoreo rotacional intensivo con pastos Cayman y Mulato II con suplementación de precisión y alimentos balanceados, los objetivos de este estudio fueron determinar la capacidad de rebrote de los híbridos Mulato II y Cayman en un sistema pastoril intensivo en 21 días de corte y eficiencia de pastoreo >70%, el impacto del pastoreo intensivo reflejado en condición corporal y peso vivo de los animales, los costos de producción de leche con pasto en comparación a sistemas de confinamiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio. El estudio se realizó entre mayo y agosto de 2015 en la unidad de ganado lechero de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Valle del Yeguare, Francisco Morazán, Honduras a 30 km de Tegucigalpa. Latitud 14° norte y longitud 80° oeste, con altitud de 800msnm, una temperatura media de 25°C precipitación media mensual durante el estudio de 58mm.

Criterios de inclusión para los animales. Se utilizaron 20 vacas Jersey de lactancia temprana a tardía (media 149 días en leche); promedio de producción de 16.5 ± 3.5 litros/día, condición corporal >2.75, ausencia de historial patológico y problemas reproductivos. Todos los animales provinieron de las mismas condiciones de manejo y alimentación. A cada vaca se le analizaron los datos históricos de producción provenientes de pesas semanales de su dos últimas lactancias.

Tratamientos. Se realizó dos tratamientos de pasto, *Brachiaria híbrido* Mulato II y *Brachiaria híbrido* Cayman + Ración Total Mezclada con 20 vacas Jersey. Dos grupos producción; producción alta 16.5 a 20 Lts/día y producción media 13 a 16.5 lts/día con suplemento 0.4kg de MS concentrado/litro y 0.58 kg de MS concentrado/litro para alta y baja respectivamente. La base forrajera fue de 9.5kg/animal proveniente de ensilaje y pasto. Para los tratamientos *Brachiaria híbrido* Mulato II y *Brachiaria hibrido* Cayman se realizó 3 rotaciones pastoriles con 11 y 10 parcelas en cada pasto, respectivamente para un total de 33 y 30 repeticiones para Mulato II y Cayman, respectivamente.

Cuadro 1. Ingredientes del concentrado.

Ingredientes	**Porcentaje (%)**
Melaza	5.30
Maíz Molido	65.00
Harina de Soya	20.00
Oxido de Magnesio	0.20
Levadura	0.12
Rumensin 80	0.02
Urea	0.33
Sal Blanca	0.67
Nutriplex	1.00
Carbonato Calcio	1.00
Grasa de Paso	3.70
Bicarbonato Sodio	2.70

Cuadro 2. Composición química y nutricional del concentrado en base seca.

Variable	Cantidad
CP (%MS)	18.13
ENL (Mcal/lb)	0.87
NDT (%MS)	82.81
FND (%MS)	6.78
Almidones (%MS)	48.29
Lípidos (%MS)	6.32
Ceniza (%MS)	9.45
Ca (%MS)	1.12
P (%MS)	0.49
Mg (%MS)	0.38
K (%MS)	0.87
Na (%MS)	1.16
Cl (%MS)	0.63
S (%MS)	0.23
Co (ppm)	1.30
Cu (ppm)	43.42
Fe (ppm)	32.16
I (ppm)	3.26
Mn (ppm)	74.17
Se (ppm)	0.81
Zn (ppm)	151.97
Vitamina A (KIU/lb)	10.86
Vitamina D (KIU/lb)	2.39
Vitamina E (IU/lb)	21.71

ENL : Energía neta de lactancia
NDT : Nutrientes digeribles totales
FND : Fibra neutro detergente

Cuadro 3. Composición química, en base seca, en pasto Mulato II y Cayman.

Composición Química	Concentración %	
	Mulato II	Cayman
Materia seca	24.00	23.00
Proteína cruda	19.97	17.03
Extracto etero	3.52	2.68
Fibra Neutro Detergente (FND)	58.79	57.71
Fibra Acido Detergente (FAD)	29.42	31.30

(Jaramillo y Rodríguez 2014)

Metodología. Haciendo uso de 1.44 ha, situadas contiguo a las instalaciones principales del módulo de ganado lechero; el área se dividido inicialmente en dos lotes de pasto; Mulato II y Cayman de 0.76 ha y 0.69 ha respectivamente. Dichas áreas fueron geo referenciadas con un GPS Gramin eTrex 30x y posteriormente subdividas en 11 y 10 gavetas para Mulato II y Cayman respectivamente con un área promedio efectiva de 615m2 en el hibrido Mulato II y 629 m2 en el hibrido Cayman. Se manejó dos grupos de animales Jersey (P1 y P2) en una rotación pastoril de 21 días, un día de utilización y 20 días de descanso

Variables medidas

Biomasa disponible (kg/m^2). cortado a 10 cm del suelo utilizando el método de cosecha (Wilm y Costello 1944) antes del pastoreo.

Materia seca (MS) (%). es la diferencia del peso inicial y el peso final del pasto o ensilaje, luego de ser expuesta a deshidratación por el método de microondas. (Schuman y Rauzi 1981)

Dichos datos se utilizaron para calcular la disponibilidad de MS proveniente de las pasturas y suplementar en comedero lo restante de la ración con ensilaje. Todos los animales deben de consumir como mínimo 9.5 Kg/MS/día de base forrajera (pasto + ensilaje).

Peso Vivo (kg). al inicio de cada rotación pastoril se tomó el peso vivo de los animales en la mañana antes suplementación utilizando una balanza Weigh Scale W310 electrónica para ganado.

La condición corporal (Escala 1 a 5). se midió al inicio del estudio y final de cada rotación. Es un indicador de la cantidad de reservas energéticas almacenadas de las vacas el cual nos sirve para evaluar el potencial productivo, estadio nutricional y salud de los animales y se mide por medio por apreciación visual y palpación.

Ración de ensilaje por vaca (kg). se medirá utilizando las variables anteriores; Biomasa disponible de pasturas, %MS de pasturas y ensilaje utilizando la formula siguiente.

$$\text{Aporte MS de Pasto} = (\text{Biomasa} * \%\text{MSP} * \text{EFP}) * \text{A} \quad [1]$$

$$\frac{(9 \qquad o)}{} \quad [2]$$

Aporte de materia seca de pasto es producto de la biomasa disponible del pasto multiplicado por MS del pasto (%MSP) multiplicado por la eficiencia pastoril (%EFP) deseada y el área (m^2 de pastoreo asignado por animal A). La ración de ensilaje (Kg/vaca/día) se calcula tomando en cuenta 9.5 Kg de MS como base forrajera menos el aporte del pasto. Esto se divide por el % de MS del ensilaje (MSE).

Biomasa rechazada pos pastoreó (kg/ha). es la cantidad rechazada presente en un área específica de 1 m2 cortada a 10cm de altura, luego de haber sido pastoreada.

Consumo de materia seca de pasto (kg/ha/día). es la diferencia entre el consumo de materia fresca inicial y el rechazo pos pastoreo multiplicado por el porcentaje de materia seca aportado por el pasto.

Consumo MS de Pasto = (Oferta Biomasa*%MSp)-(Rechazo Biomasa* %MSp) [3]

Producción diaria de leche (kg/vaca). Se midió durante los ordeños A.M y P.M con el sistema de ordeño mecanizado de ganado lechero. Dichos datos fueron tomados para cada animal ordeñados simultáneamente.

Grasa y proteína de leche (%). Es la cantidad de grasa y proteína presente en la leche en base a peso. Durante el ordeño se tomaron muestras de leche por animal utilizando el sistema de muestreo del ordeño mecanizado, 4 veces por ciclo pastoril. De las muestras se analizó el porcentaje de grasa y porcentaje de proteína con un Lactómetro Lactomaster (Analizador ultrasónico de leche).

Leche corregida por energía (ECM 3.5%). Expresa la cantidad de energía en la leche expresada en base al peso de la leche, grasa y proteína estandarizada a 3.5% de grasa y 3.2% de proteína. Se calcula mediante la fórmula utilizada por (Shirley 2006):

ECM 3.5% = (12.82*kg grasa) + (7.13*kg Proteína) + (0.323*kg leche) [4]

Eficiencia alimenticia (EA) (kg). La eficiencia alimenticia puede ser expresada de varias formas. En estudio el EA fue expresado como leche corregida por energía (ECM) divido por CMS (kg) (Shirley 2006).

$$\frac{(kg)}{(kg)} \qquad [5]$$

Datos meteorológicos. Temperatura media, mínima y máxima (°C), humedad relativa (%HR) e irradiación solar fueron recolectados con la estación meteorológica de la Escuela Agrícola Panamericana cada media hora durante todo el estudio.

Índice de temperatura y humedad (ITH). es una medida que correlaciona temperatura de bulbo seco con humedad relativa (HR). Desarrollada para evaluar las condiciones en cual las vacas empiezan a mostrar síntomas de estrés calórico. Se calculó partir de los datos meteorológicos utilizando la fórmula utilizada por (Collier *et al*. 1991).

ITH= (1.8xT+32) - ((0.55-0.0055xHR) x (1.8xT-26)) [6]

T = Temperatura de bulbo seco en °C.
HR = % Humedad relativa en decimal.

Costo por litro de leche. El costo por litro de leche fue calculado diariamente con la dieta del día anterior utilizando los costos y la formula siguientes:

Cuadro 4: Costos de ingredientes de ración en base materia fresca por kilogramo

Ingrediente	Costo
Ensilaje	$0.05
Pasto	$0.01
Concentrado	$0.50

Costo de litro leche = (Costo de alimentación/día) / Producción de leche diaria (litro) [7]

Diseño Experimental. Se utilizó diseño completo al azar con medidas repetidas en el tiempo. Donde existieron 2 tratamientos los cuales están representados por 11 parcelas para Mulato II y 10 parcelas para Cayman; en un sistema rotacional intensivo donde se ofrecieron 29.5 m^2 y 30m^2 por animal por día para pasto Mulato II y pasto Cayman, respectivamente. Se utilizaron un total de 20 vacas seleccionadas en base a producción donde 10 eran consideradas vacas de alta producción y 10 de media producción. A lo largo de la rotación los consumos de forraje y la producción de leche fueron evaluadas con las mismas vacas (Auto apareó) en 11 días de rotación para pasto Mulato II y 10 días para pasto Cayman; durante un total de 3 periodos de rotación para cada uno de los pastos. Se realizó un análisis de varianza utilizando la prueba "T" con un nivel de probabilidad≤0.05.Además,exigida se realizaron análisis de correlación y en ambos casos se utilizó el Statistical Analisis System (SAS 2013).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de biomasa (Materia Fresca). En el cuadro 5, se presenta los datos de la oferta de materia fresca por hectárea. La producción de biomasa fue extrapolada a kilogramos de materia seca por hectárea utilizando los datos de aforos kg MF/ m^2. Las diferencias entre la producción de forraje Mulato II y Cayman fue significativa (P<0.05) para el periodo 2. Estos datos están por debajo a lo reportado por Angel *et al.* (2007) publicado por la CIAT quien desarrollo de este hibrido y reporto que el Mulato II tiene la capacidad de producir 20,000 kg MF/corte a 30 días sin embargo Jaramillo Vargas y Rodríguez Poveda (2014) obtuvieron 34600 kg MF/ha y 30700 kg MF/ha en estas mismas parcelas. Estas diferencias se atribuyen a la baja precipitación del año 2015 el cual fue significativamente inferior a los datos históricos y los del año anterior, la incidencia de plagas defoliadoras como *Lepidóptera noctuidae* y el sobre pastoreo

Cuadro 5: Oferta de materia fresca de pasto Mulato II y Cayman por hectárea, % de materia seca (% MS) de pasto y oferta de materia seca de pasto por hectárea durante ciclos de pastoreo.

Ciclo	Pasto	Oferta MF/ha (kg)	Materia Seca %	Oferta MS/ha (kg)
	Mulato II	17030 ± 2074a	21	3681 ± 514a
1	Cayman	16190 ± 2421a	19	3134 ± 490b
		0.4158		0.0253
	Probabilidad			
	CV	0.13		0.147
	Mulato II	22060 ± 7833a	19	3564 ± 1164a
2	Cayman	9712 ± 6118b	16	1773 ± 951b
	Probabilidad	0.022		0.0029
	CV	0.49		0.431
	Mulato II	8391 ± 4877a	21	1765 ± 1038a
3	Cayman	5686 ± 1397a	20	1186 ± 298a
	Probabilidad	0.1064		0.1082
	CV	0.41		0.419

Letras a y b dentro la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05)

CV : Coeficiente de variación
MF : Materia Fresca
MS : Materia Seca

Producción de materia seca (kg MS/ha). Las diferencias en producción de MS/ha en el cuadro 5 fue significativa (P<0.05) en todos los ciclos. Mulato II tuvo una mayor producción de materia seca en todos los ciclo, esto coincide con datos publicado por Vendramini *et al*. (2014) el cual mostro que el Mulato II presento mayores producciones que el Cayman en diversos ensayos. Sin embargo la producción de materia seca fue menor en comparación a lo mencionado anteriormente. Vendramini *et al.* (2014) encontraron una producción de 4800 kg MS/ha en Mulato II y 3000 kg MS/ha en Cayman cortado a 30 días. Jaramillo Vargas y Rodríguez Poveda (2014) publicaron 8304 kg MS/ha y 7061 kg MS/ha para Mulato II y Cayman respectivamente cortado a 23 días.

Consumo de materia seca de pasto por animal. En el cuadro 6 se presentan los datos de consumo de materia seca de pasto por animal (CMSP). Se encontró diferencias (P<0.05) entre los pastos Mulato II y Cayman en los ciclos 2 y 3. El consumo en ciclo 2 fue superior 6.26 ± 3.45 kg en Mulato II 2.95 ± 2.02 kg en Cayman. En el ciclo 3 fue 1.83 ± 1.26 kg en Mulato II y 3.19 ± 0.97 kg en Cayman. Dichos datos están directamente correlacionados con las ofertas materia fresca de los pastos en cada ciclo. Sin embargo, en el ciclo 1 no se encontró diferencia en el consumo, eso se atribuye a que los animales suplieron su requisito forrajero de 9.5 kg MS/vaca/día según la dieta balanceada. Para los periodos 1,2 y 3 se encontraron diferencias (P<0.05) Mulato II presentó ofertas de 3681 ± 514 kg MS/ha, 3564 ± 1164 kg MS/ha y 1765 ± 1038 kg MS/ha, respectivamente. La caída de producción de MS en ciclo 3 se atribuye al sobre pastoreo, deficiencias hídricas e infestación *Mocis latipes*. Según Angel *et al.* (2007) el rebrote de un pasto es directamente afectado por la cantidad de follaje restante después del pastoreo, la cantidad de reservas presente en las raíces y los recursos hídricos. Esto explica el descenso de producción ya que mantuvo eficiencias pastoriles >80% durante el estudio, lo cual afectó las reservas del forraje.

Cuadro 6. Consumo de materia seca de pasto Mulato II y Cayman por vaca y producción de leche corregida por energía (ECM) de los 3 ciclo de pastoreo.

Ciclo	Pasto	Consumo MS Pasto/ Vaca (kg)	kg (ECM) vaca/día
	Mulato II	9.98 ± 1.14a	17.8 ± 0.80a
	Cayman	8.43 ± 1.05a	17.5 ± 1.88a
1			
	Probabilidad	0.81	0.1085
	CV	0.119	0.072
	Mulato II	6.26 ± 3.45a	16.96 ± 0.66a
	Cayman	2.95 ± 2.02b	17.49 ± 0.22b
2			
	Probabilidad	0.022	0.037
	CV	0.615	0.004
	Mulato II	1.83 ± 1.26a	17.10 ± 0.76a
	Cayman	3.19 ± 0.97b	17.63 ± 0.38a
3			
	Probabilidad	0.0294	0.108
	CV	0.49	0.03

Letras a y b dentro la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05)
ECM : Leche corregida por energía
MS: Materia seca

Producción de leche corregida por energía (ECM 3.5%). Es la media de producción de leche durante el pastoreo de cada tratamiento expresado en kilogramo. No hubo diferencias significativas (P<0.05) entre los pastos en los ciclos 1 y 3 vistas en el cuadro 6. Las diferencias en producción de leche corregida por energía ECM (por sus siglas en inglés) dentro del mismo ciclo fueron diferentes (Pr<0.05) en el ciclo 2 el cual fue de 16.96 ± 0.66 kg y 17.49 ± 0.22 en pasto Mulato II y Cayman respectivamente. Esto se atribuye factores climáticos los cuales serán discutidos posteriormente. El descenso gradual de producción durante el estudio es por efecto de la media de días en leche el cual al inicio del estudio fue 149 días y al final 191.

Peso vivo (PV) y condición corporal (CC). En el cuadro 7 se presentan los datos de peso vivo y condición corporal. No hubo diferencias en el peso vivo y condición corporal (CP) de animales entre los ciclos de pastoreo. Al inicio del estudio el peso medio de los 20 animales fue de 394 ± 40 kg y al final de los tres ciclos fue de 392 ± 44 kg , 397.15 ± 47 kg y 385 ± 44 kg, respectivamente. Esto difiere de los datos de Parker y Muller (1993) quienes encontraron perdidas de peso vivo >9% y 0.5 puntos de perdida de CC durante la lactancia en vacas en pastoreo. Del ciclo 3 se encontró un descenso marcado de peso vivo (12 kg) lo cual se atribuye a la disminución de consumo de materia seca total (CMST) en Mulato II.

No hubo diferencias substanciales la CC, la ligera diferencia de 0.06 puntos de CP no es significativa ya que el CP es una variable medida por apreciación visual y se tolera un error de ± 0.25 entre mediciones. La ausencia de pérdidas importantes de PV y CC en este estudio se atribuye a un buen manejo nutricional y una muy baja incidencia de enfermadas.

Cuadro 7. Condición corporal (1-5), peso vivo inicial y final (kg) de los ciclos de pastoreo.

Variable	Ciclo		
	1	2	3
Peso Inicial (kg)	394 ± 40	392 ± 45	397 ± 47
Peso Final (kg)	392 ± 44	397.15 ± 47	385 ± 44
CV (%)	10.7	11.6	11.5
Condición Corporal	2.74 ± 0.36	2.69 ± 0.40	2.68 ± 0.38
CV (%)	13.1	14.8	14.17

CV : Coeficiente de variación
Letras a y b dentro la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05)

Consumo MS pasto por animal. En el cuadro 8 se presentan los datos de consumo de materia seca de pasto por animal. Se encontró diferencias en consumo entre los pastos y entre los ciclos debido al descenso de producción de biomasa de las pasturas. El consumo fue superior en el Mulato II en el ciclo 1 y 2. Sin embargo, cuando las ofertas fueron superiores a los requisitos forrajeros de los animales, el consumo fue mayor en Mulato II lo cual indicaría que este es más palatable y apetecido por los animales.

Consumo MS total (CMST). Se encontró diferencias (P <0.05) en el CMST en el ciclo 1 y 3 (Cuadro 8). En el ciclo uno 17.32 (± 0.8) kg/vaca y 16.23 (± 0.5) kg/vaca para Mulato II y Cayman, respectivamente. En este ciclo los consumos fueron superior al requisito forrajero de 9.5 kg pastoreando en Mulato II. En el ciclo 3 el CMST fue afectado debido a un rechazo de las pasturas por extensas lluvias y ataque de plagas defoliadoras.

Producción de leche corregida por energía (ECM). No se encontró diferencia (P <0.05) en producción de leche corregida por energía entre los pastos en el ciclo 1 y 3 vistas en el cuadro 8 sin embargo se encontraron diferencias en CMSP, CMSE y CMST esto indicaría que la suplementación de precisión suplió los requisitos energéticos. La ausencia de ganancias o pérdidas importantes de condición corporal o peso vivo discutidos anteriormente comprueban esto.

Para el ciclo dos hubo diferencias significativas (P<0.05)en la producción de leche (ECM) entre los pastos a pesar de que no hubo diferencia significativas en CMST lo cual indica que otras variables como el índice de temperatura y humedad relativa influyo (ITH).

Se encontró diferencias (P <0.05) en producción de leche (ECM) entre los pastos en el ciclo 2 a pesar de que no existió diferencia en el CMST, esto indica que el índice de temperatura y humedad relativa influyó y será discutido en el siguiente inciso.

Cuadro 8. Consumo se materia seca de pasto, consumo de materia seca de ensilaje, consumo de materia seca total, producción de leche corregida por energía (ECM), eficiencia alimenticia, índice de temperatura y humedad relativa (ITH) durante tres ciclos de pastoreo.

Pasto	CMSP	CMSE	CMST	ECM	EA	ITH
Mulato II	9.98±1.14a	0.91±0.5a	17.32±0.8a	17.50±1.0a	1.01±0.07a	77.15±1.2a
Cayman	8.43±1.05b	1.40±1.2b	16.23±0.5b	17.80±0.4a	1.1±0.05b	75.80±1.5b
P	0.0054	0.032	0.0008	0.4	0.0061	
CV	0.11	0.72	0.038	0.04	0.057	0.0175

Pasto	CMSP	CMSE	CMST	ECM	EA	ITH
Mulato II	6.26±3.4a	2.30±1.1a	15.51±2.3a	16.96±0.7a	1.12±0.07a	75.74±0.6a
Cayman	2.95±2.0b	5.80±1.3b	15.25±1.2a	17.50±0.2a	1.15±0.09a	73.84±0.5b
P	0.029	0.0001	0.77	0.037	0.064	
CV	0.615	0.345	0.105	0.025	0.042	0.0067

Pasto	CMSP	CMSE	CMST	ECM	EA	ITH
Mulato II	1.8±1.3a	5.8±1.2a	14.00±0.8a	17.10±0.7a	1.23±0.1a	74.76±0.4a
Cayman	3.2±1.0b	6.5±0.28b	16.04±1.5b	17.63±0.7a	1.1±0.08b	75.73±0.5b
P	0.02	0.04	0.0003	0.1	0.006	
CV	0.51	0.12	0.07	0.04	0.07	0.0058

Letras a y b dentro la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05)
CMSP = Consumo materia seca pasto/vaca.
CMSE = Consumo materia seca ensilaje/vaca.
CMST = Consumo materia seca total/vaca
ECM = Leche corregida por energía/ vaca (kg)
EA = Eficiencia alimenticia.
ITH = Índice de temperatura y humedad relativa

Eficiencia alimenticia (EA). Existió diferencia (P <0.05) en eficiencia alimenticia en ciclo 1 y 3 siendo el pasto Cayman superior en el primer ciclo 1.1 ± 0.05 y 1.01 ± 0.07 en Mulato II.

En el tercer ciclo Mulato II fue superior en EA 1.23 ± 0.1 comparado con 1.1 ± 0.08 en Cayman pero el CMST fue inferior a los requisitos forrajeros para Mulato II en este ciclo los cual indicaría que utilizaron reservas corporales para la producción de leche y mejoro la EA. En los ciclos 1 y 3 hubo diferencias en el CMST entre los pastos. Sin embargo, el CMS de ensilaje fue superior (P<0.05) aproximadamente 1.5 veces más nutricionalmente denso que el pasto fue superior en el Cayman. Esto explicaría porque la eficiencia alimenticia fue superior en el Cayman en el primer ciclo sin embargo estos datos no son concluyente debido a otras variables como el índice de temperatura y humedad relativa (ITH) influyeron.

La eficiencia alimenticia en sistemas pastoriles con baja suplementación de concentrados es de 1 – 1.2 (Parker y Muller 1993). Los tres ciclos estuvieron dentro de este rango óptimo ligeramente sobrepasándose en el ciclo tres 1.23 ± 0.1 en el Mulato II. Eficiencias alimenticias superiores a 1.2 en sistemas como este indicaría que los animales están en balance energético negativo el cual se ve reflejado en una disminución de peso vivo, condición corporal y desempeño reproductivo (Little 2012).

Índice de Temperatura y Humedad relativa (ITH). El índice de temperatura y humedad relativa incorpora los efectos de la temperatura ambiente y humedad relativa en un índice (NOAA, 1976). Kribler y Brody (1976) demostró que mediante incrementos de temperatura y humedad relativa el mecanismo de enfriamiento de los bovinos cambiaban de métodos no evaporativos (convención) a evaporativos (sudoración y jadeo). Estos mecanismos evaportivos incrementan los requerimientos de mantenimiento de los animales el cual se refleja bajas en producción (West *et al*. 2003).

Se encontró diferencias (P<0.05) en el ITH en todos los ciclos entre los pastos siendo este superior en ciclo 1 y mas importante en el ciclo 2 durante el pastoreo del Mulato II y superior en el ciclo 3 durante el pastoreo del Cayman. Se vio una diferencia de 1.91 puntos de ITH en el segundo ciclo (Superior en Mulato II). Esto tuvo efectos (P<0.05) en la producción de leche corregida por energía (ECM) del segundo ciclo el cual fue 16.96 ± 0.7 kg/vaca y 17.50 ± 0.2 kg/vaca en Mulato II y Cayman, respectivamente, una diferencia de 1.46 kg de ECM.

En la figura 1 se denota las fluctuaciones de producción de materia seca por hectárea (kg MS/ha) que se vieron durante el estudio, correlacionada con producción de leche corregida por energía ECM. La producción máxima de biomasa fue de 5000 kg MS/ha y mínima 480 kg MS/ha. A pesar de estas fluctuaciones se logró mantener la media producción de leche (ECM) estable a 17.49 ± 0.54 kg ECM/vaca, esto indica que la suplementación de ensilaje fue precisa ya que las fluctuaciones de ofertas de pastos fueron suplementadas con ensilaje. Las ligeras fluctuaciones en producción de leche ECM saliéndose de las desviación estándar son explicadas por variables ambientales como el índice de temperatura y humedad relativa (ITH).

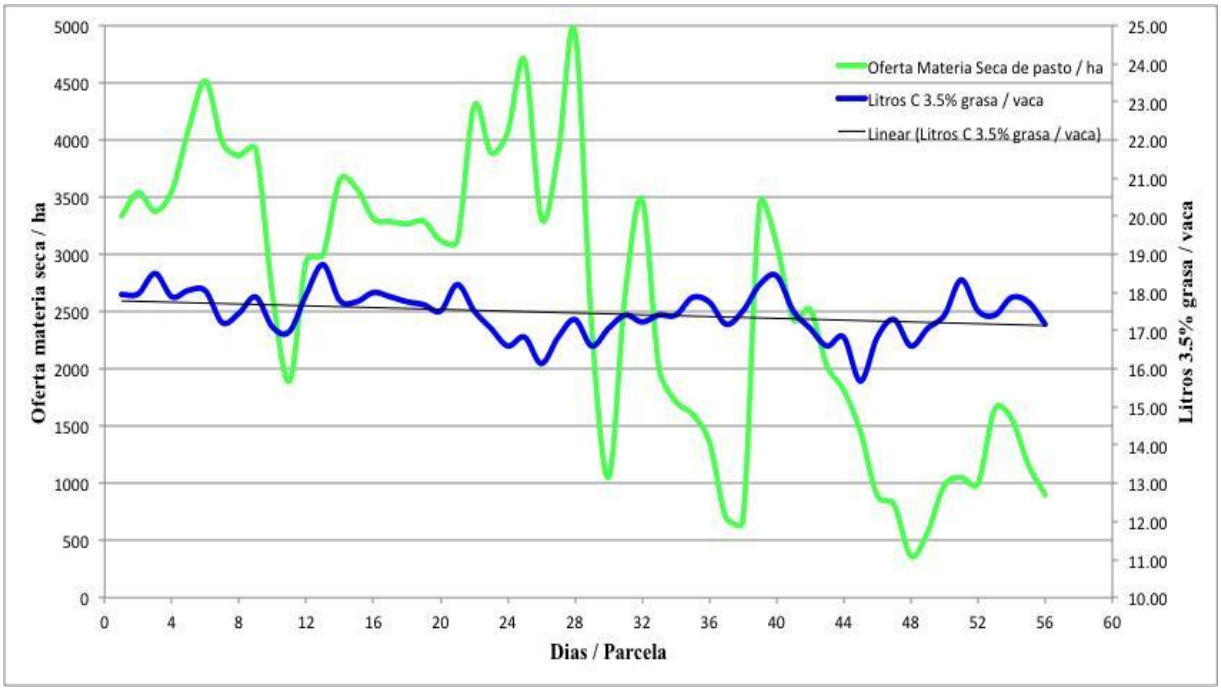

Figura 1. Oferta de materia seca por hectárea de pasto y producción de leche ECM (kg por vaca).

El índice de temperatura y humedad relativa ITHs >68 tiene diversas repercusiones en el bovino. El estrés calórico empieza a partir de ITHs >68. La mayor correlación es vista con un retraso de ITH con la producción de leche de 2 días (West *et al*. 2003). Se correlaciono el cambio de producción de leche de la media (ECM) con ITH y el cambio del ITH de la media (ITH) y se encontró una correlación de 0.38 ($P<0.05$) para ECM con ITH y 0.43 ($P<0.05$) para ECM con ITH. Denotado en la figura 2, todo los puntos de inflexión fueron inversos para ITH y ECM. Esto indica que el ITH tiene un impacto importante en la producción leche.

Cuadro 9: Niveles de estrés calórico y su impacto en pérdidas de leche por hora.

Niveles de estrés calórico	T°	H (%)	Perdidas de leche (Kg/hora)
Inicio de estrés ITH (68-71)	22°C,	50% HR	0.283 kg/h
Estrés Moderado ITH (72-79)	25°C,	50% HR	0.303 kg/h
Estrés Moderado - Severo ITH (80-89)	30°C,	50% HR	0.322 kg/h

T°: grados centígrados (St. Pierre *et al*. 2003) Traducido
HR: Humedad relativa

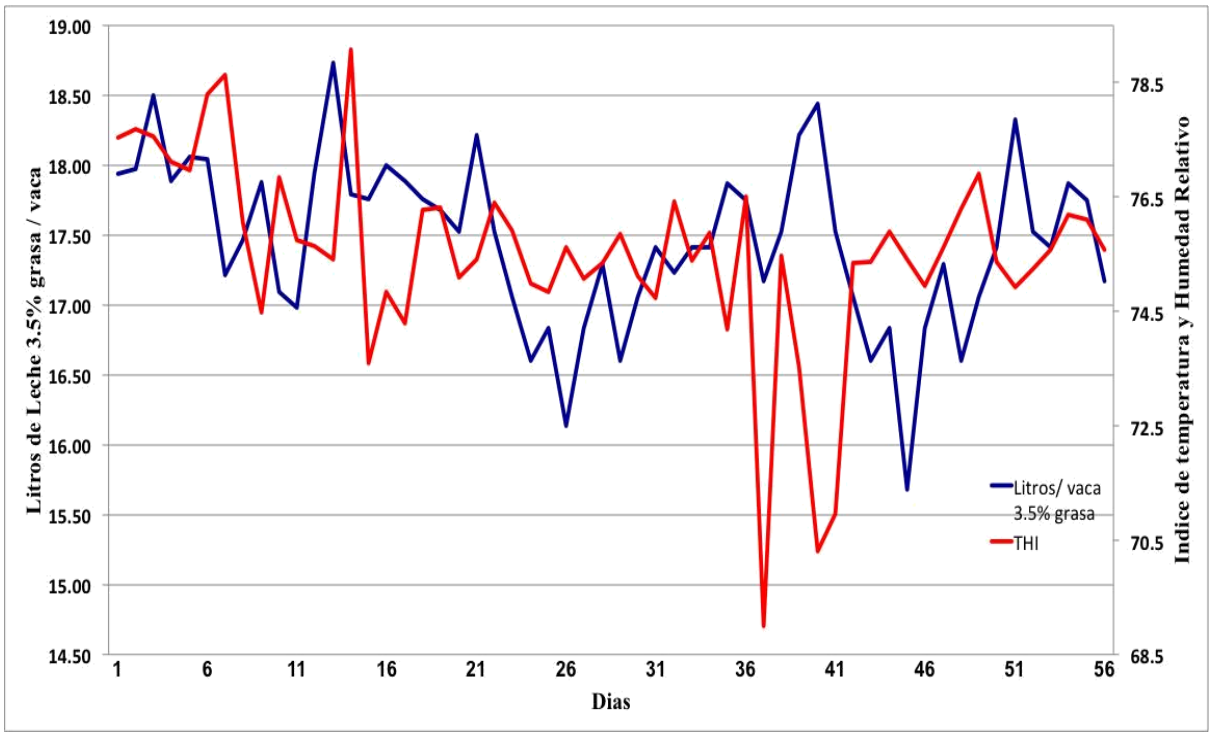

Figura 2. Producción de leche ECM por vaca (kg/vaca) e Índice de temperatura y humedad relativa (ITH) con 2 días de retraso

El costo por litro de leche es una conversión directa de kilogramo de leche a litro (1:1). Los costos de alimentación fueron correlacionados con la producción de leche con 1 día de retraso. Se encontró un descenso importante el costo de litro de leche de 27% entre los mejores consumos de pasto (> 8.5 kg MS/vaca) y los menores consumos (< 1.5 kg MS/vaca) expresada en la figura 3. También se encontró un incremento en los litros libre el cual va en relación directa con los costos por litro, a medida que incremento el pasto en ración forrajera (kg/kg) expresada en porcentaje. Una comportamiento rectilíneo fue expresado en la Figura 4 en el rendimiento de litros libres al incrementar aporte de pasto. Esto se debe a que el pasto es un forraje de menor costo, 80% más barato que el ensilaje.

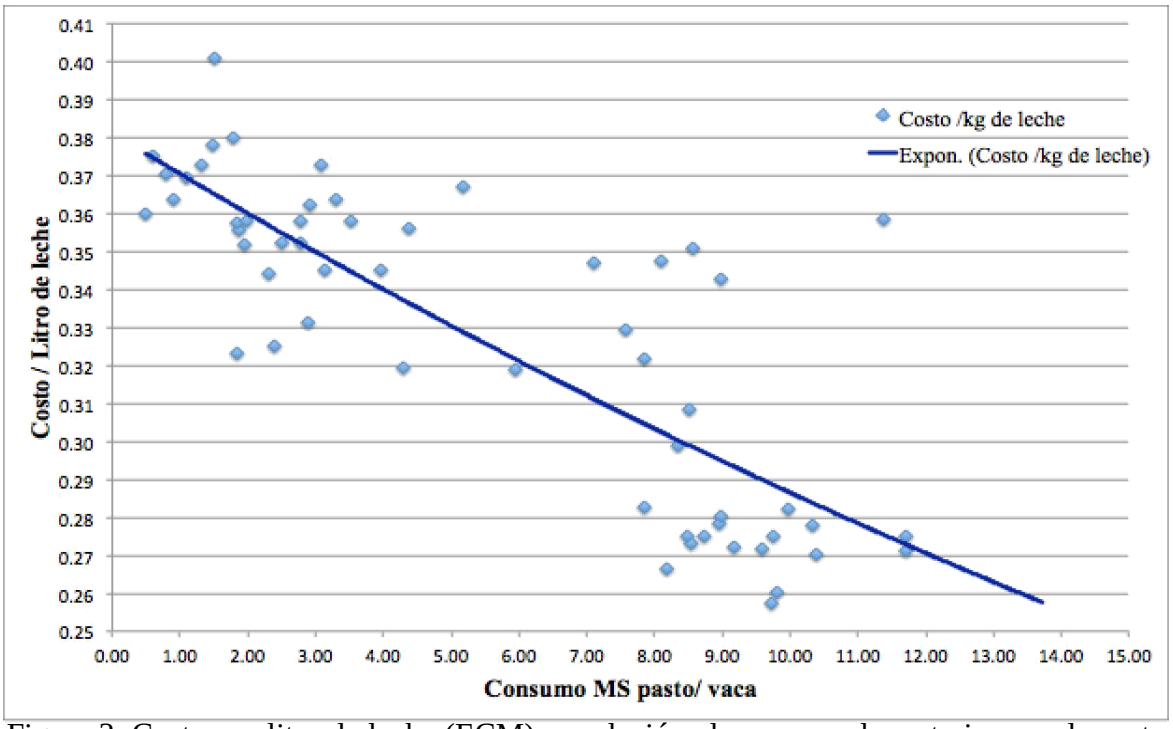

Figura 3. Costo por litro de leche (ECM) en relación al consumo de materia seca de pasto por vaca

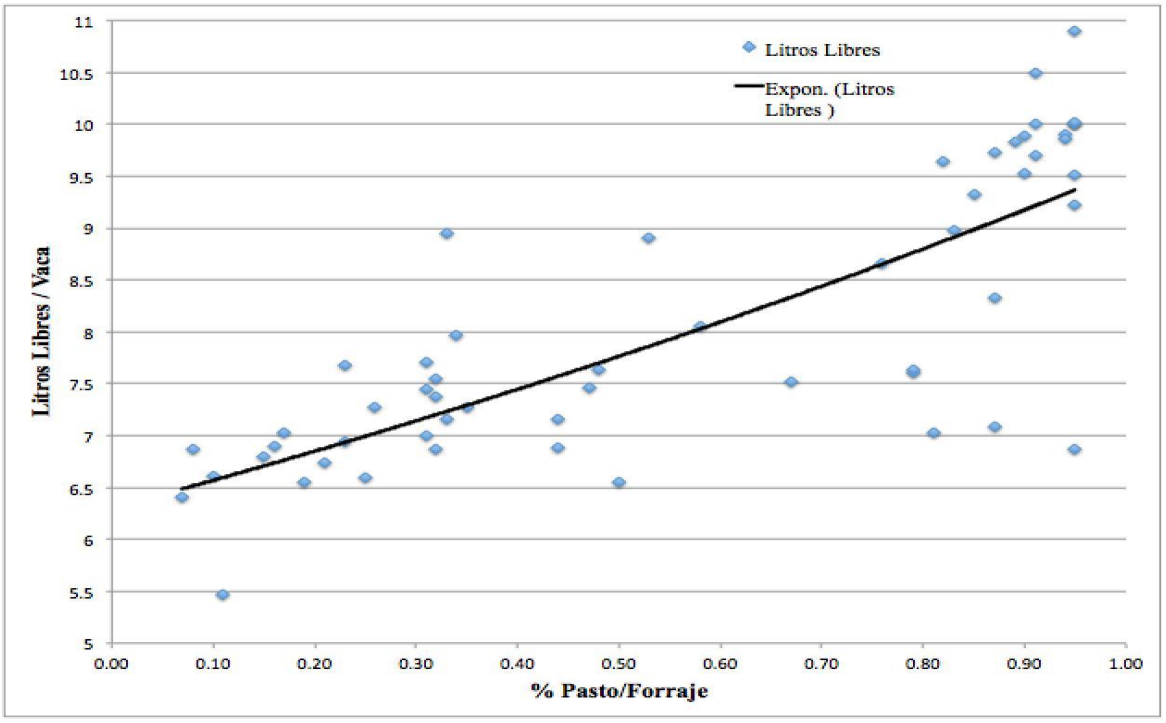

Figura 4: Litros libres con leche corregida por energía en relación al % de forraje provenientes de pasto.

4. CONCLUSIONES

- El hibrido Mulato II es superior en producción de materia seca por hectárea al Cayman, sin embargo no se encontró diferencias en producción de leche en ellos.
- La suplementación de precisión es una práctica de fácil implementación que logra mantener la producción de leche estable a pesar de fluctuaciones en ofertas de pasturas.
- No se encontró disminuciones importantes en peso vivo o condición corporal en pastoreo con suplementación de precisión.
- Las variaciones climáticas e ITH diarias tienen un impacto significativo en la producción de leche en sistemas pastoriles.
- El pastoreo rotacional intensivo con suplementación de precisión presenta hasta un 27% en reducción de costos de alimentación.

5. RECOMENDACIONES

- Implementar técnicas de suplementación de precisión en el establo para optimizar el uso de las pasturas y reducir los costos de alimentación.
- Realizar estudios similares en sistemas silvopastoriles para evaluar los niveles mitigación del estrés calórico y cambios en eficiencia alimenticia
- Realizar estudios similares en otra época del año con menos incidencia de estrés calórico.
- Implementar prácticas de mitigación del estrés calórico en el establo.

6. LITERATURA CITADA

Angel, P., W. Miles, J. Guiot., H. Cuadrado. y C. Lascano. 2007. Cultivar Mulato II (*Brachaiaria hybrido* CIAT 36087): A high quality forage grass, resistant to splitbugs and adapted to well drained, acid soils. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali, Colombia.

Bargo, F., L. Muller, J. Delahoy. y T. Cassidy. 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. Pennsylvania State University. Department of Dairy and Animal Sciences. Journal of Dairy Sciences Association. 85:1777–1792.

Bela, B., G. Nagy. y I. Vinczeffy. 1995. The influence of grazing on milk production and productive lifetime. Debrecen Agrricultural University, Department of Animal Breeding and Nutrition.

Berckmans, D. 2003. Precision livestock farming research. Keynote lecture at the first European Conference on Precision Livestock Farming. Berlin, Alemania.

Boddey, R., R. Macedo, R.M. Tarre, E. Ferreira., C. de Oliveira, C. Renzende, R.B. Cantarutti, J.M. Periera, B.J.R. Alves, S. Urquiaga. 2004. Nutrient cycling of *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. Agricultural Ecosystems and Environment. 103: 389-403.

CIAT. 2011. Tropical seeds. Revisado 9 de Julio de 2015 de http://www.tropseeds.com/es/cayman/.

Clark, D. A., y V. R. Kanneganti. 1998. Grazing management systems for dairy cattle. Grass for Dairy Cattle. p 331.

Collier, R., L. Hall, S. Rungruang, y R. Zimbleman. 1991. Quantifying Heat Stress and Its Impact on Metabolism and Performance. Department of Animal Sciences. University of Arizona.

Durante, V. 2006. Sistemas intensivos de producción de leche basados en recuersos alimenticios tropicales. Tesis Postgrado en Nutrición Animal, Universidad Federal de Viçosa, MG, Brasil.

Golfberg, J. J. 1992. The influence of intensively managed rotational grazing, traditional continuous grazing, and confinement housing on bulk tank milk quality and udder health. Journal Dairy Science. 7:96-104

Hanson, G. D. 1998. Increasing Intensity of Pasture Use with Dairy Cattle: An Economic Analysis. Journal of Production Agronomy

Jarramillo Vargas, B. y S, Rodriguez Poveda. 2014. Efecto de la estrategia de pastoreo sobre el consumo por vaca, consumo por hectárea, carga animal, desempeño productivo y la respuesta de vacas lactantes Jersey al nivel de suplementación en pasturas tropicales. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agricola Panamericana.

Kolver, E.S., J. Roche, D. Miller. y R. Densley. 2001. Maize Silage for Dairy Cows. New Zealand Grassland Association, 63:195-201.

Kibler, H. y S. Brody. 1953. Environmental physiology and shelter engineering. XXII. Influence of humidity on heat exchange and body temperature regulation in Jersey, Holstein, Brahman and Brown Swiss cattle. Missouri Agricultural Exposition.

Kriegl, T. y Weigel, K. 1999. Genetic Analysis of Dairy Cattle Production Traits in a Management Intensive Rotational Grazing Environment. Universidad de Wisconsin, Dairy Science. Wisconsin: Journal of Dairy Science. 82:191–195

Lamborn, M. 2014. Feeding Corn Silage to Pasture-Based Dairy Cattle. DFA Grazing. Dairy Farmer of America.

Little, S. 2012. Feed Conversion Efficiency: A key measure of feeding system performance on your farm. Grains2Milk. Dairy Australia.

Miles, J., B. Maass. y C. Borges. 1996. Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement. Centro International de Agricultura Tropical (CIAT), p43-52.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 1976. Livestock hot weather stress. US Department of Commerce. National Weather Service Central Reg. Operations Manual C-31-76.

Palacios, E. H. 2011. Introducción del pasto Mulato II (*Brachiaria híbrido* ciat 36087) a la región San Martín, Perú . Asociacion Educativa Reformada del Alto Mayo (AERAM). Sitio Argentino de Produccion Animal.

Parker, W. y L. Muller. 1993. A survey of dairy farms in Pennsylvania using minimal or intensive pasture grazing systems. Professional Animal Scientist , 9:77–85.

Roche, R., J. Menéndez. y J. Hernández. 1990. Características morfológicas indispensables para la clasificación del género *Bachearía*. Pastos Forrajes, 13:205–222

Schuman, G. E. y F. Rauzi. 1981. Microwave Drying of Rangeland Forage Samples. Journal of Range Management , 34:426-428.

Shirley, J.K. 2006. Industry Presentation: Feed efficiency is an important management tool for dairy producers. Kansas State University.

St. Pierre, N., Cobanov, B., Schnitkey, G., 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. Journal of Dairy Sciences. 86:52-77.
Taylor, J. 2006. Grazing in the Dairy State: Pasture Use in the Wisconsin Dairy Industry 1993– 2003. Madison: University of Wisconsin.

Vendramini, J., B. Sellers, L.E. Sollenberger. y M. Silveira. 2014. Mulato II (*Brachiaria sp.*) SS AGR 303. University of Florida/IFAS Extension.

Vendramini, J., L. Sollenberger, A. Soares, W. Silva, J. Sanchez, A. Valente., A. Aguiar. y M. Mullenix. 2014. Harvest frequency affects herbage accumulation and nutritive value of brachiaria grass hybrids in Florida. Tropical Grasslands. 2:197-206.

West, J., B. Mullinix, J. Bernard. 2003. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. Department of Animal & Dairy Science. University of Georgia. Journal of Dairy Science. 86:232-242.

Wilm, H. G. y D.F. Costello. 1944. Estimating forage yield by the double sampling method. American Society of Agronomy. 36:192-203.