

## Balance forrajero, energético y proteico de un sistema de producción tradicional de doble propósito en México

Rafael Macedo<sup>1\*</sup>, Miguel A. Galina<sup>2</sup> y José M. Zorrilla<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima. Km. 40 Autopista Colima - Manzanillo. Tecomán, Colima, México. \*Correo electrónico: macedo@uacol.mx

<sup>2</sup>Dep. Ciencias Pecuarias. Fac. Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán, México.

<sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

---

### RESUMEN

Con el objetivo de realizar un balance forrajero, energético y proteico durante la época seca de un sistema de producción tradicional de doble propósito sustentado en la utilización de rastrojo de maíz (*Zea mays*) y pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) se realizó un balance forrajero, energético y proteico en Colima, México. Se evaluó mediante un estudio dinámico la producción, disponibilidad y utilización de la materia seca, la energía y la proteína dentro del sistema, así como su introducción al sistema para determinar su sostenibilidad considerando las necesidades nutricionales del ganado. Los resultados mostraron que el sistema es energéticamente sostenible produciendo 99% de la energía requerida. La producción de materia seca y proteína fueron deficitarias produciéndose únicamente 80 y 68% de los requerimientos, respectivamente. El productor fue capaz de complementar la falta de estos elementos mediante la introducción de alimentos producidos en la región como la punta de caña (*Saccharum officinarum*) y el olote de maíz enmelazado, detectándose además la oportunidad de mejorar estos sistemas productivos mediante la implementación de nuevas prácticas de manejo, así como la introducción de nuevas tecnologías.

*Palabras clave:* sostenibilidad, materia seca, energía, proteína, trópico, época seca.

---

### Forage, energy and protein balance in a traditional dual purpose livestock production system in Mexico

### ABSTRACT

A study was conducted in Colima, México, with the objective to carry out a forage, energy and protein balance of a traditional dual purpose livestock production system based on corn stubble (*Zea mays*) and star grass (*Cynodon plectostachyus*) during the dry season. This balance was carried out taking into consideration dry matter, energy, and protein requirements, production, availability and utilization, as well as their imports to the production system. The production system was energetically sustainable, providing 99% of the cattle requirements. Dry matter and protein production were insufficient, providing only 80 and 68% of the requirements, respectively. The producer was able to solve this deficit by importing local available feedstuff, such as ground corncob with molasses and sugarcane tops (*Saccharum officinarum*). It was apparent the need to introduce new technology and methods to improve this production system.

*Keywords:* sustainability, dry matter, energy, protein, tropic, dry season

## INTRODUCCIÓN

En el estado de Colima, como en el resto de México y América Latina, la ganadería de doble propósito constituye el principal sistema de producción bovino en las regiones tropicales. Este sistema productivo confronta problemas importantes entre los que destaca su marcada dependencia de las condiciones climáticas, reflejada en la producción forrajera como fuente principal de alimento, la cual resulta estacional e insuficiente para cubrir las necesidades nutricionales del ganado durante todo el año (Macedo *et al.*, 2003; Romero *et al.*, 2006; Ramírez-Avilés *et al.*, 2007).

Es bien conocido que pese a la enorme dotación de recursos forrajeros, la ganadería de los trópicos latinoamericanos enfrenta agudos problemas relacionados con la cantidad de forraje disponible en particular durante los prolongados periodos secos (Rivas y Holmann, 2002). Asimismo, durante este periodo las gramíneas tropicales poseen una baja calidad energético-proteica y su estructura ofrece una pobre densidad de hojas verdes lo que afecta la eficiencia de la cosecha por parte del animal ocasionando un déficit de proteína y energía digestible (Garmendia, 2005; Faría, 2006). Este fenómeno ha obligado a los pequeños productores a complementar la materia seca, la energía y la proteína deficitaria de sus sistemas de producción mediante la compra de forrajes y alimentos concentrados comerciales, comprometiendo la rentabilidad y la sostenibilidad económica de sus explotaciones (Macedo y Palma, 2001).

Entre las alternativas propuestas por diferentes investigadores para resolver o aminorar el problema de la estacionalidad se encuentra la introducción y utilización de pastos mejorados, de forrajes de corte, de árboles y leguminosas forrajeras, de forrajes no convencionales, así como del uso de ensilaje, rastrojos y la henificación de diversos tipos de forraje entre otras, de las cuales existen numerosas evaluaciones con resultados que varían de acuerdo a las condiciones específicas bajo las cuales se implementaron (Rivas y Holmann; 2002, Arriaga-Jordán *et al.*, 2006; Faría, 2006; Martínez *et al.*, 2006; Ramírez-Avilés *et al.*, 2007).

Bajo este contexto, los pequeños ganaderos del norte del estado de Colima, México, conjuntando sus métodos y conocimientos tradicionales y la adopción de algunas prácticas generadas por la investigación

científica, desarrollaron un sistema de producción fundamentado en la resiembra anual de maíz (*Zea mays* L.) sobre praderas de pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus* P), como estrategia para afrontar la época de estiaje (Macedo *et al.*, 2003). Dado que dicho sistema ha trascendido durante varias décadas y generaciones con aparente éxito, el objetivo del presente trabajo fue realizar un balance forrajero, energético y proteico durante la época seca de un sistema tradicional de doble propósito en Colima, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio experimental

El estudio se realizó en la comunidad de Cofradía de Suchitlán, la cual se encuentra ubicada en la zona norte del estado de Colima, México, entre las coordenadas 19° 23' 45" - 19° 24' 35" N y 103° 40' 40" - 103° 42' 50" O. Se localiza en una zona de transición entre los climas cálido sub-húmedo Aw1(w) y semicálido sub-húmedo A(C)w1(w). El suelo presenta una topografía ondulada con un rango de altitud de 1.200 a 1.450 msnm, con una temperatura media anual de 22°C y una precipitación promedio anual de 1.200 mm distribuidos durante el verano con una época seca que se extiende de noviembre a mayo.

### Descripción del sistema

La característica distintiva de este sistema de producción la constituye la siembra anual de maíz sobre praderas de estrella africana durante la época lluviosa, con la finalidad de aprovechar bajo pastoreo la pradera y el rastrojo de maíz durante la temporada de estiaje y contar con un grano para la venta, la alimentación animal y/o el autoconsumo. La superficie promedio de las explotaciones es de 12,5 ha, de la cual 75% se encuentra sembrada de pradera y 30% se destina a la siembra del maíz (Macedo *et al.*, 2003).

Durante la época de lluvias los animales pastorean vegetación nativa en los pastizales circundantes, mientras se realiza la siembra del maíz sobre la pradera. Para favorecer el nacimiento y desarrollo inicial del maíz, el crecimiento del pasto es retardado durante 45 días con la aplicación de un herbicida sistémico (glifosato, 1,2 L/ha). La siembra se lleva a cabo a lanza (coa) y se realiza una aplicación de sulfato de amonio (600 kg/ha) a los 30 días sembrado el grano.

La semilla de maíz utilizada son variedades nativas y es producida por el mismo productor lo que le confiere una gran adaptación a las condiciones climáticas y edáficas de la zona (Macedo *et al.*, 2003).

A partir de enero, cuando la producción de forraje de la pastura empieza a declinar, se cosecha y muele el grano de maíz y se reserva parte del rastrojo para iniciar el pastoreo continuo de la pradera y del rastrojo de maíz restante. La alimentación del ganado es complementada conforme avanza la época de estiaje con el rastrojo de maíz previamente almacenado y con cogollo entero de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y con olote (tusa) de maíz molido y enmelazado, ambos productos comprados por el productor (Macedo *et al.*, 2003).

El sistema ganadero predominante es el doble propósito (70%), dominando las razas cebuinas (*Bos indicus*) y sus cruza con ganado Holstein y Pardo Suizo (*Bos taurus*) en la conformación racial de los hatos. El tamaño promedio del hato es de 19 cabezas con un nivel promedio de producción de leche de 26 L/d/hato y una producción anual de carne (becerros destetados) de 1.056 kg.

### Procedimiento

Durante 112 días de la estación seca, comprendidos entre el 20 de febrero y el 11 de junio, se realizó un estudio del potencial productivo y el manejo de los recursos del sistema de alimentación rastrojo de maíz - pasto estrella bajo las condiciones de manejo tradicional entre los productores de la región estudiada. Para este fin y utilizando como base los resultados de clasificación y estratificación efectuado en la fase anterior en la cual se tipificaron las explotaciones, se seleccionó un rancho altamente representativo, el cual presentó 95% de similitud con 23 de los 25 ranchos que practicaron el sistema maíz-pasto estrella (Macedo *et al.*, 2003).

### Evaluación de los forrajes

Se realizó cada 28 días y se valoró la producción y disponibilidad de materia seca, mediante un marco de metal de 0,25 m<sup>2</sup>. Las muestras de los pastos y de la vegetación acompañante se cortaron a ras del suelo y se llevaron a peso constante para su valoración (t'Mannetje, 1978).

La calidad del forraje se evaluó mediante el contenido de materia seca (AOAC, 1990), proteína

cruda (AOAC, 1990), fracciones de fibra (Van Soest y Wine, 1968) y digestibilidad in situ de la materia seca (Harris *et al.*, 1967) del pasto estrella. En el caso del rastrojo de maíz y de sus componentes la determinación se realizó únicamente al inicio de la prueba.

### Evaluación del balance del sistema de alimentación

Con el fin de medir la capacidad productiva del sistema de alimentación durante la época seca, se determinó su balance forrajero, energético y proteico con la siguiente fórmula:

$$\text{Balance propio, externo o total (\%)} = \frac{\text{Elemento propio y/o introducido en el sistema}}{\text{Demanda Total}} \times 100$$

El balance proteico se expresó con base a proteína digestible (PD), la cual se determinó utilizando la fórmula desarrollada por García-Trujillo (1982) para forrajes tropicales, dadas las características de los forrajes estudiados:

$$PD \text{ (g/kg MS)} = 0,853 * PB \text{ (g/kg MS)} - 2,235$$

donde PD es la proteína digestible y PB es la proteína bruta.

El balance energético se estimó sobre la base del contenido de energía metabólica (EM) de los forrajes, la cual se obtuvo mediante las siguientes relaciones funcionales propuestas por NRC (1984)

$$ED \text{ (Mcal / kg MS)} = \frac{4,4 \times \text{DMS (\%)}}{100}$$

$$EM \text{ (Mcal / kg MS)} = ED \times 0,82$$

donde ED es la energía digestible, EM es la energía metabólica y DMS es la digestibilidad de la materia seca.

El cálculo de los requerimientos nutricionales se estimó en forma individual siguiéndose las especificaciones propuestas por Jarrige (1990).

### Necesidades de materia seca

Consumo de materia seca: 140 g MS \* kg PV 0,75

Necesidades de energía

Mantenimiento =  $0,117 \text{ Mcal EM} * \text{kg PV}_{0,75} + 50\%$  por pastoreo en rastrojera y terreno desnivel.

Producción de leche =  $1,16 \text{ Mcal EM} * \text{kg leche}$ .

Gestación: Séptimo mes = 20% energía de mantenimiento.

Octavo mes = 35% energía de mantenimiento.

Noveno mes = 50% energía de mantenimiento.

Necesidades de proteína

Mantenimiento =  $0,60 \text{ g PD} * \text{kg PV}$ .

Producción de leche =  $60 \text{ g PD} * \text{kg de leche}$ .

Gestación: Séptimo mes =  $0,78 \text{ g PD} * \text{kg de PV}$ .

Octavo mes =  $0,88 \text{ g PD} * \text{kg de PV}$ .

Noveno mes =  $1,00 \text{ g PD} * \text{kg de PV}$ .

**RESULTADOS**

El balance forrajero mostró que conforme avanza la época seca el forraje producido dentro del sistema que inicialmente excede la demanda en 31% y participa en menor proporción en la alimentación del ganado, la cual es complementada por el forraje introducido por el productor hasta en 81% hacia el final de la temporada de estiaje. La participación final del forraje producido en el rancho durante el periodo de secas fue 80%, observándose un excedente final de 26% en la materia seca total (Cuadro 1).

Durante los primeros 28 días de pastoreo se presentó una tasa alta de desaparición del rastrojo de maíz. En contraparte, durante dicho periodo el ganado prácticamente no consumió pasto estrella, cuya desaparición se inició a partir de marzo y para la etapa final, prácticamente ya no está disponible en el sistema. A partir del segundo periodo, destacó la participación creciente de la punta de caña como fuente de forraje conforme avanza la época seca, mientras que el aporte de rastrojo molido y olote enmelazado fueron más homogéneos durante la temporada de estiaje (Figura 1).

Por lo que respecta a la producción de energía en el sistema de forrajero, se encontró que la materia seca utilizada del sistema aporta prácticamente toda la energía demandada por los animales para realizar sus funciones metabólicas y productivas. Se presentó un excedente energético importante durante

los primeros meses de estudio, así como un déficit hacia el mes final, el cual, fue cubierto totalmente por las estrategias de suplementación del productor, existiendo un excedente energético total de 55% (Cuadro 2).

El balance proteico mostró como el forraje producido dentro del sistema aportó 68% de la proteína requerida, existiendo un déficit importante en la etapa final. Asimismo, se observa como la entrada gradual de proteína al sistema logró cubrir las necesidades totales del ganado (Cuadro 3).

**DISCUSIÓN**

Los resultados muestran que si bien el sistema produce 80% de la materia seca necesaria para cubrir las necesidades de alimentación del ganado, su manejo es deficiente en algunas etapas. En lo referente a la pradera, se observaron hacia el final del periodo de estudio bajos valores de forraje desaparecido y por consiguiente consumido, producto del bajo consumo inicial, situación que propició subpastoreo del recurso con la consecuente acumulación de material vegetativo de baja calidad constituido principalmente por tallos y material muerto. Cuesta (2005) menciona que algunos de los factores que más limitan el consumo de los pastos tropicales son la poca cantidad de hoja disponible, la pobre calidad de la misma, así como su baja relación con las otras partes de la planta y con el material muerto. En este sentido, el nivel de consumo de un forraje se encuentra altamente determinado por su calidad, ya que tiene una estrecha relación con su digestibilidad y su velocidad de paso a través del tracto digestivo. Los forrajes de buena calidad son rápidamente digeridos y translocados a la siguiente cavidad gastrointestinal en turno, lo que provoca la sensación de vacío y la necesidad de volver a comer, favoreciéndose el consumo (Minson *et al.*, 1976). Prácticas como la división de la superficie de pastoreo y el pastoreo rotacional permitirían disponer con mayor racionalidad de los forrajes, evitando una alta selección de los componentes del rastrojo y permitiendo la utilización recuperación sucesiva del pasto estrella, la cual en esta zona ocurre hasta bien avanzada la época de estiaje como consecuencia de la alta humedad ambiental y de la alta capacidad de retención de humedad de los suelos.

El patrón de consumo de los forrajes fue altamente influenciado por la capacidad de selección que

Cuadro 1. Balance forrajero durante la época seca de un sistema tradicional de doble propósito en Colima, México

	Periodo				Total
	Feb 20 Mar 19	Mar 20 Abr 16	Abr 17 May 14	May 15 Jun 11	
MS producida en el sistema, kg	3.841	1.627	2.461	497	8.426
MS introducida al sistema, kg	128	1.311	1.375	2.031	4.845
MS total, kg	3.969	2,938	3.836	2.528	13.271
Número de animales	9	8	8	8	33
Peso vivo, kg	3.259	2.837	2.810	2.770	11.676
Demanda de MS, kg	2.927	2.562	2.544	2.516	10.549
<u>Balance forrajero, %</u>					
M.S propia	131	63	97	20	80
M.S externa	4	51	54	81	46
M.S total	135	114	151	101	126

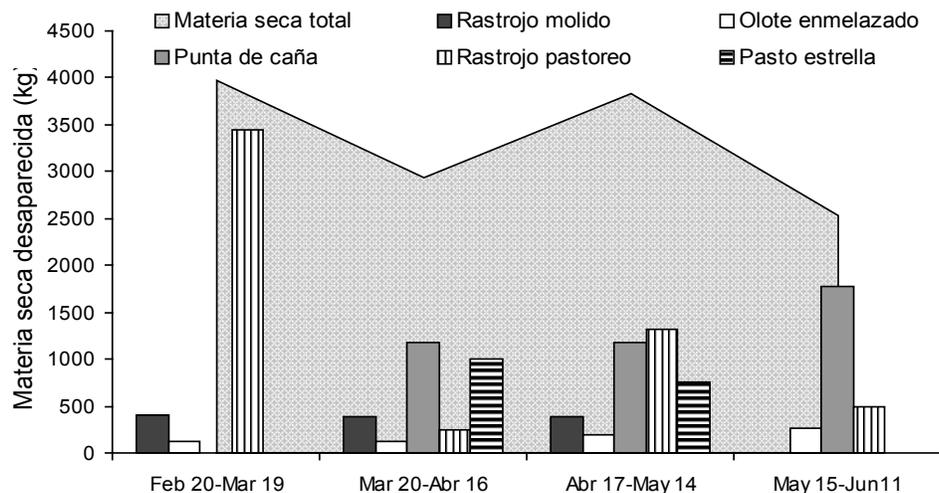


Figura 1. Dinámica de la desaparición de la materia seca producida e introducida durante la época seca de un sistema tradicional de doble propósito en Colima, México

caracteriza al ganado bovino en pastoreo, el cual inicialmente mostró una gran preferencia hacia el consumo de rastrojo de maíz. De acuerdo con observaciones realizadas por Fernández-Rivera y Klopfenstein (1989) y Gutiérrez-Ornelas y Klopfenstein (1991), dicha preferencia se relaciona con la disponibilidad de los componentes estructurales del rastrojo altamente palatables para el ganado bovino

como son en orden descendente, el grano residual, las brácteas, las hojas y los tallos. Esta característica en el consumo permitió que durante las primeras semanas de pastoreo el pasto estrella mostrara una tasa de crecimiento mayor a la tasa de consumo, lo cual le permitió no obstante la presencia constante del ganado incrementar su biomasa e incrementar la cantidad de materia seca disponible durante el tercer

Cuadro 2. Balance energético durante la época seca de un sistema tradicional de doble propósito en Colima, México

	Periodo				Total
	Feb 20 Mar 19	Mar 20 Abr 16	Abr 17 May 14	May 15 Jun 11	
EM producida en el sistema, Mcal	7.797	2.963	4.701	1.009	16.470
EM introducida al sistema, Mcal	278	2.513	2.653	3.910	9.354
EM total, Mcal	8.075	5.477	7.354	4.919	25.825
Número de animales	9	8	8	8	33
Peso vivo, kg	3.259	2.837	2.810	2.770	11.676
Producción de leche, kg/periodo†	700	644	644	630	2.618
<u>Demanda de EM, Mcal</u>					
Mantenimiento	3.669	3.212	3.182	3.155	13.218
Gestación	141	201	3.929		343
Producción de leche	812	747	747	731	3.037
Total	3.819	4.160		3.886	16.598
<u>Balance energético, %</u>					
EM propia	204	71	120	26	99
EM externa	7	60	68	101	56
EM total	211	131	188	127	155

† Incluye 2,5 kg/día de leche consumida por cada cría.

periodo evaluación. Asimismo, dicha recuperación propició una mejora en las características cualitativas del pasto.

El balance energético mostró por una parte, la capacidad del sistema forrajero para cubrir la demanda energética total del ganado y por otro lado, un desperdicio de la energía introducida al sistema por el productor. Aluja (1984) explica que en las regiones tropicales es común observar un predominio hacia la suplementación de tipo energética, debido entre otras cosas, a la falta de conocimiento del productor para diferenciar que tipo de nutriente (proteína o energía) aporta cada alimento en particular. Esta situación propicia, como se explico anteriormente, la introducción de productos que aportan un exceso de energía al sistema productivo. En este sentido, la reserva de una mayor cantidad de rastrojo molido para evitar su pisoteo y desperdicio en el campo durante los primeros meses y su posterior utilización podría ayudar a mantener niveles energéticos homogéneos durante todo el periodo de secas. Es necesario valorar que dicha acción conllevaría un incremento en el costo de producción por concepto de corte, acarreo y molido del esquilmo, situación que de acuerdo con Martínez *et al.* (2006) llega a provocar inestabilidad

económica en los sistemas de producción de pequeños productores, los cuales se ven obligados inclusive a vender sus animales para hacer frente a sus obligaciones económicas.

Los resultados muestran que la proteína es el elemento de menor disponibilidad producido dentro del sistema de producción, lo cual concuerda con los resultados del análisis de un sistema de producción de doble propósito basado en residuos de maíz y especies forrajeras nativas, realizado en los Llanos Altos de Venezuela por Berroterán y Piccoli (1993). Es importante mencionar que en ambos estudios los productores lograron ajustar el nivel de proteína requerido por el ganado sin la compra de suplementos proteicos, ya que en el caso del presente estudio, no obstante el pobre contenido de proteína que caracteriza a la punta de caña y el olote enmelazado, este fue suficiente para cubrir el déficit proteico del sistema productivo. Por lo que respecta a la proteína introducida al sistema, ésta podría ser producida al interior del mismo con el establecimiento de leguminosas forrajeras, las cuales son señaladas por numerosos estudios, entre el que se encuentra el de Macedo y Palma (1998), como una opción viable para la producción in situ de proteína. Estos autores

Cuadro 3. Balance proteico durante la época seca de un sistema tradicional de doble propósito en Colima, México

	Periodo				Total
	Feb 20 Mar 19	Mar 20 Abr 16	Abr 17 May 14	May 15 Jun 11	
PD producida en el sistema, kg	93,72	65,17	81,60	12,13	252,62
PD introducida al sistema, kg	3,43	32,06	33,78	49,82	119,09
PD total, kg	97,15	97,23	115,38	61,95	371,71
Número de animales	9	8	8	8	33
Peso vivo, kg	3.259	2.837	2.810	2.770	11.676
Producción de leche, kg/periodo†	700	644	644	630	2.618
<u>Demanda de PD, kg</u>					
Mantenimiento	54,75	47,66	47,21	46,53	196,15
Gestación	8,96	10,08			19,04
Producción de leche	42,00	38,64	38,64	37,80	157,08
Total	105,71	96,38	85,85	84,33	372,27
<u>Balance proteico, %</u>					
PD propia	89	68	95	14	68
PD externa	3	33	39	59	32
PD total	92	101	134	73	100

† Incluye 2.5 kg/día de leche consumida por cada cría.

lograron incrementar hasta en un 30% la producción de leche y mantener la condición corporal del ganado al introducir bancos de proteína de *Leucaena leucocephala* en una explotación ubicada en la región estudiada en el presente estudio.

Considerando que los forrajes constituyen la dieta base y se caracterizan por su alto contenido de fibra y bajo contenido de proteína, la adición de una fuente de amoníaco a partir de productos de alta disponibilidad y bajo costo como la urea o el excremento de aves podría ser fundamental en este tipo de sistemas para elevar la producción. Estos materiales podrían cubrir las exigencias de los microorganismos del rumen e incrementar la tasa de degradación ruminal de las fracciones fibrosas (Preston y Leng, 1989; Preston, 1995; Garmendia, 2005). Un buen proceso de fermentación ruminal puede satisfacer las demandas proteicas de mantenimiento de peso vivo, de crecimiento moderado, de gestación en sus dos primeros tercios y de producción láctea tardía, por medio del aporte de nutrientes de origen microbiano,

requiriéndose únicamente un aporte de tipo mineral en el suplemento (Zorrilla, 1989).

Este último autor expone que para el último tercio de gestación y la lactación temprana y media se requiere reforzar el aporte de nutrientes de origen microbiano con cantidades extras de glucosa y/o proteína a nivel intestinal. El uso de productos y subproductos agroindustriales como la copra, la pulidora de arroz, la melaza, la pulpa de cítricos entre otros para este fin, contribuiría además a lograr un aprovechamiento más racional de los recursos disponibles en el trópico (Preston y Leng, 1989; Zorrilla, 1989; Preston, 1995).

Finalmente cabe mencionar que la rentabilidad del sistema de producción medido a través de la relación beneficio costo, la cual es igual a 1,02 se encuentra en equilibrio (Macedo *et al.*, 2001), por lo que cualquier cambio que se plantee para mejorar el sistema de producción deberá realizarse a través del establecimiento de aquellas prácticas de manejo o la

introducción de aquellas tecnologías cuyo beneficio inmediato supere a su costo de implementación.

### CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que el sistema de producción tradicional de doble propósito sustentado en la utilización de la asociación pasto estrella-rastrojo de maíz es energéticamente sostenible mostrando un déficit importante en la producción de proteína y cubriendo en gran proporción la producción de materia seca necesaria para la alimentación animal.

### LITERATURA CITADA

- Aluja A. 1984. Livestock production systems in Central Veracruz state, Mexico. Tesis Doctoral. Cornell University. Ithaca, EUA.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15<sup>ta</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. AOAC, Arlington, EUA.
- Arriaga-Jordán C.M., A. Espinoza-Ortega, E.S. González-Esquivel, M. Ruiz-Albarrán, D. Heredia-Nava, J. Guadarrama-Estrada y A.O. Castelán-Ortega. 2006. Desarrollo participativo de estrategias de alimentación de ganado lechero en sistemas campesinos. Memoria XXXIV Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Asociación Mexicana de Producción Animal. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. pp. 255-258.
- Berroterán J.L. y V. Piccoli. 1993. Vegetación nativa y rastrojo de maíz en un sistema con ganado doble propósito en los Llanos Altos Venezolanos. Cien. Invest. Agraria, 20(2): 13-14.
- Cuesta M.P.A. 2005. Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. Revista Corpoica., 6(2): 5-13.
- Faría M.J. 2006. Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. X Seminario de Pastos y Forrajes. Univ. Zulia, Maracaibo. Venezuela. pp. 1-9.
- Fernández-Rivera S. y T.J. Klopfenstein. 1989. Yield and quality components of corn crop residues and utilization of these residues by grazing cattle. J. Anim. Sci., 67: 597-605.
- García-Trujillo R. 1982. Estudios en la aplicación de sistemas de expresión del valor nutritivo de los forrajes en Cuba y método de racionamiento. Tesis Doctoral. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, La Habana, Cuba.
- Garmendia J. 2005. Suplementación estratégica de vacas doble propósito alrededor del parto. IX Seminario de Pastos y Forrajes. Univ. Nac. Exp. Táchira, San Cristóbal, Venezuela. pp. 112-129.
- Gutiérrez - Ornelas E. y T.J. Klopfenstein. 1991. Changes in availability and nutritive value of different corn residue parts as affected by early and late grazing seasons. J. Anim. Sci., 69: 1741-1750.
- Harris L.E., G.P. Lofgreen, C.J. Kercher, R.J. Raleigh y V.R. Bohman. 1967. Technique of research in range livestock nutrition. Utah Agric. Exp. Station. Bulletin 471. Logan, EUA.
- Jarrige J. 1990. Alimentación de Bovinos, Ovinos y Caprinos. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Macedo R., M.A. Galina, J.M. Zorrilla, J.M. Palma y J. Pérez-Guerrero. 2001. Impacto económico de la introducción de tecnología en un sistema de producción agropecuario tradicional. Rev. Fac. Agron. LUZ, 18: 149-162.
- Macedo R., M.A. Galina, J.M. Zorrilla, J.M. Palma y J. Pérez-Guerrero. 2003. Análisis de un sistema de producción tradicional en Colima, México. Arch. Zootec., 52: 463-474.
- Macedo R. y J.M. Palma. 1998. Evaluación productiva y económica del manejo de bancos de proteína *Leucaena leucocephala* en Colima, México. Rev. Fac. Agron. LUZ, 15: 460-471.
- Martínez G.C.G., V.E. Sánchez, B.Y. Nava, S. Anderson y A. Dorward. 2006. Evaluación participativa del impacto socioeconómico y nutricional del uso de rastrojo molido en la alimentación animal en sistemas campesinos (Parte 2). Memoria XXXIV Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Asociación Mexicana de Producción

- Animal. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. pp. 267-270.
- Minson D.J., T.H. Stobbs, M.P. Hegarty y M.J. Playne. 1976. Measuring the nutritive value of pasture plants. *En* Shaw N.H. y W.W. Bryan (Eds.) Tropical Pasture Research. Principles and Methods. Comm. Agric. Bur., Field Crops Bull. 51, Farham Royal. Inglaterra. pp. 712-719.
- NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6<sup>a</sup> ed. National Academic Press. Washington, EUA.
- Preston T.R. 1995. Tropical Animal Feeding. A Manual for Research Workers. Animal Production and Health Paper No. 126. FAO. Roma, Italia.
- Preston T.R. y R.R. Leng. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. CONDRIT. Calí, Colombia.
- Ramírez-Avilés L., J.C. Ku Vera y J.A. Alayón Gamboa. 2007. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. Arch. Latinoam. Prod. Anim., 15 (Supl.1): 251-264.
- Rivas L. y F. Holmann. 2002. Sistemas de doble propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América Latina Tropical. Curso Internacional de Actualización en el Manejo de Ganado Bovino de Doble Propósito. UNAM. Veracruz, México. pp. 1-38.
- Romero T.E.M., O.E. Gutiérrez, B.H. Bernal, M.A. González y P.S. López. 2006. Indicadores del estatus nutricional a través del año en un hato de vacas de doble propósito en el norte de Veracruz. Memoria XXXIV Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Asociación Mexicana de Producción Animal. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. pp. 77-79.
- T'Mannetje L. 1978. Measurement of Grassland Vegetation and Animal Production. Comm. Agric. Bur., Past. Field Crops Bull. 52. CAB. Hurley, Inglaterra.
- Van Soest P.J. y R.H. Wine. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. J. Assoc. Off. Agr. Chem., 51: 780-785.
- Zorrilla R.J. 1989. Racionalidad del sistema de producción bovina de doble propósito en el trópico. Optimización y no maximización, objetivo pecuario en el trópico. Parte I. Revista Ganadero, 14(1): 35-45.