

FOLLAJE DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA DE DOBLE PROPÓSITO

Ramírez Avilés, L¹; JC Ku Vera¹; JA Alayón Gamboa²

RESUMEN

El follaje de arbustivas y arbóreas tropicales representa una fuente importante de nutrimentos para el ganado bovino en pastoreo de gramíneas tropicales. La composición química, digestibilidad y consumo del follaje de arbustivas y arbóreas son generalmente satisfactorios para su aprovechamiento por los rumiantes, aportando proteína en el rumen que favorece una rápida disponibilidad de nitrógeno para el crecimiento microbiano. Sin embargo, la disponibilidad de energía en relación a la del nitrógeno en el rumen, parece ser una restricción para el uso eficiente del follaje. La incorporación del follaje de arbustivas y árboles forrajeros en la ración de rumiantes tiene el potencial para aumentar la producción animal en sistemas de doble propósito en los trópicos, ya que son una fuente importante de nutrimentos para el ganado que consume gramíneas bajo pastoreo.

Palabras clave: Follaje, arbustivas, arbóreas, bovinos doble propósito, trópico

ABSTRACT

Foliage of tropical trees and shrubs represents an important source of nutrients for cattle grazing tropical grasses. Chemical composition, digestibility and intake of foliage of shrubs and trees are generally satisfactory for their utilization by ruminants, supplying protein to the rumen that promotes a readily available nitrogen for microbial growth. However, energy availability relative to nitrogen in the rumen, seems to be a constraint to the efficient use of foliage. Incorporation of foliage of trees and shrubs in ruminant rations has the potential to increase animal production in dual-purpose systems in the tropics, since they are an important source of nutriments for livestock under grazing conditions.

Key words: Foliage, shrubs, trees, dual-purpose cattle, tropics

ANTECEDENTES

La ganadería bovina de doble propósito constituye uno de los sistemas de producción animal más importantes en las regiones tropicales de América Latina. Este sistema ha sido estudiado ampliamente desde varios puntos de vista, incluyendo el manejo del becerro. Uno de los grandes rubros que demanda una mayor atención lo constituye el aspecto nutricional, en particular a través del manejo de la biodiversidad vegetal, usando insumos locales o recursos que se producen en armonía con el ambiente. En este sentido, la diversidad de especies leñosas constituye una fuente importante de nutrimentos que ha demostrado tener un buen potencial tanto desde el punto de vista de la productividad animal como desde el punto de vista del mantenimiento y mejora del medio ambiente. No obstante, existen algunos aspectos que merecen atenderse con el fin de mejorar los índices de producción animal en la ganadería de doble propósito. De acuerdo con Botero (1992), en la evaluación de los sistemas de doble propósito es necesario tener en cuenta la cantidad y calidad de los recursos alimentarios utilizados, las condiciones climáticas adversas y la baja fertilidad de los suelos.

Otro factor es la competencia por las tierras fértiles para la producción de cultivos y los sistemas especializados de producción ganadera. Los sistemas de doble propósito, por lo general, se desarrollan en áreas marginales cuyos suelos son poco fértiles y donde se cultivan gramíneas sujetas a un manejo extensivo. Bajo estas condiciones, una de las principales limitantes de los sistemas de doble propósito es la alimentación, especialmente en aquellos sistemas de pastoreo de especies de bajo rendimiento y calidad. De acuerdo a Seré y Vaccaro (1985), la alimentación del ganado bovino de doble propósito en México ocurre bajo condiciones extensivas en las zonas tropicales principalmente y está basada en el pastoreo de especies de pastos naturales e introducidos, tales como *Paspalum spp.*, *Axonopus spp.*, Guinea (*Panicum maximum*), Estrella de Africa (*Cynodon nlemfuensis*), Buffel (*Cenchrus ciliaris*), Insurgente (*Brachiaria brizantha*), entre otros, o de corte como el Taiwán (*Pennisetum purpureum*), así como en el ramoneo del follaje de especies de árboles y arbustos presentes

¹ Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5. C.P. 97100 Mérida, Yucatán, México. Correo electrónico: raviles@uady.mx; Tel. +52 (999) 9 42 32 00 ext. 23. ² El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Campeche, México.
E-mail: jalayon@ecosur.mx

en el agostadero tales como: *Leucaena leucocephala*, *Bursera simaruba*, *Guazuma ulmifolia*, *Piscidia piscipula*, *Gliricidia sepium*, *Erythrina sp*, *Sponidas mombin*, entre otras especies.

La baja disponibilidad y calidad del forraje y los altos costos de los alimentos concentrados constituyen los principales problemas que enfrentan los pequeños productores de leche en el trópico (Shem et al., 2003). En respuesta a ello, en diversas regiones de América Latina se han evaluado especies de gramíneas y leguminosas con la intención de mejorar la disponibilidad de forraje durante el período seco. Entre las especies de gramíneas y leguminosas destacan: *Brachiaria decumbens*, *Andropogon gayanus*, *Centrosema pubesens*, *Cratylia argentea*, *Leucaena leucocephala*, *Pueraria phaseoloides* y *Stylosanthes guyanensis*. En México, se han introducido en años recientes especies de gramíneas forrajeras mejoradas, tales como *P. maximum* cvs. Tanzania y Mombasa, *Brachiaria* híbrido Mulato y *P. purpureum* CT-115 (Quero et al., 2007).

COMPOSICIÓN QUÍMICA

En las regiones tropicales existe variación en la disponibilidad y calidad del pasto a través del año debido en gran medida a la fluctuación en la precipitación pluvial. Por ejemplo, en el sur de México, existen tres estaciones del año: secas, lluvias y nortes. Durante la estación de secas generalmente está disponible pasto seco, el cual tiene una baja concentración de proteína cruda, una alta concentración de fibra detergente neutro (Cuadro 1), una baja digestibilidad aparente de la materia seca y como resultado de lo anterior, una baja concentración de energía metabolizable (EM; MJ/kg MS), dando lugar a un bajo consumo de materia seca, lo cual limita los niveles de producción animal que se pueden obtener en los sistemas ganaderos.

Cuadro 1 Concentración (%) materia seca (MS) de proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (FDN) en pastos de Yucatán, México durante la estación de secas (Mayo de 2007) (J. Magaña Monforte y J. Ku Vera, datos no publicados).

El Cuadro 1 muestra que la concentración de proteína cruda de los pastos en fincas comerciales durante la estación de secas es baja (<7.0%) lo cual representa una seria limitante para la eficiente fermentación

de la celulosa y hemicelulosa en el rumen, ya que las bacterias ruminales tendrán una deficiencia de nitrógeno de rápida disponibilidad para su mantenimiento y crecimiento, lo cual finalmente repercutirá negativamente sobre la degradación (Figura 1) y sobre el consumo de materia seca de los animales.

En estas condiciones, existe una fuerte restricción en la producción de carne y leche con ganado doble propósito manejado en sistemas de producción extensivas. Bajo tales condiciones, también la producción de ácidos grasos volátiles (i.e. acético, propiónico y butírico) derivados de la fermentación de la materia orgánica en el rumen será baja, comprometiendo el suministro de energía (ATP) de los animales en la pradera. En estas condiciones, existe una fuerte restricción en la producción de carne y leche con ganado doble propósito manejado en sistemas de producción extensivos, debido a la reducida cantidad de materia seca consumida diariamente y por la limitada fermentación ruminal del pasto conforme éste madura. La Figura 1 muestra que conforme la edad del pasto avanza, de 31 a 109 días, el potencial de degradación de la MS en el rumen se reduce.

Durante la estación de secas, al disminuir la calidad y la cantidad del pasto disponible para el ganado bovino, el consumo de materia seca se reduce. Aguilar (2007) encontró que el consumo de materia seca de *C. nlemfuensis* de vacas cruzadas en pastoreo fluctuaba entre el 1.8 y 2.4 % del peso vivo. Esta reducción en el consumo causa que las vacas no llenen sus requerimientos de energía metabolizable para el mantenimiento, lo cual conduce a un balance energético negativo y, por lo tanto, a pérdidas de peso y de condición corporal (reservas de grasa), afectándose también los procesos de absorción de metabolitos necesarios para la síntesis de leche durante la lactancia.

Pasto	MS	PC	FDN
Guinea (<i>Panicum maximum</i>)	85.9	3.2	77.7
Insurgente (<i>Brachiaria brizantha</i>)	35.4	6.6	70.1
Taiwán (<i>Pennisetum purpureum</i>)	35.5	5.4	77.9
Taiwán (<i>P. purpureum</i>)	59.1	4.5	71.9

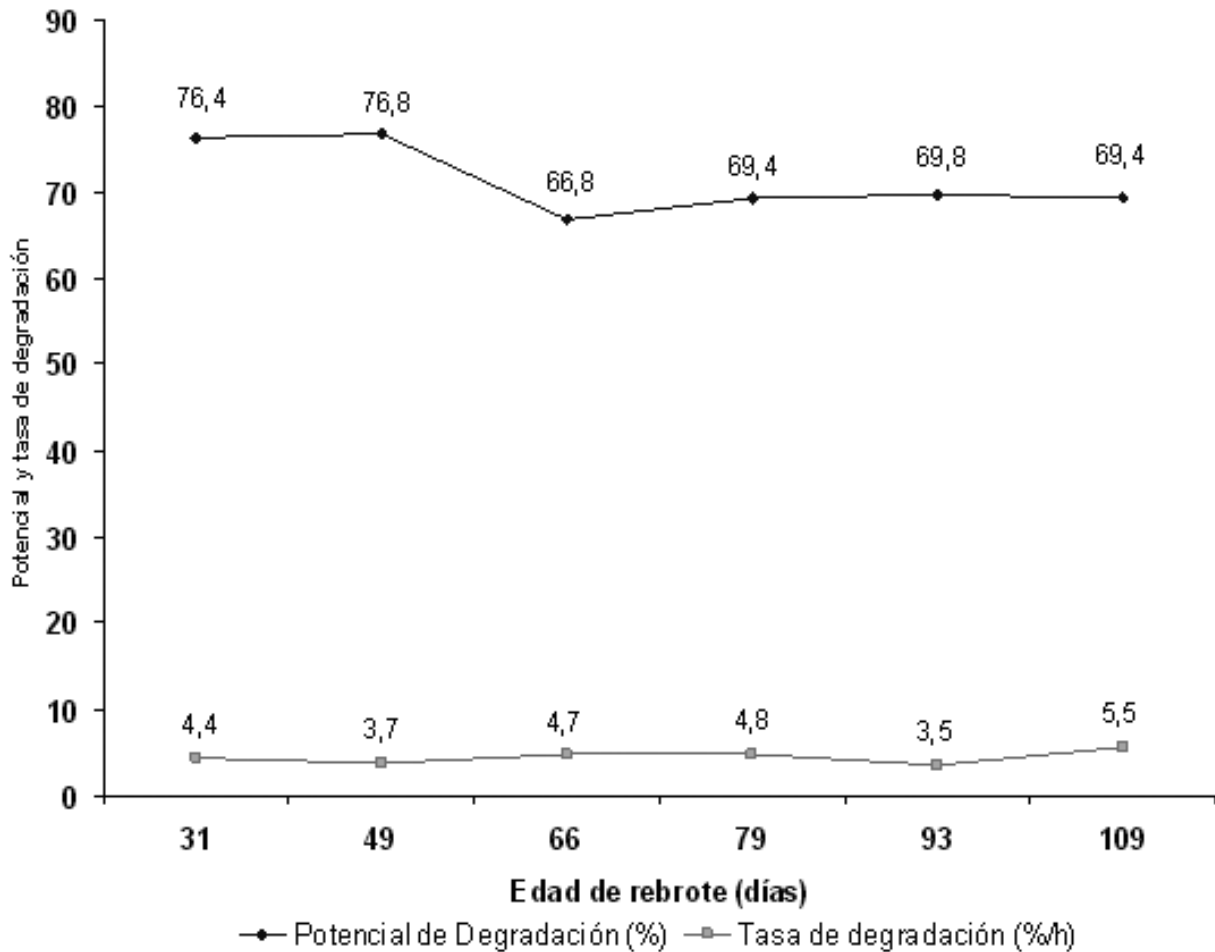


Figura 1. Efecto de la edad del rebrote sobre el potencial y tasa de degradación de la materia seca del pasto Guinea (*Panicum maximum*) cosechado durante la estación de secas de 1995 en Yucatán, México (L. Ramírez Avilés y J. Ku Vera, datos no publicados).

La lactancia es un estado fisiológico que demanda una cantidad considerable de nutrientes y precursores (ácido propiónico, NADPH) en diferentes tejidos y órganos de la vaca para la producción láctea. La gluconeogénesis a partir del ácido propiónico en el hígado, así como a partir de otros precursores (e.g. amino ácidos, glicerol) es un proceso de considerable importancia para la producción de leche por la vaca en lactación (Kristensen y Harmon, 2006).

SISTEMAS AGROFORESTALES EN LA GANADERÍA DE DOBLE PROPÓSITO

La práctica de conversión de bosques a pasturas está ampliamente difundida en Latinoamérica. La remoción de árboles ha estado siempre acompañada de erosión del suelo, caída en la productividad y de un eventual abandono del área. Únicamente en la Amazonía se encuentran entre 20 a 35 millones de has. de pasturas abandonadas. La deforestación constituye un problema ambiental serio en varias regiones de Latinoamérica, la cual han sido causada

por el desarrollo de las ganaderías y por las prácticas de agricultura de colonización.

Las prácticas agroforestales ofrecen potencialmente a los sistemas convencionales de producción de doble propósito opciones económicas y ambientales, a la vez que permiten reducir la dependencia de la compra de insumos, ya que a través del uso de follajes arbóreos es factible reducir el uso de alimentos concentrados y mejorar el entorno ecológico y la biodiversidad a través del establecimiento y manejo de especies arbóreas y arbustivas (Moyo y Veeman, 2004). La siembra y retención de especies arbóreas en pasturas puede mejorar su productividad y sostenibilidad, especialmente en regiones con secas estacionales, a través del incremento y reciclaje de nutrientes, el mejoramiento de la estructura del suelo, el aporte de follaje en la época seca y el uso de sombras para el ganado que podrían reducir el estrés calórico e incrementar el consumo de alimento. Los principales árboles forrajeros para la producción pecuaria son de mediana estatura y

producen además del follaje frutos o vainas. Los árboles aislados en pasturas han sido reconocidos también como elementos importantes en la copa fragmentada y por su contribuyen a la conservación de la biodiversidad (Guevara et al., 1998).

A pesar de todos los beneficios que ofrecen los arbustos y árboles, las opciones agroforestales no siempre son aceptadas por los productores de leche de gran escala, ya que la generación de ingresos de estos productores parece motivar la compra de alimentos comerciales, mientras que en el caso de los pequeños productores se tiende a utilizar con más frecuencia árboles forrajeros de usos múltiples (AFUM). Esta situación podría sugerir que aspectos agronómicos, de mano de obra o limitaciones de escala restringen el uso de los AFUM por los grandes productores de leche, así como la posibilidad que esté relacionado con los bajos rendimientos de follaje, con problemas de almacenamiento y/o por un efecto residual de la época de lluvias y la de secas (Moyo y Veeman, 2004). Estos aspectos requieren mayor investigación que ayude a definir una política que permita estimular el uso continuo de AFUM como suplementación proteica.

RENDIMIENTO DE LECHE

En las regiones tropicales el empleo de follajes arbóreos y arbustivos asociados en diferentes arreglos con las pasturas tienen una considerable contribución para la producción de leche en los sistemas de doble propósito (DP); sobretodo durante los períodos críticos del año. Se ha observado que, al final del período de sequía, en condiciones de trópico sub-húmedo, es posible sostener una cantidad significativa de leche vendible (por arriba del 20 %) con vacas de DP mantenidas en praderas con pastos nativos o mejorados asociados con árboles forrajeros a densidades moderadas en la pradera; mejorando al mismo tiempo la calidad del pasto que crece asociado y la fertilidad del suelo de la pradera (Yamamoto et al., 2007). Esto resalta el área de oportunidad que puede tener el sistema silvopastoril para la producción de leche en sistemas doble propósito, ya que es durante el período de sequía cuando los productores se ven en la necesidad de suplementar a sus animales con alimentos concentrados. Similar hallazgo reportó Ramírez en Colombia (1991).

Cuando se incorporó *Centrosema acutifolium* a la pradera de *B. decumbens* se incrementó en 24% la producción de leche durante toda la lactancia de vacas de doble propósito (Cuadro 2). Otros reportes (e.g. Hernández et al., 1994) señalan que es posible lograr niveles de producción de leche en un rango de 8.4 a 8.9 L/vaca/día mediante el empleo de la asociación de *Panicum maximum*, *Neonotonia*, *Centrosema*, *Stylosanthes* y *L. leucocephala*, bajo condiciones de temporal y sin la aplicación de fertilizantes. Este hecho

demuestra el elevado potencial de uso de mezclas de especies en las cuales el animal tiene libre acceso. En este mismo sentido en Yucatán, México, Bobadilla-Hernández et al. (2007) señalan que es posible obtener entre 5.5 y 5.9 kg/leche/vaca/día cuando se emplean diferentes combinaciones de *L. leucocephala*, *B. alicastrum* y *G. ulmifolia*. Otro sistema agroforestal con potencial en los sistemas de doble propósito es el de banco de proteína, en particular de *L. leucocephala* combinado con *P. maximum* fertilizado con 140 kg/ha/año de N; de esa forma, se registró una producción de leche de 10 L/vaca/día comparado con 9.6 L/vaca/día obtenida con sólo pasto.

Asimismo, cuando se adiciona follajes de leguminosas al suplemento comercial de vacas cruzadas (*B. taurus* x *B. indicus*) se pueden lograr incrementos significativos en su producción de leche y mejorar la ganancia de peso. En este sentido, la incorporación de 1.2 kg MS/día de follaje de *L. leucocephala* al suplemento de maíz y cascarilla de algodón, a vacas en su primer tercio de lactancia, puede lograr que la producción pase de 6.3 a 11.4 L/vaca/día; y la ganancia de peso de 38.2 a 190.9 g/vaca/día (Kakengi et al., 2001). Sin embargo, si se emplea *E. ppoepigiana* (1.6 kg MS) y *G. sepium* (1.6 kg MS) como parte del complemento de pulido de arroz y melaza en dietas de heno de *Hiparrhenia rufa*, se pueden lograr producciones de 7.3 a 7.4 kg de leche/vaca/día (Camero et al., 2001).

Adicionalmente, los follajes arbóreos también pueden contribuir en el mejoramiento de sólidos en la leche (Kakengi et al., 2001) y a pesar que este aspecto no se contempla en la comercialización, cubre un papel importante por la calidad del alimento ingerido por el becerro y su valor potencial como alimento funcional para la población humana que la consume; aunque este último aspecto es un área emergente de investigación y que puede dar ventajas comparativas para estos sistemas.

Cuadro 2. Parámetros de producción obtenida con sistemas DP en pasturas mejoradas solas o en asociación (Ramírez, 1991)

Parámetro	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>B. decumbens</i> + <i>Centrosema acutifolium</i>
Peso al nacimiento (kg)	31.3	31.0
Peso al destete (kg)	140.0	145.0
Duración de lactancia (días)	241	236
Producción de leche (kg/lactancia) ¹	550	680
Vacas en gestación al fin de la lactancia (%) ²	33	58

¹ Corregida por covarianza de producción acumulada en los tres primeros días; ² Con inseminación artificial.

ESPECIES LEÑOSAS FORRAJERAS CON POTENCIAL

Calidad nutricional

Los Cuadros 3 y 4 muestran la composición química y la cinética de la fermentación de la materia seca de un rango de follajes de árboles y arbustos disponibles en el Sur de México. Los estudios de composición química así como las pruebas de degradación ruminal del follaje de arbustivas representan algunas de las herramientas para decidir sobre su uso, dependiendo de su contenido de nutrimentos así como de su potencial de degradación ruminal.

La diversidad vegetal presente en el sur de México y que se comparte con muchas otras regiones tropicales, poseen en su follaje buenas cualidades nutritivas (Cuadro 3).

La mayoría de dichas especies constituyen fuentes potenciales de proteína y energía, y se caracterizan por mantener, aun en condiciones de escasez de agua, un elevado potencial de digestión ruminal (Cuadro 4), potenciando su utilidad en los períodos críticos de alimentación en los sistemas de DP basados en pastoreo de gramíneas nativas y mejoradas.

Cuadro 3. Composición química (%) del follaje de árboles y arbustos del Sur de México.

Especies arbóreas	Componente químicos			
	MO	PC	FDN	FDA
<i>B. alicastrum</i> ¹	90.4	15.7	37.5	28.5
<i>B. alicastrum</i> ¹	77.0	14.8	40.4	28.9
<i>G. ulmifolia</i> ¹	77.5	18.1	45.1	28.9
<i>E. tinifolia</i> ¹	79.6	15.7	65.7	45.8
<i>G. sepium</i>	91.5	19.3	35.7	21.8
<i>T. longiradiata</i> ²	85.8	23.6	44.5	32.7
<i>L. leucocephala</i> ²	91.9	18.6	34.6	18.2
<i>E. mexicana</i> ²	92.2	12.4	50.6	32.4
<i>C. houstoniana</i> ²	90.2	12.9	48.4	35.6
<i>C. spectabilis</i> ²	94.5	15.2	41.4	20.7
<i>G. ulmifolia</i> ²	93.4	9.5	47.0	31.8
<i>G. sepium</i> ²	95.0	13.5	41.1	20.0

¹ Cosechados en el estado de Yucatán.

² Cosechados en el estado de Chiapas.

Cuadro 4. Cinética de la fermentación ruminal de la MS del follaje de árboles y arbustos de Chiapas, México durante las estaciones de secas y de lluvias (Jiménez- Ferrer, 2000).

Especie	Estación del año	Parámetro de la ecuación: $p = a + b(1 - \exp^{-ct})$			
		a (%)	b (%)	a + b (%)	c (/h)
<i>Cajanus cajan</i>	Secas	22.97	51.11	74.08	0.114
	Lluvias	22.39	50.10	72.49	0.095
<i>Calliandra houstoniana</i>	Secas	12.00	28.71	40.71	0.025
	Lluvias	26.45	15.14	41.59	0.008
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Secas	23.48	52.09	75.57	0.058
	Lluvias	19.43	58.53	77.96	0.073
<i>Gliricidia sepium</i>	Secas	33.97	49.50	83.47	0.131
	Lluvias	34.53	30.16	64.69	0.152
<i>Brosimum alicastrum</i>	Secas	33.86	52.97	86.63	0.050
	Lluvias	19.00	64.04	83.03	0.067
<i>Leucaena leucocephala</i>	Secas	28.63	33.66	62.99	0.024
	Lluvias	25.04	34.92	59.97	0.044
<i>Eritrina mexicana</i>	Secas	24.74	53.00	77.74	0.108
	Lluvias	26.92	47.03	73.95	0.042

El follaje de estas especies arbóreas contribuye a cubrir las necesidades alimenticias de los animales ya sea mediante el aporte de N al rumen (e.g. *B. alicastrum*, *G. sepium*) para el crecimiento de bacterias celulolíticas, o mediante el aporte de cierta cantidad de proteína de baja degradación ruminal (e.g. *L. leucocephala*) necesaria para la absorción de aminoácidos (AA) directamente en el intestino delgado. No obstante, estas características, su concentración de metabolitos secundarios puede afectar su uso potencial como complemento para tratar de cubrir los requerimientos nutricionales de los bovinos en sistemas DP. A pesar de estas posibles restricciones, en varias regiones tropicales se encuentra difundido su empleo por parte de los pequeños productores, observándose que con su inclusión en la dieta se puede llegar a sustituir el alimento comercial suministrado a las vacas lecheras. En este sentido, con el aporte de 3 kg de follaje fresco de *C. calothyrsus* es posible sustituir el equivalente de 1 kg de alimento comercial y sostener la misma producción de leche del ganado, o con la disposición de 500 árboles se puede obtener suficiente forraje para suplementar a un vaca durante todo su período de lactancia (Paterson *et al.*, 1998).

Por otro lado, la adición de *L. leucocephala* al suplemento de vacas DP incrementa la producción de leche y la ganancia de peso de los animales. La incorporación de 1.2 kg de *L. leucocephala* al suplemento aumentó en 45% la producción de leche y en 80% la ganancia de peso de las vacas durante la sequía, mientras que si se incorpora el follaje de *L. leucocephala* a niveles de 2.6 kg por día se pueden

alcanzar producciones de 14.7 L/vaca/día y ganancias diarias de peso de 80.9 g/día (Cuadro 5). Esta ventaja del uso de *L. leucocephala* se hace evidente en dietas basadas en forrajes de baja calidad y es por su capacidad de aportar N al rumen para la síntesis de proteína microbiana y por su habilidad de aportar cantidades considerables de aminoácidos que se digieren y absorben en el intestino del animal.

Cuadro 5. Rendimiento de leche y ganancia de peso en vacas cruzadas *B. indicus* x *B. taurus* bajo pastoreo y suplementadas con niveles crecientes de *L. leucocephala* (Leucaena) durante la época de secas (Modificado de Kakengi et al., 2001).

Dieta suplementaria	Rendimiento de leche (L/vaca/día)	Ganancia de peso (g/an/día)
Cascarilla de semilla de algodón (CSA)	6.3	38.2
CSA + 1.2 kg de follaje de Leucaena (L)	11.4	190.9
CSA + 2.0 kg de L	9.4	101.8
CSA + 2.6 kg de L	14.7	80.9

Cuadro 6. Rendimiento y composición de leche con diversas dietas con *C. argentea* en Costa Rica (Modificado de Ibrahim et al., 2001).

Dietas	Rendimiento de leche (kg/vaca/día)	Composición de la leche (%)			
		Grasa	Proteína cruda	Sólidos no grasos	Lactosa
Pollinaza + melaza	5.9	3.0	2.7	8.3	4.9
Pollinaza + caña de azúcar + salvado de trigo	6.0	2.7	2.7	8.5	5.1
<i>C. argentea</i> + caña de azúcar + salvado de trigo	6.1	2.9	2.7	8.3	5.0

Adicionalmente a *L. leucocephala*, se han reportado varias especies arbóreas que ofrecen un potencial para incrementar la producción de leche. Entre estas especies se encuentra *Cratylia argentea*, *G. sepium*, *Erithrina poeppigiana*, entre otras. *C. argentea* es un arbustoleguminoso que tiene un rápido establecimiento y vigoroso crecimiento después de la defoliación. Es tolerante a la sequía y mantiene buenas características nutricionales aun en los períodos secos (>17 % PC; >57% DIVMS y 0.4 % del peso vivo). Estas características nutricionales se mantienen aún cuando el follaje es sometido a secado, y mejora su digestibilidad si se le adiciona melaza (61.1%) (Ibrahim et al., 2001). Se ha observado que este follaje si se somete a secado y se le adiciona melaza incrementa significativamente el consumo de MS de *H. rufa* de vacas cruzadas y es factible de utilizarse en sustitución de pollinaza como una forma de sostener la producción y calidad de la leche (Cuadro 6). La sustitución de pollinaza por *C. argentea* en dietas suplementadas con caña y salvado de trigo permite obtener rendimientos de leche de 6.1 kg/día y similares concentraciones de grasa, proteína, sólidos y lactosa en la leche.

G. sepium es una leguminosa arbórea que ha sido utilizada exitosamente para sustituir los alimentos concentrados en ganado lechero, ya que además de producir elevadas cantidades de follaje de alta calidad, es más persistente que muchas otras

leguminosas y puede ser utilizado bajo condiciones de pastoreo. Sus rendimientos fluctúan de 6 a 11.7 t MS/ha/año, dependiendo de la forma de propagación, del manejo de la cosecha y las condiciones climáticas (Alayón y Ramírez, 1995). No obstante, tiene una baja palatabilidad asociada con algunos metabolitos secundarios, aunque no se han reportado problemas de toxicidad en rumiantes. Para incrementar su aceptación se ha utilizado melaza y sal, así como el acostumbramiento de los animales, el marchitamiento y el secado (Smith, 1992). Pérez Luna (2000) encontró una mayor ganancia de peso en toretes en pastoreo suplementados con follaje de *G. sepium* (Cuadro 7).

Cuadro 7. Fermentación ruminal, consumo voluntario y ganancia de peso de bovinos en pastoreo de Estrella de África, suplementados con follaje de *Gliricidia sepium* en Chiapas, México (Pérez Luna, 2000).

Parámetros	Con <i>G. sepium</i>	Sin <i>G. sepium</i>
Potencial de degradación ruminal, a + b (%)	73.61a	73.06 ^a
Tasa de degradación, c (%/h)	3.66a	2.92b
Consumo de MS en kg (época de secas de 1999)	9.9 ^a	6.4b
Peso vivo inicial kg	217.5	218.0
Peso vivo final kg	260.3	251.8
Ganancia neta de peso kg	42.8	33.8
Ganancia diaria de peso g	475.5 ^a	335.9 ^a

Cuadro 8 Consumo de MS y producción de leche de vacas (Jersey x Criollo) alimentadas con heno de *H. rufa* y suplementadas con follaje de leguminosas y urea (Camero et al., (2001).

Variable	<i>Erythrina poeppigiana</i>	<i>Gliricidia sepium</i>	Urea
Consumo total MS (kg/100 kg de Peso Vivo)	3.2 ± 0.1 ^a	3.2 ± 0.1 ^a	3.1 ± 0.2 ^a
Producción de leche (kg/vaca/día)	7.3 ± 0.1 ^a	7.4 ± 0.1 ^a	6.7 ± 0.1 ^b

Medias seguidas por diferentes literales son desiguales significativamente (P>0.05).

Respecto a *Erythrina poeppigiana*, su follaje contiene elevadas cantidades de proteína que permite incrementar la fermentación ruminal, lo que resulta en un incremento de la digestibilidad y el consumo de alimentos fibrosos y, por consiguiente, mejora la producción animal. Tanto *G. sepium* como *E. poeppigiana* incrementan la producción de leche de vacas cruzadas (7.4 y 7.3 kg/vaca/día) si se compara con la producción (6.7 kg/vaca/día) obtenida con la suplementación con urea (Cuadro 8). Este efecto observado en los follajes (i.e. *G. sepium*) obedece en gran medida por su capacidad de aportar inmediatamente cantidades suficientes de N ruminal que favorece un incremento de la proteína microbiana y del consumo de MS en los rumiantes (Alayón et al., 1998), llegando incluso a promover ganancias de peso (475.5 g/día) en animales en crecimiento y bajo pastoreo (Cuadro 7).

CALIDAD NUTRICIONAL DE LAS ESPECIES LEÑOSAS

Los Cuadros 3 y 4 muestran la composición química y la cinética de la fermentación de la materia seca de un rango de follajes de árboles y arbustos disponibles en el Sur de México. Los estudios de composición química así como las pruebas de degradación ruminal del follaje de arbustivas representan algunas de las herramientas para decidir sobre su uso, dependiendo de su contenido de nutrimentos así como de su potencial de degradación ruminal.

REQUERIMIENTOS DE NUTRIMENTOS DEL GANADO DE DOBLE PROPÓSITO

Combellas (1998) ha descrito los requerimientos de nutrimentos de las vacas cruzadas en la región tropical de Latinoamérica (Cuadros 9 y 10). Es importante en la alimentación del ganado rumiante que se suministre suficiente nitrógeno fermentable al rumen para una óptima fermentación de la materia orgánica consumida. En este mismo sentido, el nitrógeno fermentable, debe de ir acompañado de una fuente de energía de alta disponibilidad, para que exista sincronía en la disponibilidad de ambas fuentes en el rumen. Una vez que las necesidades de energía y de proteína de la población microbiana se encuentran cubiertas, entonces es necesario poner atención a la cantidad de proteína que estará disponible a nivel postruminal (proteína metabolizable), para cubrir las necesidades de mantenimiento y de producción de las vacas.

Es importante enfatizar que es necesario que las vacas consuman suficiente materia seca para garantizar el ingreso de la cantidad requerida de energía metabolizable y de proteína cruda para el mantenimiento y las funciones productivas. Las vacas de doble propósito en la región Oriente del Estado de Yucatán, México producen en promedio alrededor de 6 L/vaca/día (J. Ku Vera, datos no publicados), debido principalmente a la baja calidad de los pastos disponibles en dicha región del Sur de México. Los

Cuadro 9. Requerimientos de nutrimentos de vacas cruzadas de 400 kg de peso vivo (Combellas, 1998).

Producción de leche (kg/día)	Grasa de la leche (%)	Consumo de MS (kg)	EM Mcal	PC (g)	Ca (g)	P (g)
6	3	9.4	20.8	786	32	21
	4		21.8	858	35	23
	5		22.8	924	38	24
8	3	10.1	23.0	942	38	24
	4		24.3	1038	42	27
	5		25.6	1126	46	29
10	3	10.8	25.1	1098	43	28
	4		26.8	1218	48	31
	5		28.4	1328	53	34
12	3	11.5	27.2	1254	49	31
	4		29.3	1398	55	35
	5		31.2	1530	60	38

Cuadro 10. Requerimientos de nutrimentos de vacas cruzadas de 500 kg de peso vivo (Combellas, 1998).

Producción de leche (kg/día)	Grasa de la leche (%)	Vaca de 500 kg de peso vivo Consumo de MS (kg)	EM Mcal	PC (g)	Ca (g)	P (g)
6	3	10.4	23.4	832	36	24
	4		24.4	904	39	26
	5		25.4	970	42	28
8	3	11.2	25.6	988	42	27
	4		26.9	1084	46	30
	5		28.2	1172	50	32
10	3	12.0	27.7	1144	47	31
	4		29.4	1264	52	34
	5		31.0	1374	57	37
12	3	12.8	29.8	1300	53	34
	4		31.9	1444	59	38
	5		33.8	1576	64	41

pastos tropicales maduros, con altas concentraciones de fibra detergente neutro, aportarán una cantidad limitada de energía metabolizable para sostener una función fisiológica altamente demandante de energía, como la lactancia. De los Cuadros 5 y 6, se puede inferir que una vaca cruzada de 500 kg, produciendo 6 litros de leche y consumiendo 10.4 kg de materia seca de un pasto con 2.5 % de proteína cruda, tendría un déficit de 572 g de proteína cruda al día.

BALANCE ENERGÉTICO

El balance energético (BE) diario de la vaca puede ser descrito de acuerdo a la siguiente ecuación (AFRC, 1993):

BE (ME, MJ/d) = Consumo de EM - (EM para el mantenimiento + EM para la lactación + 5% margen de seguridad)

Donde:

El consumo de EM = EM del pasto + EM concentrado
 $ME_m = (\text{Requerimiento de ayuno} + \text{Requerimiento de actividad}) / 0.72$

Requerimiento de ayuno = $0.53 * W^{0.67}$

Requerimiento de actividad = $0.0095 * W$

$ME_i = (Y * [\text{Valor energético}_i]) / k_i$ (Tyrell y Reid, 1965)

Y = rendimiento de leche en kg/d

Valor energético_i (MJ/d) = $0.0384 [GL] + 0.0223 [PC] + 0.0199 [La] - 0.108$

Donde [GL] es grasa de la leche, [PC] es proteína cruda y [La] contenido de lactosa

k_i = Eficiencia de utilización de la EM para la lactación: se asume el valor de 0.62 (MAFF, 1975).

Aguilar (2007) demostró que la grasa de baja degradación ruminal indujo un balance energético más negativo en vacas cruzadas a los 35 días postparto; asimismo, la parición durante la estación de lluvias indujo un balance energético negativo con relación a las vacas que parieron en la época de secas (Cuadro 11).

CONDICIÓN CORPORAL

Salas Razo (2007) no encontró efecto de la suplementación con grasa de baja degradación ruminal sobre la condición corporal de vacas Indobrasil en pastoreo de agostaderos en Michoacán, México (Cuadro 12).

Consumo de materia seca en pastoreo y suplementación (energía, proteína, grasa)

Aguilar Pérez (2007) utilizó la técnica de alcanos para medir el consumo de *C. nlemfuensis* de vacas cruzadas en el sur de México (Cuadro 13).

El Cuadro 14 demuestra que la suplementación con una fuente de energía de rápida disponibilidad en el rumen influyó significativamente sobre el rendimiento de leche de vacas cruzadas en pastoreo de *Cynodon nlemfuensis*. Esta información sugiere de nueva cuenta que los pastos tropicales son deficientes en energía fermentable para mantener la producción láctea aun en animales con bajo potencial genético para la producción.

Bobadilla-Hernández et al. (2007) no encontraron diferencias considerables en el rendimiento de vacas cruzadas en pastoreo que fueron suplementadas con mezclas o con follaje sólo de diversos árboles y arbustos tropicales (Cuadro 15). Esto se pudo deber a la limitada cantidad de follaje ofrecido en dicho experimento.

Ordoñez Tercero (2002) encontró que la adición de una fuente energética a la dieta base de *P. purpureum*, suplementado con una mezcla de follaje de *L. leucocephala* y *B. alicastrum* en vacas F₁ no influyó sobre el consumo voluntario de la materia seca (5.54 kg MS/an/día), ni sobre el la fracción potencialmente degradable en el rumen de la materia seca (33.7 %) y de la materia orgánica (36.4 %) de la dieta base. Sin embargo, la fuente de energía si afectó la tasa de degradación, la cual resultó mayor con la adición de melaza (0.043/h) que con maíz (0.036/h). Similarmente, la producción de ácidos grasos volátiles (AGV's) en el rumen y el aporte de nitrógeno microbial al duodeno (ANM) fue mayor con la suplementación de melaza (146.3 mM/L y 51.6 g/día) que con maíz (108.2 mM/L y 33.7 g/día). En general, este autor encontró que el ANM se incrementó 65% con la adición de una fuente energética, aunque la melaza fue más eficiente (15.9 g NM/kg MOAFR) que el grano de maíz (9.6 g NM/kg MOAFR) (Cuadro 16).

CONCLUSIONES

Existe un buen potencial para mejorar el peso vivo, la condición corporal, el balance energético y el rendimiento de leche y carne en vacas cruzadas en pastoreo en sistemas de doble propósito por medio de la incorporación del follaje de arbustivas y arbóreas en la ración. La suplementación con follaje arbóreo podría influir positivamente sobre la eficiencia reproductiva del ganado de doble propósito, al mejorar el balance energético y la condición corporal, lo cual mejorará el número y tamaño de los folículos ováricos, así como en la reducción del tiempo de retorno al estro postparto.

Es necesaria la incorporación de fuentes de energía de rápida disponibilidad en el rumen, cuando se emplea el follaje de árboles y arbustivas, para hacer más eficiente la captura del nitrógeno (NH₃) disponible derivado de la fermentación de la proteína cruda del follaje por parte de las bacterias ruminales. El productor deberá evaluar la disponibilidad y costo de las opciones (follaje de árboles o arbustos; uso de subproductos, etc.) que están disponibles en su finca o región para decidir su uso con el fin de lograr la mayor rentabilidad, en un sistema de producción como el doble propósito, que está presente en la mayoría de los países latinoamericanos, pero que el injusto comercio agropecuario en la era de la globalización, amenaza todos los días.

Cuadro 11. Balance energético de vacas cruzadas de acuerdo a presencia o ausencia de suplementación con grasa de baja degradación ruminal, No. de pariciones y época de parición (medias de cuadrados mínimos \pm error estándar) (Aguilar Pérez, 2007).

Balance energético MJ/d	Ración		N° de pariciones		Época de parición	
	Control	Grasa de sobre paso	Múltiparas	Primíparas	Secas	Lluvias
A 35 días	9.7	- 5.2	- 2.8	7.3	14.5	- 9.9
A 77 días	11.9	9.1	8.8	12.3	24.9	- 3.9
Todo experimento	9.7	2.1	- 4.8	16.7	16.7	- 4.8

Cuadro 12 Condición corporal (CC) y peso vivo (PV) de las vacas por tratamiento al inicio y final del experimento (Salas Razo, 2007).

	CC inicial	CC final	Peso vivo inicial	Peso vivo final
Suplementación grasa	3.37 \pm 0.44 ^a	3.47 \pm 0.32 ^a	494.8 \pm 85.0 ^a	504.8 \pm 84.2 ^a
Sin suplementación	3.10 \pm 0.39	3.13 \pm 0.37 ^a	477.0 \pm 57.6	455.2 \pm 133.2 ^a

Medias seguidas por diferentes literales son desiguales significativamente ($P > 0.05$).

Cuadro 13 Consumo de materia seca de vacas cruzadas en pastoreo de Estrella de Africa (*Cynodon nlemfuensis*) con o sin suplementación energética en México (Aguilar Pérez, 2007).

	Dieta		Epoca	
	Suplementadas	No suplementadas	Secas	Lluvias
Consumo de pasto, kg/vaca a				
21 d	7.6	7.2	7.4	7.4
84 d	6.9	6.6	6.6	7.0
Global	7.5	6.9	7.1	7.3
Consumo de pasto, % peso corporal a				
21 d	1.70	1.66	1.68	1.68
84 d	1.57	1.64	1.59	1.62
Global	1.68	1.66	1.68	1.66
Consumo total, kg/vaca/d				
21 d	11.3	7.8	9.6	9.5
84 d	10.4	7.2	8.6	9.0
Global	11.0	7.5	9.2	9.3
Consumo total, % peso corporal a				
21 d	2.54	1.80	2.18	2.16
84 d	2.37	1.80	2.06	2.11
Global	2.47	1.81	2.14	2.14

Cuadro 14 Rendimiento de leche de vacas cruzadas con (3 kg/d de un suplemento con 14% de proteína cruda y 11.0 MJ de EM) o sin suplementación (medias de mínimos cuadrados, errores estándares) (Aguilar Pérez, 2007).

	Tratamiento	
	Suplementada	No suplementada
Rendimiento de leche, kg/d	11.1 ^a ± 0.39	7.8 ^b ± 0.40
Leche corregida para grasa 4%, kg/d	10.5 ^a ± 0.36	7.6 ^b ± 0.37
Concentración de grasa, %	3.7 ^b ± 0.11	4.0 ^a ± 0.11
Rendimiento de grasa, kg/d	0.407 ^a ± 0.02	0.299 ^b ± 0.02
Concentración de proteína, %	3.0 ± 0.06	2.9 ± 0.06
Rendimiento de proteína, kg/d	0.321 ^a ± 0.01	0.239 ^b ± 0.01
Concentración de lactosa, %	4.4 ± 0.08	4.3 ± 0.08
Rendimiento de lactosa, kg/d	0.491 ^a ± 0.02	0.359 ^b ± 0.02

^{a, b} Medias con diferentes superíndices son diferentes a $P < 0.01$.

Cuadro 15. Rendimiento de leche vendible, ingerida por el becerro y total, de vacas de doble propósito en pastoreo de *Panicum maximum*, suplementadas con mezclas de follajes arbóreos (Bobadilla Hernández et al., 2007).

Suplemento	Rendimiento de leche (kg/vaca/día)		
	Vendible	Ingerida	Total
<i>Brosimum aliscastrum</i>	3.1 ^a	2.2 ^{ab}	5.5 ^{ab}
<i>Leucaena leucocephala</i>	3.5 ^a	2.6 ^a	6.1 ^a
<i>Leucaena x Brosimum</i>	3.6 ^a	1.9 ^b	5.5 ^{ab}
<i>Leucaena x Piscidia</i>	3.3 ^a	1.9 ^b	5.3 ^{ab}
<i>Leucaena x Guazuma</i>	3.3 ^a	2.4 ^{ab}	5.9 ^{ab}
<i>Leucaena x Piscidia x Guazuma</i>	3.0 ^a	2.1 ^{ab}	5.1 ^b
<i>Brosimum x Piscidia x Guazuma</i>	3.4 ^a	2.2 ^{ab}	5.6 ^{ab}

Medias seguidas por diferentes literales son desiguales significativamente ($P > 0.05$).

Cuadro 16. Efecto del suministro de energía como melaza o maíz sobre el aporte de nitrógeno microbial al duodeno (ANM) y su eficiencia de vacas F_1 alimentadas con forraje maduro de *P. purpureum* y mezcla de follaje arbóreo (*L. leucocephala* y *B. alicastrum*) (Adaptado de Ordoñez Tercero, 2002)

Tratamiento	ANM (g/día)	EEM	Eficiencia del ANM (g/kg MOAFR)	EEM	AGV's mM/L	EEM
Sin fuente de energía	25.8 ^b	3.6	9.6 ^a	1.18	109.9 ^b	9.6
Con melaza	51.6 ^a	4.4	15.9 ^b	1.44	146.3 ^a	10.6
Con maíz	33.7 ^b	4.4	9.6 ^a	1.18	108.2 ^b	9.6

MOAFR: Materia orgánica aparentemente fermentable en el rumen. EEM: Error estándar de la media. Medias dentro de la misma columna seguidas por diferentes literales son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

REFERENCIAS

- Aguilar-Perez, C.F. 2007. Energy balance and reproductive performance in grazing crossbred cows in the tropics. PhD Thesis. University of Nottingham, Sutton Bonington, England.
- AFRC (Agricultural and Food Research Council). 1993. Energy and Protein Requirements for Ruminants. Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International. Wallingford. U.K.
- Alayón-Gamboa, J.A., L. Ramírez-Avilés. 1995. Propagation methods and nutritional characterization of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. *Avances in Investigación Agropecuaria* 4: 9-15.
- Alayón, A., L. Ramírez-Avilés, J.C. Ku-Vera. 1998. Intake, rumen digestion, digestibility and microbial nitrogen supply in sheep fed *Cynodon nlemfuensis* supplemented with *Gliricidia sepium*. *Agroforestry Systems* 41 (2): 115 - 126.
- Bobadilla-Hernández, A.R., L. Ramírez-Avilés, C.A. Sandoval Castro. 2007. Effect of supplementing tree foliage to grazing dual-purpose cows on milk composition and yield. *J. Animal Veter. Adv.* 6: 1042 - 1046.
- Botero, R. 1992. The productivity potential of pastures associated with legumes within the dual purpose system based on acid soils in tropical America. En: S. Anderson and J. Wadsworth eds. *Dual Purpose Cattle Production Research*. International Foundation for Science pp 170 - 188.
- Camero, A, M. Ibrahim, M. Kass M 2001. Improving rumen fermentation and milk production with tree fodder in the tropics. *Agroforestry Systems* 51: 157 - 166.
- Combellas, J. 1998. Alimentación de la Vaca de Doble Propósito y de sus Crías. Venezuela. pp. 196.
- Guevara, S., J. Laborde, G. Sánchez. 1998. Are isolated remnant trees in pastures a fragmented canopy? *Selvyana* 19 (1): 34 - 43.
- Hernández, D., F. Reyes, M. Carballo, M. Tang. 1994. Asociaciones múltiples de gramíneas y leguminosas para producción de leche con bajos insumos. Resúmenes Taller Internacional Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera. EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Cuba p. 38.
- Ibrahim M., M. Franco, D.A. Pezo, A. Camero, J.L. Araya. 2001. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. *Agroforestry systems* 51: 167-175.
- Jiménez Ferrer, G. 2000. Potencial de árboles y arbustos forrajeros en la región maya tzotzil del norte de Chiapas, México. Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Kakengi, A.M., Shem, M.N., E.P. Mtengeti, R. Otsyina. 2001. *Leucaena leucocephala* leaf meal as supplement to diet of grazing dairy cattle in semiarid Western Tanzania. *Agroforestry Systems* 52: 73 - 82.
- Kristensen, N.B., D.L. Harmon. 2006. Splachnic metabolism of short-chain fatty acids in the ruminant. In: *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress*. K. Sejrsen, T. Hvelplund and M.O. Nielsen (Editors). Wageningen Academic Publishers. The Netherlands. pp. 249-265.
- MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food). 1975. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants. Technical Bulletin No. 33. Her Majesty's Stationery Office. London. U.K.
- Moyo, S., M. Veeman. 2004. Analysis of joint and endogenous technology choice for protein supplementation by smallholder dairy farmers in Zimbabwe. *Agroforestry Systems* 60: 199-209.
- Ordoñez Tercero, J.C. 2003. 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 en Producción Animal Tropical, Universidad Autónoma de Yucatán, México, pp 92.
- Paterson R.T., G.M. Naranja, R.L. Roothaert, O.Z. Nyaata, I.W. Kariuki. 1998. A review of fodder tree production and utilization within smallholder agroforestry systems in Kenya. *Agroforestry Systems* 41: 181 -199.
- Pérez Luna, E. 2000. Uso de *Gliricidia sepium* en la alimentación de bovinos en el trópico. Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Ramírez, M. 1991. Evaluación a nivel de finca de pasturas mejoradas de *Brachiaria decumbens* puras

o asociadas con *Centrosema acutifolium* CIAT 5568 y su efecto sobre la producción animal con ganado de doble propósito. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia. 153 p.

Salas Razo, G. 2007. Efecto de la Suplementación con Grasa de By-Pass sobre el Perfil Lipídico, Concentraciones Plasmáticas de Progesterona y el Reinicio de la Actividad Ovárica Posparto de Vacas Indobrasil en el Trópico Seco de Michoacán. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp. 85.

Seré, C., L. Vaccaro. 1985. Milk production from dual-purpose systems in tropical Latinamerica. En: A.J. Smith (ed.) Milk production in developing countries, University of Edinburg, Scotland pp 459 - 475.

Shem, M.N., B.P. Machibula, S.V. Sarwatt, T. Fujihara T. 2003. *Gliricidia sepium* as an alternative protein supplement to cottonseed cake for smallholder dairy cows fed Napier grass in Tanzania. Agroforestry Systems 58: 65 - 72.

Smith, O.B., 1992. Fodder trees and shrubs in range and farming systems in tropical humid África. In: Speedy A. and Pugliese P. (Editors) Legume trees and other foder trees as protein sources for livestock. FAO Animal Production and Health paper 102, Rome. 43-59 pp.

Tyrell, H.F., J.T. Reid. 1965. Prediction of the energy value of cow's milk. J. Dairy Sci. 48:1215-1223.

Yamamoto W., I.A. Dewi, Ibrahim, M. 2007. Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. Agricultural Systems 94: 368-375.