

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR**  
**Universidad de Camagüey**  
**Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”**

**Evaluación productiva de una asociación de gramíneas mejoradas  
y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con vacas Mambí de  
Cuba en condiciones comerciales**

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias  
Veterinarias**

**Autor: MSc. Tania Sánchez Santana**

**“Año 49 de la Revolución”  
Septiembre, 2007**

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR**  
**Universidad de Camagüey**  
**Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”**

**Evaluación productiva de una asociación de gramíneas mejoradas  
y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con vacas Mambí de  
Cuba en condiciones comerciales**

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias  
Veterinarias**

**Autor: MSc. Tania Sánchez Santana**

**Tutores: DrC. Luis Lamela López  
DrC. Redimio M. Pedraza Olivera**

**“Año 49 de la Revolución”  
Septiembre, 2007**

*“Cuando teníamos todas las  
respuestas cambiaron las  
preguntas”.*

Indios Aymara, Región Andina  
Fuente: De Sousa, 2003

## AGRADECIMIENTOS

- ✧ Agradezco de manera especial al DrC. Luis Lamela López, por su insustituible labor como tutor de esta tesis de doctorado y su constante preocupación por mi formación.
- ✧ Al DrC. Redimio Pedraza por su labor como tutor en esta tesis y su contribución en mi formación científica.
- ✧ Al DrC. Arabel Elías que con su experiencia y sus consejos oportunos contribuyó en mi formación profesional.
- ✧ Al DrC. E. R. Ørskov, por sus sabios consejos y su muestra de amistad sin límite.
- ✧ Al DrC. R. W. Mayes, por ser mi supervisor durante la estancia de tres meses en la IFRU y su paciencia para conmigo.
- ✧ A Miguel Benítez, por haberse iniciado como técnico en este trabajo con una gran responsabilidad y por su muestra de amistad sin límites.
- ✧ Al MSc. Onel López, por su colaboración, que me ayudó en la realización de este trabajo.
- ✧ A la MSc. Yuseika Olivera, por la ayuda brindada en la revisión del material de tesis
- ✧ Al DrC. Javier Arece, al Ing. Osmel Alonso, a la Lic. Nidia Amador, a la DrC. Hilda Machado, al DrC. Félix Ojeda, al DrC. Jesús Iglesias, a la MSc. Milagros Milera y a la DrC. Marta Hernández por la ayuda brindada en la revisión del material de tesis.
- ✧ Al Dr. MV Venancio por haber canulado los cuatro toros que se usaron en una parte de la investigación de la tesis.

- ✳ Al DrC. Andrés Senra, DrC. Roberto García López, DrC. Raúl Guevara, DrC. Rodolfo Corvisón, DrC. Lino Curbelo y DrC. Orestes La O por las sugerencias aportadas a este material de tesis.
- ✳ A la DrC. Verena Torres y la Lic. Delia Cino por la contribución en el procesamiento estadístico y el análisis económico de esta tesis, respectivamente.
- ✳ A Odel, Ernesto, Anobel, Franquis, Saray y Magalys, que fueron partícipes de esta investigación.
- ✳ A la Lic. Alicia Ojeda, por la ayuda prestada en la revisión del material de tesis.
- ✳ A Nancy Pérez, Nancy Altunaga, Yudith Lugo, Juan Carlos Lezcano, Aurora Montecino, Mercedes de Armas y Nilda Castro por su ayuda brindada en la elaboración de la tesis
- ✳ A Rubén, el administrador de la vaquería, sin cuya colaboración no hubiese sido posible la culminación de este trabajo.
- ✳ A la MSc. Elvira Ortiz por ofrecerme siempre su amistad y su ayuda.
- ✳ A la Dirección de la Empresa Genética de Matanzas y la Granja Triunvirato por toda la ayuda brindada.
- ✳ Al Consejo Científico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Camagüey.
- ✳ A la Fundación Ørskov, por financiarme una estancia de tres meses, en IFRU y poder concluir mi material de tesis
- ✳ Al Instituto de Macaulay de Escocia, por brindarme su instalaciones para culminar mi tesis.
- ✳ Al Instituto de Ciencia Animal por haberme ayudado en el procesamiento de las muestras de pasto.
- ✳ A la Dirección de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey” y a todos sus trabajadores que apoyaron y posibilitaron la realización de esta investigación.

***A todos, muchas gracias.***

## **DEDICATORIA**

- ✧ A mi madre y a mi padre que siempre han procurado darme lo mejor, a veces sin merecerlo.
  
- ✧ A toda mi familia por haber confiado siempre en mí y alentarme en los buenos y en los malos momentos.
  
- ✧ A mi hermana Matilde y a mi cuñado, Enrique Mesa, por su ayuda brindada.
  
- ✧ A mis amistades Yania, Leybiz, Yuseika, Bárbara, Javier, Osmel, Onel, Iván y Nidia por haberme soportado durante tanto tiempo y ofrecerme su ayuda y amistad sin condiciones.
  
- ✧ Por último, quiero dedicar de manera especial esta tesis, al Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y a su obra más perfecta: la Revolución cubana.

## SÍNTESIS

En una vaquería de la Empresa Genética de Matanzas se estudió durante cinco años, el comportamiento de la comunidad vegetal y los indicadores productivos de vacas lecheras Mambí de Cuba, en una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. La composición botánica se caracterizó por un predominio superior al 50%, de *Cynodon nlemfuensis* cv. Jamaicano y *Panicum maximum* cv. Likoni; mientras que la leucaena mantuvo la densidad de plantas, como una adaptación a las condiciones del sistema. La disponibilidad de materia seca total fue superior a 3 t/ha/rotación. Los resultados de la degradación ruminal *in situ* de la materia seca y la producción de gas *in vitro* de los forrajes demostraron un mejor comportamiento en el muestreo del período lluvioso; la mayor velocidad de degradación se obtuvo en la leucaena (0,03-0,04%/h<sup>-1</sup>). Se alcanzó coincidencia entre la curva real y potencial de producción de leche, con una eficiencia superior al 85%; los mayores valores se obtuvieron en el período lluvioso. Se concluye que la asociación de gramíneas mejoradas y leucaena presentó una alta disponibilidad de materia seca y persistencia del pastizal, con una estabilidad en la producción y en la calidad nutricional durante todo el año, que permite mantener las producciones totales, por lactancia (2030-2159 kg) y por hectárea (2411-3535 kg), así como valores adecuados de condición corporal, lo cual es un reflejo de la sostenibilidad del sistema. Se recomienda utilizar las asociaciones de gramíneas mejoradas y *L. leucocephala* cv. Cunningham para la producción de leche vacuna.

## ABSTRACT

### **Productive evaluation of an association of improved grasses and *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham with Mambí de Cuba cows under commercial conditions**

In a dairy farm of the Matanzas Genetic Enterprise a study was carried out for five years to determine the performance of the plant community and the productive indicators of Mambí de Cuba dairy cows, in an association of improved grasses and *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. The botanical composition was characterized by a predominance higher than 50% of *Cynodon nlemfuensis* cv. Jamaicano and *Panicum maximum* cv. Likoni, while leucaena maintained the plant density, as an adaptation to the conditions of the system. Total dry matter yield availability was higher than 3 t/ha/rotation. The results of the *in situ* ruminal degradation and *in vitro* gas production techniques showed a better performance of the forages during the rainy season sampling; the highest rumen degradation rate was obtained in leucaena (0,03-0,04%/h<sup>-1</sup>). A coincidence between the real and the potential milk production curves was obtained, with efficiency over 85%, the highest values appearing in the rainy season. It is concluded that the association of improved grasses and leucaena showed high dry matter availability and persistence of the pastureland, with stability in production and nutritional quality during the whole year, which allows to maintain the total productions, per lactation (2030-2159 kg) and per hectare (2411-3535 kg), as well as adequate values of body condition, which is a reflection of the sustainability of the system. To use the associations of improved grasses and *L. leucocephala* cv. Cunningham for cattle milk production is recommended.



## ABREVIATURAS

<b>a</b>	Solubilidad
<b>ANOVA</b>	Análisis de varianza
<b>b</b>	Fracción insoluble, pero potencialmente degradable
<b>BH</b>	Base húmeda
<b>c</b>	Velocidad de degradación de la fracción insoluble
<b>Ca</b>	Calcio
<b>CATIE</b>	Centro de Agricultura Tropical de Investigación y Enseñanza (Costa Rica)
<b>cm</b>	Centímetro
<b>cv.</b>	Cultivar
<b>CUP</b>	Peso cubano
<b>DIVMS</b>	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca
<b>DS</b>	Desviación estándar
<b>EE</b>	Extracto etéreo
<b>EEPF</b>	Estación Experimental de Pastos y Forrajes
<b>EF</b>	Enero- febrero
<b>EM</b>	Energía metabolizable
<b>ES</b>	Error estándar
<b>FAD</b>	Fibra ácida detergente
<b>FB</b>	Fibra bruta
<b>FND</b>	Fibra neutra detergente
<b>g</b>	Gramo
<b>h</b>	Horas
<b>ha</b>	Hectárea
<b>ICA</b>	Instituto de Ciencia Animal
<b>IFRU</b>	Internacional Fed Resorces Unit (Abeerden, UK)

<b>JA</b>	Julio-agosto
<b>K</b>	Potasio
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>m</b>	Metro
<b>MA</b>	Marzo-abril
<b>MF</b>	Materia fresca
<b>Mg</b>	Magnesio
<b>mg</b>	Miligramo
<b>MJ</b>	Mayo-junio
<b>mL</b>	Mililitro
<b>MLURI</b>	Macaulay Land Use Research Institute (Aberdeen, UK)
<b>MO</b>	Materia orgánica
<b>MS</b>	Materia seca
<b>ND</b>	Noviembre-diciembre
<b>N-FAD</b>	Nitrógeno asociado a la fibra ácida detergente
<b>N-FND</b>	Nitrógeno asociado a la fibra neutra detergente
<b>N-Total</b>	Nitrógeno total
<b>P</b>	Fósforo
<b>PB</b>	Proteína bruta
<b>PDIE</b>	Proteína digestible en función de la energía disponible en rumen
<b>PDIN</b>	Proteína digestible en función del nitrógeno disponible en rumen
<b>PEG</b>	Polietilenglicol
<b>PG</b>	Producción de gas <i>in vitro</i>
<b>PLL</b>	Período lluvioso
<b>PPLL</b>	Período poco lluvioso
<b>PM</b>	Peso metabólico
<b>PRV</b>	Pastoreo racional Voisin
<b>SO</b>	Septiembre-octubre
<b>t</b>	Tonelada
<b>TC</b>	Taninos condensados
<b>UGM</b>	Unidad de ganado mayor

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1.1. Adaptación de algunas gramíneas y leguminosas tropicales en función de la pluviosidad anual (mm). .....	<b>5</b>
Tabla 1.2. Rendimiento medio de gramíneas comerciales y naturales en diferentes condiciones ambientales (32 localidades de Cuba).* .....	<b>7</b>
Tabla 1.3. Contenido de proteína bruta (%) de la gramínea en los sistemas de pastoreo. ....	<b>10</b>
Tabla 1.4. Contenido de nutrientes en tres especies del género <i>Leucaena</i> . ....	<b>22</b>
Tabla 1.5. Composición química del follaje de <i>L. leucocephala</i> comparado con <i>Medicago sativa</i> . ....	<b>22</b>
Tabla 2.1. Caracterización química del suelo. ....	<b>37</b>
Tabla 2.2. Manejo de los animales por grupos. ....	<b>38</b>
Tabla 2.3. Consumo medio de alimentos ofrecidos adicionales al pasto en el período poco lluvioso. ....	<b>40</b>
Tabla 2.4. Composición bromatológica de los alimentos ofrecidos (en base seca). ....	<b>40</b>
Tabla 3.1. Densidad de plantas por hectárea por época del año. ....	<b>45</b>
Tabla 3.2. Disponibilidad de materia seca por hectárea por rotación. ....	<b>46</b>
Tabla 3.3. Disponibilidad de materia seca según la época del año (t de MS/ha/rotación). ....	<b>47</b>
Tabla 3.4. Efecto de la época en la oferta de materia seca (kg de MS/animal/día). ....	<b>47</b>
Tabla 3.5. Estimación del rendimiento de material comestible y leñoso de <i>L. leucocephala</i> podada a 1,0 m de altura. ....	<b>48</b>
Tabla 3.6. Composición química de las especies en estudio (%). ....	<b>51</b>
Tabla 3.7. Efecto del momento de muestreo en la degradación de la materia seca de <i>P. maximum</i> cv. Likoni. ....	<b>52</b>

Tabla 3.8. Efecto del momento de muestreo en la degradación ruminal de la materia seca de <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham. ....	<b>53</b>
Tabla 3.9. Parámetros que caracterizan la degradación de la materia seca. ....	<b>54</b>
Tabla 3.10. Efecto del momento de muestreo en la producción de gas a las 24, 48 y 72 h de <i>P. maximum</i> cv. Likoni. ....	<b>55</b>
Tabla 3.11. Efecto del momento de muestreo en la producción de gas a las 24, 48 y 72 h de <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham. ....	<b>56</b>
Tabla 3.12. Efecto del momento de muestreo en los parámetros de producción de gas de las especies estudiadas. ....	<b>56</b>
Tabla 3.13. Contenido de nutrientes de las especies de la asociación. ....	<b>57</b>
Tabla 3.14. Disponibilidad de PB, PDIN y PDIE según la época del año. ....	<b>57</b>
Tabla 3.15. Nutrientes de los alimentos adicionales empleados en la elaboración del balance alimentario. ....	<b>69</b>
Tabla 3.16. Balance alimentario retrospectivo para vacas en producción de leche. ....	<b>75</b>
Tabla 3.17. Balance retrospectivo para vacas de siete meses de gestación. ....	<b>76</b>
Tabla 3.18. Eficiencia productiva del rebaño 1. ....	<b>78</b>
Tabla 3.19. Otros indicadores de las vacas en el período evaluado. ....	<b>80</b>
Tabla 3.20. Efecto de la época en el peso de los terneros al nacer. ....	<b>81</b>
Tabla 3.21. Indicadores económicos (pesos). ....	<b>81</b>
Tabla 3.22. Balance alimentario retrospectivo para vacas en producción de leche. ....	<b>84</b>
Tabla 3.23. Balance retrospectivo para vacas de siete meses de gestación. ....	<b>84</b>
Tabla 3.24. Eficiencia productiva del rebaño 2. ....	<b>87</b>
Tabla 3.25. Otros indicadores de las vacas en el período evaluado. ....	<b>88</b>
Tabla 3.26. Efecto de la época en el peso de los terneros al nacer en el rebaño 2. ....	<b>88</b>
Tabla 3.27. Indicadores económicos (pesos). ....	<b>89</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Fig. 1.1. Precipitaciones mensuales ocurridas en la estación meteorológica de Indio Hatuey.....	6
Fig. 1.2. Efecto de la fertilización nitrogenada y el riego en la capacidad de carga. ....	6
Fig. 3.1. Composición botánica del pastizal. ....	44
Fig. 3.2. Dinámica evolutiva de las gramíneas mejoradas. ....	45
Fig. 3.3. Cinética de degradación de la materia seca de <i>P. maximum</i> cv. Likoni.....	52
Fig. 3.4. Cinética de degradación de la materia seca de <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham. ....	53
Fig. 3.5. Producción de gas <i>in vitro</i> de <i>P. maximum</i> cv. Likoni.....	54
Fig. 3.6. Producción de gas de <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham.....	55
Fig. 3.7. Producción de leche por vacas en ordeño, vacas totales y carga global. ....	73
Fig. 3.8. Estimación del consumo voluntario. ....	74
Fig. 3.9. Efecto del bimestre de producción en la producción de leche por vaca por día. ....	74
Fig. 3.10. Efecto de la época del año en la producción de leche. ....	75
Fig. 3.11. Producción de leche anual y por hectárea. ....	77
Fig. 3.12. Producción de leche promedio por época del año. ....	77
Fig. 3.13. Influencia de la condición corporal al momento del parto en la producción de leche. .....	79
Fig. 3.14. Producción de leche por lactancia y duración de la lactancia. ....	80
Fig. 3.15. Producción de leche por vacas en ordeño, vacas totales y carga global. ....	82
Fig. 3.16. Estimación del consumo voluntario. ....	82
Fig. 3.17. Efecto del bimestre en la producción de leche por vaca por día. ....	83
Fig. 3.18. Efecto de la época del año en la producción de leche. ....	83
Fig. 3.19. Producción de leche anual y por hectárea. ....	85
Fig. 3.20. Producción de leche promedio por época del año. ....	86
Fig. 3.21. Producción de leche por lactancia y duración de la lactancia. ....	87

## INDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>3</b>
<b>NOVEDAD CIENTÍFICA .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
1.1 PRODUCCIÓN DE PASTOS Y FORRAJES Y SU DISTRIBUCIÓN ANUAL.....	4
1.2 LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.....	11
1.3 GÉNERO LEUCAENA.....	19
1.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS DEL VALOR NUTRITIVO. SU APLICACIÓN EN ESTUDIOS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES.....	30
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....</b>	<b>35</b>
2.1 INTRODUCCIÓN .....	35
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL CLIMA .....	36
2.4 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO.....	36
2.5 DESCRIPCIÓN DE LA VAQUERÍA Y SU MANEJO GENERAL.....	37
2.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS ANIMALES.....	38
2.7 ALIMENTOS ADICIONALES OFRECIDOS. CARACTERÍSTICAS .....	39
<b>CAPÍTULO III. PARTE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>41</b>
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD VEGETAL EN UNA ASOCIACIÓN DE GRAMÍNEAS MEJORADAS Y LEUCAENA EN CONDICIONES COMERCIALES.....	41
3.1.1 INTRODUCCIÓN.....	41
3.1.2 DETERMINACIÓN DE LA PERSISTENCIA Y LA DISPONIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DE UNA ASOCIACIÓN DE GRAMÍNEAS MEJORADAS Y LEUCAENA EN CONDICIONES COMERCIALES.....	42

3.1.3 MATERIALES Y MÉTODOS .....	42
3.1.4 RESULTADOS.....	44
3.1.5 INDICADORES DEL VALOR NUTRITIVO DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES FORRAJEROS DE LA RACIÓN.....	48
3.1.6 MATERIALES Y MÉTODOS .....	48
3.1.7 RESULTADOS.....	51
3.1.8 DISCUSIÓN.....	58
3.1 EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE VACAS LECHERAS DE LA RAZA MAMBÍ DE CUBA EN UNA ASOCIACIÓN DE GRAMÍNEAS MEJORADAS Y LEUCAENA EN CONDICIONES COMERCIALES.....	68
3.2 INTRODUCCIÓN .....	68
3.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	68
3.4 RESULTADOS .....	73
3.5 DISCUSIÓN.....	89
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN GENERAL .....</b>	<b>102</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>104</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>105</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>106</b>

## INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción de leche en Cuba se basa, fundamentalmente, en la utilización de los pastos y forrajes para la alimentación del ganado.

Las especies tropicales se caracterizan por una marcada estacionalidad en función de las condiciones climáticas. Esta particularidad ocasiona un balance menos favorable de alimentos forrajeros en la época poco lluviosa. Además, en las áreas ganaderas predominan las especies naturalizadas de baja productividad, las cuales no contribuyen a lograr un alto rendimiento de materia seca ni de nutrientes como los que se necesitan para cubrir los requerimientos de los rumiantes.

La escasez de alimento para el ganado durante el período seco, ha traído como consecuencia la búsqueda de nuevas soluciones para cubrir el déficit de nutrientes que se produce durante esa época del año.

Como solución a la problemática, se comenzó inicialmente a emplear sistemas intensivos con el uso de gramíneas mejoradas más riego y fertilización. Si bien es cierto que con este tipo de sistema se incrementa la producción de leche, para lograrlo se necesita de altos insumos, tales como los concentrados y los fertilizantes químicos, que alcanzan en la actualidad precios cada vez mayores en el mercado mundial, además del alto gasto de energía fósil que se emplea para el riego y para producir granos y fertilizantes.

Los sistemas silvopastoriles con leguminosas arbustivas ofrecen una opción para producir leche y carne bovina, sin utilizar fertilizantes químicos y con la ventaja adicional de ser una vía de conservar el entorno, ya que promueven el mantenimiento de la cubierta arbórea en las explotaciones ganaderas. Es por ello que se consideran como sumideros de carbono y hábitat amigable para diversos organismos, lo cual permite desarrollar una interrelación entre diversos ecosistemas más estables (Alonso *et al.*, 2006a; Harvey, 2006; Ibrahim y Mora, 2006).



Rois *et al.* (2006) plantearon que los sistemas silvopastoriles tienen ventajas en tres dimensiones: la económica, la ambiental y la social, debido a que propician el desarrollo rural, cuidan el entorno y contribuyen a la biodiversidad.

El interés que han mostrado los agricultores y los ganaderos por la introducción de los árboles en las pasturas, se debe a la capacidad que tienen para proveer alimento de alto valor nutritivo, especialmente durante la época seca.

Por lo antes expuesto, cuando se piensa en un sistema sostenible para producir leche, en el cual se utilice como alimento fundamental el pasto, es necesario la presencia de las leguminosas arbóreas, debido a que, además de mejorar el valor nutritivo de la dieta, se conoce que desempeñan un papel importante en la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico, el cual se utiliza por las gramíneas en asociación (Sierra y Nygren, 2006).

En la década de los 90, la incorporación de las especies leñosas perennes en las áreas ganaderas cobró importancia en Cuba, debido a los resultados alcanzados en la producción de leche en condiciones de investigación, similares a los hallados cuando se aplican niveles medios de fertilización, y a la alta persistencia de las leguminosas y las gramíneas en el pastizal en este sistema.

La producción de leche en sistemas asociados de gramíneas mejoradas más *Leucaena leucocephala* mostró valores entre 5,8 y 9,2 kg/vaca/día, con cargas desde 1,7 hasta 2,0 vacas/ha (Iglesias y Hernández, 2005).

## **PROBLEMA CIENTÍFICO**

- A pesar de demostrarse en la práctica la importancia de las asociaciones de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham para la producción de leche, existe poca información integradora de la estabilidad del sistema, tanto en cantidad como en calidad de su biomasa comestible, y del comportamiento productivo de vacas lecheras en condiciones comerciales.

## **HIPÓTESIS DE TRABAJO**

- La asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con bajos insumos, garantiza una adecuada producción de biomasa de buena calidad nutricional durante el año y permite un satisfactorio comportamiento productivo, en condiciones comerciales, de vacas lecheras de la raza Mambí de Cuba.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el comportamiento de la comunidad vegetal y los indicadores productivos de vacas Mambí de Cuba en una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham en condiciones comerciales.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar el comportamiento de la persistencia del pastizal y la disponibilidad de materia seca en la asociación.
- Determinar algunos indicadores del valor nutritivo en los componentes forrajeros de la asociación.
- Evaluar el comportamiento productivo de vacas lecheras de la raza Mambí de Cuba y su relación con algunos indicadores económicos.

## **NOVEDAD CIENTÍFICA**

### **Por primera vez**

- Se ofrece una información integradora de la estabilidad de la asociación de gramíneas mejoradas y *L. leucocephala* cv. Cunningham durante cinco años, tanto en cantidad como en calidad de su biomasa comestible, y del comportamiento productivo de vacas lecheras en condiciones comerciales.
- Se realiza un estudio del comportamiento productivo de vacas de la raza Mambí de Cuba durante cinco años en una asociación de gramíneas mejoradas y *L. leucocephala* cv. Cunningham en condiciones comerciales.
- Se utilizan bovinos canulados en pastoreo en Cuba, en una asociación de gramíneas mejoradas y *L. leucocephala* cv. Cunningham, para evaluar la degradación de la materia seca por el método *in situ*.

## CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 Producción de pastos y forrajes y su distribución anual

Los principales factores de los cuales depende el sistema de alimentación de las vacas lecheras en el trópico son: la cantidad de pastos y forrajes que se produce en el medio donde se desarrolla la explotación, y la distribución anual del rendimiento.

Estos factores, conjuntamente con la composición bromatológica del pasto producido, son la clave fundamental para un sistema a base de pastos y forrajes.

La principal causa que afecta la producción de pastos y forrajes es el clima (temperatura, radiación solar, precipitación), debido a que el crecimiento de las plantas es producto, en primera instancia, del proceso de fotosíntesis que ocurre por la acción de la luz; además está muy relacionada con la variedad de pasto que se utilice, el nivel de fertilización, el uso o no de riego, el suelo y el manejo a que sea sometido (Whiteman, 1980; Lamela, 1992).

La cantidad de precipitación, y especialmente su distribución estacional, constituye uno de los factores climáticos que más limitan la productividad y utilización de las pasturas en el trópico. La gran importancia del agua deriva de su efecto en el crecimiento y en el desarrollo de las plantas, ya que actúa como constituyente y solvente responsable de la turgencia celular (Faría-Mármol, 1994).

En la tabla 1.1 se presenta la adaptación de algunas de las gramíneas y leguminosas tropicales en función de la pluviosidad anual.

Tabla 1.1. Adaptación de algunas gramíneas y leguminosas tropicales en función de la pluviosidad anual (mm).

Especie	400-600	600-1 000	1000-2 000	+ 2 000
<b>Gramíneas tropicales</b>				
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	XXX	XX		
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		XXX		
<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		XXX		
<i>Panicum maximum</i> Jacq.		XXX	XXX	
<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst ex. A. Rich.) Staff			XXX	
<b>Leguminosas tropicales</b>				
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (Dc.) Urb.		XX	XXX	
<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arm.) Lackey		XX	XXX	
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.			XX	XXX

XX Adaptadas, XXX Muy adaptadas

Fuente: Pardini (2000)

En Cuba, al igual que en otras regiones tropicales, la producción de pasto está influida por las condiciones climáticas existentes, principalmente por la distribución anual de las precipitaciones.

La desigualdad en la distribución anual de las precipitaciones hace que la mayor producción de pasto ocurra en el período lluvioso, que se extiende en Cuba de mayo a octubre, durante el cual cae el 80% de la precipitación promedio anual (1 300-1 400 mm).

Durante este período coinciden las altas temperaturas y radiaciones solares, lo cual favorece el crecimiento de las plantas. En la época poco lluviosa, que abarca de noviembre a abril, cae el 20% de las precipitaciones anuales y la producción de pasto se reduce drásticamente, tendencia que puede variar en los próximos años debido al cambio climático que sufre la tierra. Un ejemplo de esto se manifiesta en las precipitaciones registradas en la estación meteorológica de la EEPF Indio Hatuey (fig. 1.1).

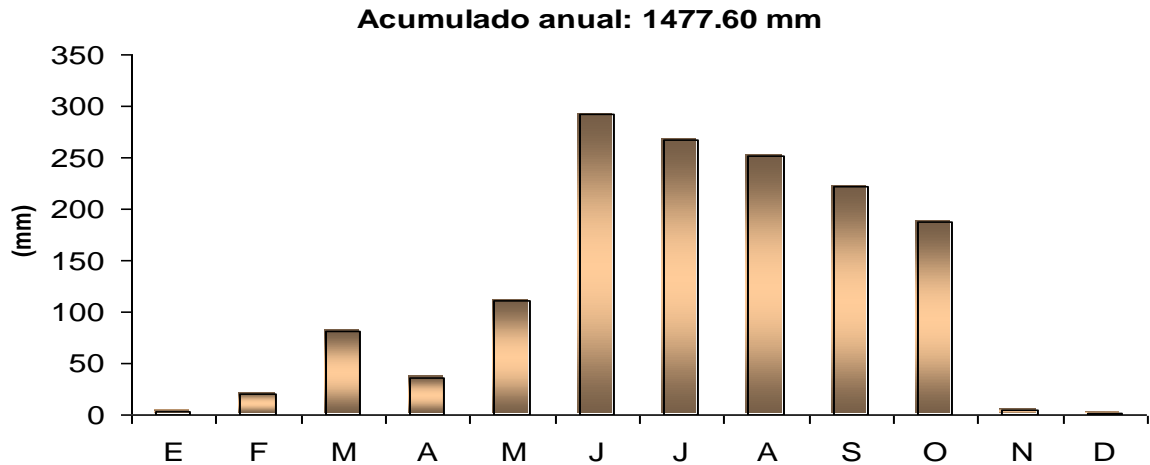


Fig. 1.1. Precipitaciones mensuales ocurridas en la estación meteorológica de Indio Hatuey  
Fuente: Estación Meteorológica, EEPF “Indio Hatuey” (2005).

En la figura 1.2 se muestra el efecto de los fertilizantes y del agua en la productividad y la capacidad de carga animal sobre los pastizales en el trópico; se evidenció que los fertilizantes, al igual que el uso del riego, incrementaron de manera notable la producción de los pastos.

En este sentido, se observa que en función de cómo se distribuye los rendimientos de materia seca según la época de año, es necesario ajustar la capacidad de carga. En términos generales, la carga que se debe emplear en el período lluvioso debe ser aquella que permita a los animales cubrir sus requerimientos en su totalidad con el pasto; mientras que en el período poco lluvioso, si se mantiene el mismo número de animales, será necesario cubrir una parte de estos con otra fuente de alimento y así suplir el déficit de pasto y de nutrientes que se produce en esta época.

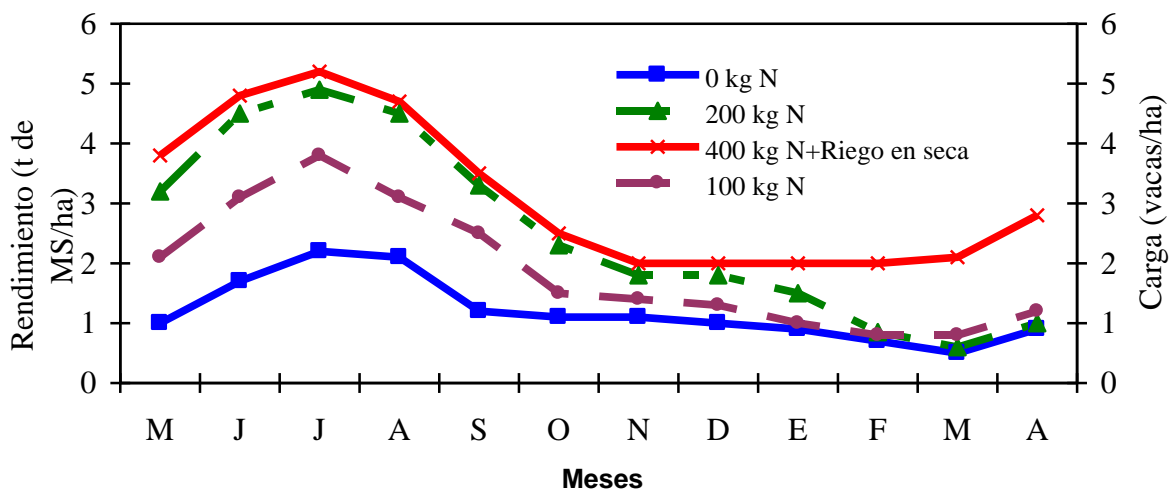


Fig. 1.2. Efecto de la fertilización nitrogenada y el riego en la capacidad de carga.  
Fuente: García-Trujillo (1981)

El empleo de variedades mejoradas, las cuales presentan un mayor potencial de producción que las especies de pastos naturales, es otra opción que permite favorecer la alimentación de los animales en los ecosistemas ganaderos cubanos.

Entre las macollosas con mejores condiciones pratenses, e incluso forrajeras, se puede señalar las variedades: *Panicum maximum* cvs. Likoni, Uganda, Común de Australia y SIH-127; *Cenchrus ciliaris* cvs. Biloela y Formidable; y *Andropogon gayanus* CIAT-621; una variedad de hábito semimacolloso: *Chloris gayana* cv. Callide; seis variedades de hábito rastrero: *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Cynodon dactylon* cvs. 67 y 68, *Digitaria decumbens* A-32, *Cynodon nlemfuensis* cvs. Tocumen y Jamaicano, y *Brachiaria purpurascens*; y cuatro erectas de buenas condiciones forrajeras con alta calidad: *Pennisetum purpureum* 801-4, Taiwan A-144, CRA-265 y CT-115 (Corbea *et al.* 1996).

Estos mismos autores refieren que dichas variedades, independientemente de su hábito de crecimiento, alcanzan un potencial productivo medio de materia seca entre 15,6 y 22,1 t/ha/año cuando se riegan y fertilizan, entre 9,8 y 16,0 t/ha/año en seco y fertilizadas solo en el período de lluvia, y entre 9,0 y 11,0 t/ha/año en seco sin fertilización, lo que representa un incremento medio de 35,7; 44,6 y 40,4% por encima de lo que producen las gramíneas naturales y/o naturalizadas (tabla 1.2).

Tabla 1.2. Rendimiento medio de gramíneas comerciales y naturales en diferentes condiciones ambientales (32 localidades de Cuba).\*

Variedades	Rendimiento (t MS/ha/año)		
	Riego + fertilización (200 kg N/ha)	Secano + fertilización (150 - 180 kg N/ha)	Secano sin fertilización
Macollosas	15,6-21,7	11,6-19,5	10,0-12,0
Rastreras	13,8-20,1	8,0-16,5	8,0-10,0
Erectas	20,0-24,6	10,0-12,0	-
Media	15,6-22,1	9,8-16,0	9,0-11,0
Pastos naturales	10,0-15,0	6,0-8,0	5,0-7,0

\* Suelo: Ferralítico (5 tipos), Pardo (con o sin carbonatos), Oscuro Plástico, Aluvial y Húmico

Fuente: Corbea *et al.* (1996)

En los últimos años se han realizado introducciones, por parte del Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes de Cuba, de nuevas variedades, entre las que se encuentran *Panicum maximum* cvs. Mombasa y Tanzania, y *Brachiaria* híbrido cv. Mulato.

Estas especies se caracterizan por presentar contenidos de proteína de 12 a 15%, una digestibilidad de 55 a 62% y producciones forrajeras de hasta 25 t de MS/ha/año con fertilización (Guiot, 2001).

Dichos valores se encuentran dentro de los mejores rendimientos hallados en las especies más productivas comerciales, como *P. maximum* cv. Likoni, *Cynodon nlemfuensis* y *Pennisetum purpureum* CT-115 en esas mismas condiciones (Anon, 1987; Martínez *et al.*, 1994; Padilla *et al.*, 2005; Herrera, 2005).

En Cuba se han aprobado siete variedades de leguminosas herbáceas: *Lablab purpureus* cv. Rongai, apropiada para corte e incluso para pastoreo; *Medicago sativa* cv. Gilboa Africana, preferentemente para la producción de forraje; así como *Stylosanthes guianensis* cv. CIAT-184, *Teramnus labialis* cv. Semilla Clara, *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, *Centrosema* híbrido CIAT-438 y *Arachis postrata*, todas con características eminentemente pratenses; además de cinco variedades de árboles: *Leucaena leucocephala* cvs. Cunningham, Perú, Ipil-Ipil y CNIA-250, con posibilidades para el ramoneo en bancos de proteína o asociaciones; y *Albizia lebbek*, también para este propósito o para la confección de harinas a partir de sus legumbres y semillas secas.

El potencial de producción de materia seca de las leguminosas comerciales se encuentra entre 7,0 y 17,0 t/ha/año (Corbea *et al.*, 1996) y es de 27,0 t/ha/año en *M. sativa* cv. Gilboa Africana cuando se aplica fertilización química (Anon, 1987).

La tendencia mundial en la última década es a reducir el uso de fertilizantes químicos, no solo por sus altos costos, sino también por los daños que provocan en la ecología, en el potencial productivo de los suelos agrícolas y en la salud humana.

En igual sentido, los estudios han demostrado que cuando el suelo ha sido erosionado, el rendimiento de las cosechas disminuye desde un 20% hasta un 60%, comparado con el obtenido en los no erosionados (Masse, 1990).

Se hace necesario buscar alternativas que promuevan incrementos en los rendimientos, pero que a su vez no provoquen daños en la fertilidad de los suelos.

La inclusión de los árboles y arbustos (especialmente los leguminosos) en los pastizales es una alternativa viable, debido a su contribución a la disminución de la erosión, el mejoramiento de la fertilidad del suelo a través del aporte de nitrógeno atmosférico y el reciclaje de nutrientes, entre otros aspectos (Sierra *et al.*, 2002; Dulormne *et al.*, 2003).

Además, se ha comprobado que en los sistemas donde se emplean las especies arbóreas, aumenta la biomasa comestible y el contenido de proteína bruta de las gramíneas, en comparación con aquellos sistemas de gramíneas mejoradas sin fertilizar.

En un sistema compuesto por una mezcla de pastos cultivados y naturales asociados con leucaena, se obtuvo una disponibilidad de materia seca de 5,0 y 3,6 t de MS/ha/rotación para las gramíneas y 0,6 y 1,1 t de MS/ha/rotación para la leguminosa en los períodos lluvioso y poco lluvioso, respectivamente, sin la aplicación de fertilizantes químicos y con el empleo de una carga de 0,9 UGM/ha (Iglesias, 2003).

Hernández *et al.* (1998) evaluaron la disponibilidad de materia seca total de una multiasociación con las siguientes especies: *L. leucocephala* cv. Cunningham, *S. guianensis* cv. CIAT-184, *N. wightii* cv. Tinaroo, *T. labialis* cv. Semilla Clara, *C. pubescens* cv. SIH-129 y *P. maximum* (una mezcla de los cvs. Likoni y SIH-127), y obtuvieron un rendimiento de biomasa comestible de 7 131,9 y 4 594,8 kg de MS/ha/rotación para los períodos lluvioso y poco lluvioso, respectivamente, sin el uso de la fertilización.

La composición química de las gramíneas varía en función de la madurez del pasto, con disminución de los niveles de proteína bruta e incremento de sus contenidos de FND y FAD a medida que avanza la edad (Chaves *et al.*, 2006).

Según Ruiz y Febles (2005) las asociaciones de gramíneas y leucaena presentan una producción de biomasa comestible mayor y más estable, incluyendo los meses del período poco lluvioso, en relación con las áreas de monocultivo. Estos autores encontraron una producción acumulada anual de materia seca de 21,9 t de MS/ha para el sistema de leucaena más gramínea asociada, y de 7,1 t de MS/ha en gramíneas sin fertilizar.

Hernández *et al.* (2001a), al evaluar cuatro sistemas productivos: gramínea en monocultivo y *A. lebbeck*, *B. purpurea* y *L. leucocephala* asociados con *P. maximum* cv. Likoni, encontraron los porcentajes de PB más altos en los sistemas con árboles (tabla 1.3).



Tabla 1.3. Contenido de proteína bruta (%) de la gramínea en los sistemas de pastoreo.

Sistema	Año			Época	
	1995	1996	1997	PLL	PPLL
<i>P. maximum</i> (monocultivo)	6,2	6,4	6,9	7,3	5,6
<i>P. maximum</i> + <i>A. lebbeck</i>	9,8	7,3	9,4	9,0	8,5
<i>P. maximum</i> + <i>B. purpurea</i>	8,8	7,6	8,2	8,8	7,5
<i>P. maximum</i> + <i>L. leucocephala</i>	11,3	10,4	12,6	13,5	9,3

PLL Período Lluvioso PPLL Período poco lluvioso

Fuente: Hernández *et al.* (2001a)

Un comportamiento similar se ha señalado para las especies *P. maximum*, *C. nlemfuensis* y *Paspalum notatum*, las cuales han presentado un incremento en el contenido de proteína bruta entre una y tres unidades porcentuales, cuando la leucaena u otro árbol leguminoso forma parte de la comunidad vegetal del cuartón o parcela (Hernández *et al.*, 1987; Guevara *et al.*, 1996; Ruiz *et al.*, 1998a).

Ello demuestra el efecto beneficioso de los árboles leguminosos sobre las gramíneas en los sistemas asociados, ya que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico al suelo, el cual es aprovechado por las gramíneas en asociación.

El aumento en el contenido de PB de las gramíneas en sistemas asociados con especies arbóreas, también puede ser una adaptación de estas plantas a la reducción de la luz por efecto de la sombra proyectada por los árboles, lo cual influye en su fisiología. En estas condiciones se obtienen mayores valores de PB cuando se comparan con los sistemas en los cuales no existe la especie arbórea y los rayos solares inciden directamente sobre el pasto (Wilson, 1991; Guevara *et al.*, 1996; Pentón, 2000).

Estos resultados demuestran que la inclusión de los árboles es una buena opción para incrementar el rendimiento y los contenidos de proteína bruta de los pastos sin el empleo de fertilizantes químicos, y corroboran que los árboles, en especial los leguminosos, fijan el nitrógeno atmosférico al suelo, el cual es utilizado por las gramíneas cuando se encuentran asociadas.

## **1.2 Los sistemas silvopastoriles**

Los sistemas silvopastoriles se presentan como una modalidad de los sistemas agroforestales y, por sus resultados, constituyen un importante paso en la estrategia de lograr la armonía entre la protección ambiental y el desarrollo ganadero (Carvalho, 1997; Simón *et al.*, 1998).

Son considerados como una opción agropecuaria que involucra la presencia de los árboles, los cuales a su vez interactúan con los componentes tradicionales, el pasto y el animal. Este conjunto, cuando es sometido a un sistema de manejo integrado, permite incrementar la productividad y el beneficio neto del sistema a largo plazo (Pezo e Ibrahim, 1998; Ruiz y Febles, 1999; Hernández y Babbar, 2001; Víctor y Álvaro, 2004).

Kass (1992), al valorar la información disponible sobre el tema, planteó que desde el punto de vista de las prácticas que integran y por sus funciones, los sistemas silvopastoriles se clasifican como:

- ❖ Bancos de proteína.
- ❖ Asociaciones de árboles con pastos.
- ❖ Pastoreo en plantaciones forestales y frutales.
- ❖ Cercas vivas.

Por su parte, Ibrahim *et al.* (1998) clasifican los sistemas silvopastoriles de la siguiente forma:

- ❖ Cercas vivas.
- ❖ Bancos de proteína o energía.
- ❖ Leñosas perennes como barreras vivas en áreas de pendiente, como parte de un sistema de corte y acarreo para la suplementación de ganado estabulado.
- ❖ Sistemas de cultivo en callejones con leguminosas arbóreas o arbustivas intercaladas con forrajeras herbáceas.
- ❖ Pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales.
- ❖ Cortinas rompevientos en fincas ganaderas.
- ❖ Pastoreo en matorrales y bosques naturales.
- ❖ Árboles maderables o frutales dispersos en potreros.

De igual forma, Sánchez (1999) propone clasificarlos como sigue:

- ❖ Pastoreo en bosques naturales.
- ❖ Pastoreo en plantaciones forestales para madera.
- ❖ Pastoreo en huertos.
- ❖ Pastoreo en plantaciones de árboles con fines industriales.
- ❖ Praderas con árboles o arbustos forrajeros en las praderas.
- ❖ Sistemas mixtos con árboles forrajeros o multipropósito para corte.
- ❖ Sistemas agroforestales especializados para la ganadería intensiva.

Estas clasificaciones obedecen a los criterios de los investigadores, basados en las formas de aplicación de los sistemas silvopastoriles en sus países de origen. En este sentido, la clasificación más empleada en Cuba es: banco de proteína, asociación de árboles en toda el área, pastoreo en plantaciones forestales y frutales, y cercas vivas.

La introducción de tecnologías silvopastoriles en los sistemas ganaderos tropicales, al tiempo que mejora la calidad nutricional de la dieta, contribuye a disminuir la emisión de metano de los bovinos. También ayuda a recuperar áreas degradadas, al permitir en ellas la regeneración natural de los ecosistemas (Ibrahim y Mora, 2006; Harvey, 2006).

La integración de árboles y arbustos dentro de las fincas ganaderas es una forma de avanzar, si se quiere reducir al mínimo los impactos ambientales negativos de los sistemas ganaderos tradicionales de producción.

Los sistemas silvopastoriles mantienen la biodiversidad, al crear un ambiente favorable para los diferentes microorganismos y las especies vegetales adaptadas a los microclimas en los cuales se desarrollan (Rois *et al.*, 2006).

Sánchez y Crespo (2004) determinaron el comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas puras o intercaladas con leucaena, y encontraron diferencias en la macrofauna entre las áreas. La densidad y la biomasa fueron superiores en el sistema con árboles en ambas épocas climáticas. Las lombrices, los diplópodos y los isópodos fueron los organismos más representados en cuanto a la abundancia. Con respecto a la biomasa, las lombrices ocuparon el 57 y 27% para la asociación y el monocultivo, respectivamente.

Según Rincón (1995) existen beneficios de orden biológico y económico que hacen de los sistemas silvopastoriles una tecnología sostenible:

Los beneficios biológicos son:

- ❖ La energía solar es usada más eficientemente por la biomasa vegetal, debido a la estratificación vertical de los componentes vegetativos del sistema.
- ❖ Usualmente el sistema radical de las especies de plantas presenta estratificaciones verticales al ocupar diferentes horizontes del suelo, con lo cual se mejora la amplitud de remoción de nutrimentos esenciales.
- ❖ La presencia de los árboles en el sistema productivo facilita el reciclaje de los nutrimentos removidos y, simultáneamente, los residuos de las plantas dan protección al suelo contra la erosión.

Los beneficios económicos son:

- ❖ Una reducción de los costos de mantenimiento para controlar la maleza debajo de los árboles, pues con el pastoreo, como producto del consumo realizado por los animales, disminuyen las especies herbáceas.
- ❖ Una diversificación de las salidas y el posible incremento del egreso total producidos por unidad de área de tierra, aspecto en el cual supera al sistema de monocultivo.

Según Ávila (1995), Harvey y Haber (1999), y Souza *et al.* (2000), si bien los sistemas silvopastoriles no son de uso generalizado, cada día se están difundiendo más por los beneficios que representan para el productor.

Los estudios realizados en sistemas sostenibles en el trópico recomiendan el silvopastoreo como una alternativa posible para los productores que dispongan de pocos recursos (Gutteridge y Shelton, 1994; Pezo e Ibrahim, 1998).

### **1.2.1 Los bancos de proteína**

Se denomina bancos de proteína a la siembra de herbáceas rastreras, o de árboles y arbustos cuyo follaje tiene un alto contenido de proteína, dispuestos en arreglos de alta densidad de plantas (Camero e Ibrahim, 1995; Murgueitio *et al.*, 2001).

Existen dos formas de aprovechamiento de los bancos de proteína: una es cosechar el forraje y llevarlo a los animales en sistemas de corte y acarreo; y otra a través de pastoreo directo de los animales.

Los bancos de proteína en los cuales los animales pastorean directamente los árboles han sido descritos por varios autores (Ruiz *et al*, 1987; Jordán *et al.*, 1991).

Según Rincón (1995), las especies que integran un banco de proteína deben satisfacer ciertos requisitos, entre los que se encuentran:

- ❖ Persistencia a diferentes frecuencias de defoliación.
- ❖ Palatables al ganado.
- ❖ Capacidad de rebrote de mediana a alta.
- ❖ Alto contenido de proteína.
- ❖ Bajo contenido de metabolitos secundarios.

En Cuba, al emplear los bancos de proteína con pastoreo directo de los animales y la aplicación de fertilizantes en el área de la gramínea, se han alcanzado producciones de leche de 9 a 10 kg/vaca/día (Milera *et al.*, 1994).

Cuando no se aplicaron fertilizantes químicos en el área de las gramíneas, se produjo una disminución del rendimiento de MS y de la calidad, principalmente en el contenido de PB, con valores inferiores al 5%; por tanto, se obtuvo una menor producción láctea (3-5 kg/vaca/día).

Ello tuvo un efecto negativo en la reproducción, pues se incrementaron las vacas vacías debido al bajo contenido de PB de los pastos; estos resultados fueron descritos por Soler *et al.* (1996) y Lamela *et al.* (1996).

Una preocupación para los ganaderos que manejan los bancos de proteína en pastoreo es la altura que alcanzan las especies arbóreas después de dos o tres años del comienzo de la explotación con animales. De ahí la necesidad de realizar podas cada vez que lo requiera la planta.

Según Ruiz *et al.* (1986), con el decursar de los años el incremento de la altura representa una gran pérdida de biomasa comestible. De ello se deriva que las podas sean una actividad necesaria para el manejo y la explotación del banco de proteína en pastoreo.

Hernández *et al.* (1987) demostraron la factibilidad de la poda escalonada de la leucaena, a una altura entre 1,0 y 1,2 m y hubo una buena recuperación de las especies arbóreas después de esta labor; siempre dentro del cuartón se dejaron árboles para garantizar la sombra de los animales.

En muchos lugares del trópico, los sistemas intensivos de producción animal y la necesidad de obtener leña hacen necesario que los árboles se corten y se utilicen en sistemas de banco de forraje para corte y acarreo, lo que permite realizar un uso más intensivo de la tierra.

Por su parte, Horne *et al.* (1986) plantean que deben considerarse varios factores en el empleo de las plantas arbóreas en sistemas de corte y acarreo, entre los que se encuentran:

- ❖ La altura de corte.
- ❖ La frecuencia de corte.
- ❖ La densidad de plantas.
- ❖ Los factores edafoclimáticos.
- ❖ Las interacciones entre ellos.

En Cuba Francisco *et al.* (1998) evaluaron el efecto de tres alturas de corte (40, 100 y 150 cm) en la producción de biomasa comestible de *L. leucocephala*, y obtuvieron las mayores producciones a la altura de 150 cm (367 kg de MS/ha) en el período poco lluvioso; mientras que no hubo diferencias significativas entre los rendimientos de biomasa comestible obtenidos para las alturas de 100 y 150 cm (250 y 287 kg de MS/ha) en el período lluvioso.

Otro factor a considerar para obtener altos rendimientos de materia seca es el intervalo entre cortes. Según Shelton y Brewbaker (1994), en sitios muy productivos los intervalos entre cortes pueden ser de 6-8 semanas y de 12 semanas en las zonas menos productivas.

Los intervalos de corte óptimos para promover altos rendimientos de materia seca comestible varían con los factores ambientales. En sentido general, los intervalos más largos entre defoliaciones incrementan el rendimiento total; no obstante, la alta proporción de material leñoso o no comestible también puede conducir a una disminución de la calidad del forraje, aunque es menos significativo que en las gramíneas.

En estos sistemas, para comenzar su explotación después de la siembra es preciso que haya transcurrido un período de 6-12 meses para permitir la formación del sistema radical y que el diámetro del tronco basal sea al menos de 10-15 mm antes de imponerle un régimen de corte (Hernández y Simón, 1994; Camero e Ibrahim, 1995).

### **1.2.2 Asociaciones de árboles con pastos**

Según Barrios *et al.* (2000) en los sistemas de asociación de árboles con pastos el objetivo principal es la ganadería. Los animales pastan en toda el área de pastoreo, y a su vez consumen las hojas, los tallos tiernos y los frutos de los árboles.

La utilización de los árboles leguminosos en estos sistemas ayuda a la rehabilitación de los suelos a través de una fuerte recirculación de nutrimentos y por la fijación simbiótica del nitrógeno.

Esta característica de la asociación le da ventaja sobre los sistemas de banco de proteína. El uso de leguminosas arbóreas y herbáceas en el sistema de banco de proteína está limitado al 20-30% del área de pastoreo, por lo que los beneficios que estas plantas realizan están solo circunscritos a la superficie que ocupan; mientras que en las asociaciones se beneficia toda la pradera (Simón, 1996).

En los sistemas asociados las gramíneas aportan el alimento voluminoso; mientras que las leguminosas, por su alto contenido de proteína, sirven como suplemento o complemento de la dieta obtenida en pastoreo (Simón, 1998; Elías *et al.*, 2006).

En este sentido, los árboles leguminosos tienen la ventaja de fijar el nitrógeno atmosférico mediante los rizobios que viven en simbiosis con sus raíces. Las cantidades que pueden fijar están entre 30 y 500 kg/ha/año, en dependencia de la especie, el clima y el tipo de suelo (López, 1987; Hernández, 1998). Una de las ventajas de la introducción de los árboles leguminosos en toda el área de pastoreo, es que ayuda a la rehabilitación de los pastizales.

En Cuba, antes de la década del 90, la prioridad fue la siembra de sistemas silvopastoriles en forma de banco de proteína. Con posterioridad a 1995 se comenzó la siembra de los sistemas de asociación en toda el área de pastoreo, que llegaron a 13 500,5 ha; mientras que existían 5 730 ha de banco de proteína (Simón, 2005).

Los trabajos realizados por Hernández *et al.* (1986; 1987) y Simón *et al.* (1995a) con el empleo de *L. leucocephala* y *A. lebbeck*, respectivamente, y por Hernández *et al.* (1994; 1998) con asociaciones múltiples de gramíneas y leguminosas, han demostrado la eficiencia de estos sistemas para la producción de leche y carne, si se comparan con sistemas a base de gramíneas solas sin fertilizar o con el empleo de la especie arbórea en un 20-30% del área.

Esto se debe al efecto de los árboles leguminosos en los pastos, que incrementan su contenido de PB, y al mismo tiempo aumentan la biomasa comestible y se benefician los animales con la sombra que proyectan.

### **1.2.3 Pastoreo en plantaciones forestales y frutales**

En esta práctica los animales pastorean en una plantación que puede ser de árboles para la producción de madera o leña y frutales (Montagnini, 1992).

Según Anon (2001), su objetivo principal es obtener algunos de los productos antes mencionados, y tienen como beneficios adicionales, la reducción del riesgo de incendio al disminuir la biomasa herbácea bajo los árboles por el pastoreo y la reducción del costo para el control de las especies vegetales (gramíneas, arbustos) que invaden y compiten con los árboles.

La ganadería proporciona ingresos a corto plazo y los productos pecuarios contribuyen a mejorar el flujo económico mientras se espera la cosecha de la madera, lo cual ayuda a maximizar la rentabilidad del sistema.

En el CATIE se han realizado estudios sobre sistemas agrosilvopastoriles en plantaciones de *Psidium guajaba* (guayaba) y se ha demostrado que estos árboles rebrotan fácilmente, lo que dificulta su erradicación. El ganado no consume el forraje de esta especie arbórea, sino solo sus frutas, lo cual favorece su supervivencia (Somarriba, 1995); sin embargo, los sistemas cuyo objetivo principal sea la obtención de las frutas no se deben explotar con animales, porque afectan los rendimientos del área.

En explotaciones cítricas se han reportado incrementos en la producción de leche y en la ganancia media diaria para vacas y ovinos, por la utilización de la disponibilidad de pasto que se desarrolla debajo de la plantación de cítrico; sin embargo, el consumo de los frutos atenta contra la producción del sistema y contribuye al deterioro de la plantación (Esperance *et al.*, 1994; Borroto *et al.*, 1995; Mazorra *et al.*, 2004; Mazorra, 2006).



En Cuba Simón *et al.* (1994) demostraron la factibilidad económica de utilizar los equinos para el control del enyerbamiento en las áreas cítricas, al lograr mantener el césped rebajado sin afectar la cosecha de naranjas, en zonas donde predominaban las especies *P. maximum* e *Hyparrhenia rufa*.

#### **1.2.4 Cercas vivas**

Las cercas vivas son una modalidad de los sistemas agroforestales que se basan en la plantación de árboles y arbustos (en líneas) en los linderos externos e internos de las fincas; su establecimiento se hace a partir de postes o estacas de plantas con capacidad de rebrote, con el objetivo de impedir el paso de los animales y las personas, o para marcar los límites de las propiedades (Otaróla, 1995).

De ahí que sea una práctica desarrollada por los productores en las explotaciones agrícolas de diversos países del mundo.

La creación de otros métodos de delimitación de las fincas con postes de concreto y de madera, y la utilización de la mecanización hicieron que decreciera el interés por desarrollar esta ancestral práctica agrícola (Hernández *et al.*, 2001b).

Según Carvajal (2005), las especies más usadas son: *Gliricidia sepium*, *Erythrina* sp., *Leucaena leucocephala*, *Brosimum alicastrum*, *Spondias purpurea*, *Anacardium occidentale*, *Yucca elephantipes*, *Bursera simaruba*, *Cedrela mexicana*, *Tectona grandis*, *Swietenia macrophylla*, *Eucalyptus* spp. y *Gmelina arborea*, entre otras.

En trabajos realizados en Cuba se plantea que las plantas más empleadas en los linderos de las fincas ganaderas son: *B. simaruba*, *G. sepium*, *Erythrina* sp. y *Phicus* sp. (Simón *et al.*, 1995a).

Las cercas vivas aportan diversos productos de valor económico, como alimento humano, forraje, productos medicinales, leña y nuevos postes para cercas; protegen los cultivos y animales contra el viento; sirven como barrera para detener la erosión y tienen un efecto beneficioso sobre el suelo.

Algunas de sus desventajas son: la necesidad de un manejo cuidadoso con la poda y la dificultad para eliminarlas si se requiere prescindir de ellas en el futuro (Budowski *et al.*, 1985; Montagnini, 1992).

En las fincas ganaderas el uso de las cercas vivas puede significar considerables ahorros para el agricultor, ya que cada día se hace más difícil adquirir postes de madera perdurables y los postes artificiales o de concreto han adquirido precios cada vez más prohibitivos (Hernández y Simón, 1994).

El potencial de producción de biomasa comestible en cercas vivas depende de la especie utilizada, la distancia de siembra, la época del año, la frecuencia de poda y las características edafoclimáticas del sitio.

En la ganadería tropical esta práctica tiene el incentivo de facilitar el uso de un follaje de alto valor biológico, lo cual constituye un suministro adicional de alimentos para los animales en las explotaciones ganaderas.

En la especie *G. sepium* se han alcanzado producciones de biomasa comestible que pueden aportar 4,4 kg de MS/árbol a los 120 días del rebrote, después de efectuada una poda estratégica, y con una digestibilidad *in situ* de la materia seca del 58 al 69% (Arcos, 2000; Pedraza *et al.*, 2003).

## **1.3 Género *Leucaena***

### **1.3.1 Consideraciones generales**

Los árboles y arbustos de la familia *Leguminosae*, gracias a su versatilidad y naturaleza multipropósito, por muchos años han desempeñado un papel preponderante en los sistemas de producción animal en el trópico, incluso en zonas distantes de sus orígenes (Pezo, 1994; Pezo e Ibrahim, 1998).

El follaje de los árboles leguminosos posee altos valores de proteína bruta, de energía y de minerales, y porcentajes aceptables de digestibilidad, aunque la concentración proteica es el atributo nutricional más importante. El forraje de estas plantas es adecuado para la alimentación de bovinos, ovinos y caprinos (Lamprecht, 1990; Leng, 1997; Escobar *et al.*, 1998).

En sentido general, las especies de esta familia son altamente palatables y los rendimientos de forraje comestibles están en un rango de 3 a 30 t de MS/ha/año, en dependencia de la fertilidad del suelo, la distancia entre hileras, la precipitación y la temperatura (Shelton y Brewbaker, 1994).

### **1.3.2 Origen, distribución y taxonomía del género**

*Leucaena* es un género de la subfamilia *Mimosoidae*, tribu *Mimosae*. Todas sus especies son nativas del Nuevo Mundo y se han extendido desde el suroeste de Texas en los Estados Unidos hasta Perú. Posteriormente, mediante la acción del hombre, se distribuyó por el Pacífico y África; actualmente se encuentra extendida en la mayoría de los países tropicales (Shelton y Brewbaker, 1994; Brewbaker, 1998).

*L. leucocephala* es una de las especies más estudiadas dentro del género; en la actualidad se le considera una especie pantropical de carácter semiautóctono. Su distribución altitudinal alcanza desde 0 hasta 800 m y en casos aislados 1 000 m (Lamprecht, 1990; Shelton, 1996).

Requiere de 750 mm o más de precipitación anual y persiste en períodos secos prolongados (Skerman *et al.*, 1991).

Durante mucho tiempo existió una confusión importante sobre la taxonomía del género *Leucaena* (Hughes y Harris, 1995). Al inicio del siglo se habían descrito más de 50 especies, la mayoría de las cuales, después de un estudio, resultaron ser sinónimos, quedando establecidas finalmente 17 especies (Brewbaker, 1987).

La distribución de este género en Cuba es bastante general; según informa Menéndez (1982) en su trabajo de prospección se encontraba presente *L. leucocephala* en los suelos Fersialíticos pardos-rojizos, Pardos con carbonatos, Aluviales, Escabrosos, Húmicos-carbonáticos y Costeros.

Por otra parte, esta especie tiene dentro de sus limitantes principales la poca tolerancia a encharcamientos prolongados y a suelos con pH menor que 5,5 (Hughes, 1998).

### **1.3.3 Variedades**

*L. leucocephala* (Lam) de Wit se agrupa en cuatro tipos bien definidos (Gray, 1968).

- ❖ Cv. Perú: ligeramente más alto que el cv. Hawai, con hojas más grandes, las cabezuelas de flor son mayores pero contienen menos flores. Crece como un árbol simétrico y regularmente ramificado, que en buenas condiciones puede alcanzar una altura de 2 m y su uso comercial fue autorizado en Australia en 1962.

- ❖ Cv. El Salvador: planta erecta, con muy pocas ramificaciones basales. Las hojas son más largas que las del cv. Hawai, mientras que las vainas y semillas son semejantes. Su desventaja en comparación con el cv. Perú es su crecimiento alto y erecto. Produce madera y leña y tiene mayor producción de biomasa que la Hawai.
- ❖ Cv. Hawai: tipo pequeño y arbustivo común en Hawai. Es un tipo de intensa floración, pero de bajo rendimiento (9-10 t de MS/ha). Según Cardona (1996) es nativa de México, de alta resistencia a la sequía y se emplea principalmente como leña.
- ❖ Cv. Guatemala: tipo alto y de escasa floración.

Por su parte, Barnard (1972) plantea que *L. leucocephala* (Lam) de Wit, conocida como leucaena, tiene dos cultivares:

- ❖ Cv. Perú: es un árbol pequeño, con un sistema radical profundo. El crecimiento inicial es lento y es sensible a la competencia en el primer año.
- ❖ Cv. Salvador: es una planta de tallo erecto, sus rendimientos de materia seca y proteína bruta son menores que los del cv. Perú.

En Cuba la Comisión Nacional de Variedades aprobó tres cultivares de la especie *L. leucocephala* para su introducción a escala comercial: Cunningham, Perú e Ipil Ipil (Anon, 1987), los cuales están ampliamente extendidos en las empresas ganaderas y representados en una superficie de más 19 000 ha.

### **1.3.4 Valor nutritivo**

El valor nutritivo de un alimento está determinado por su capacidad de suministrar los nutrientes requeridos por el animal para su mantenimiento, crecimiento y reproducción, y es una función del consumo, la digestibilidad y la eficiencia con que se empleen los nutrientes (Norton *et al.*, 1994).

En el caso de los árboles y de las leguminosas este indicador depende, entre otros factores, del contenido de energía, proteína, minerales y vitaminas que son capaces de suministrar a partir de la MS consumida por los animales; así como de los resultados productivos que se obtengan (Devendra, 1995). La predicción de la calidad, expresada como el valor nutritivo, es el factor fundamental en el desarrollo de sistemas de alimentación.

Las especies de leucaena contienen altas concentraciones de PB cuando se comparan con las gramíneas tropicales; no obstante, existen diferencias dentro del género, donde se destaca *L. leucocephala* con una mayor DIVMS y un menor contenido de taninos y fibra (tabla 1.4).

Tabla 1.4. Contenido de nutrientes en tres especies del género *Leucaena*.

Especie	PB (%) <sup>1</sup>	FND (%) <sup>1</sup>	FAD (%) <sup>1</sup>	DIVMS (%) <sup>1</sup>	TC (%) <sup>2</sup>
<i>L. leucocephala</i>	22,8 <sup>a</sup>	32,0 <sup>d</sup>	18,1 <sup>b</sup>	66,3 <sup>a</sup>	6,6 <sup>c</sup>
<i>L. pallida</i>	15,5 <sup>c</sup>	37,3 <sup>a</sup>	20,6 <sup>a</sup>	56,4 <sup>c</sup>	8,5 <sup>b</sup>
<i>L. diversifolia</i>	20,6 <sup>b</sup>	34,1 <sup>c</sup>	20,5 <sup>a</sup>	54,2 <sup>c</sup>	12,0 <sup>a</sup>

1. Determinado en las hojas.
  2. Taninos condensados (libres o atrapados)
- Fuente: Norton *et al.* (1994)

En sentido general, la leucaena representa un alimento completo de elevado valor en términos de PB, energía, digestibilidad y palatabilidad, que es capaz de sustituir a la soya en las dietas para rumiantes (Clavero, 1998).

En la tabla 1.5 se muestra una comparación entre la composición química del follaje de esta leguminosa con respecto a la alfalfa, considerado un forraje de alta calidad en las zonas templadas, y se puede notar que sus contenidos de nutrientes son semejantes y en algunos casos superiores a los de esta planta.

Tabla 1.5. Composición química del follaje de *L. leucocephala* comparado con *Medicago sativa*.

Indicador	<i>L. leucocephala</i>	<i>Medicago sativa</i>
Proteína bruta (%)	25,9	26,9
Cenizas (%)	11,0	16,6
Calcio (%)	2,4	3,2
Fósforo (%)	0,2	0,4
β-caroteno (mg/g)	536,0	253,0
Taninos (mg/g MS)	10,2	0,1
Energía bruta (kJ/g MS)	20,1	18,5

Fuente: NAS, citado por (Shelton y Brewbaker, 1994)

En Cuba se han llevado a cabo numerosos estudios de la composición bromatológica y el valor nutritivo de esta especie.

González y Cáceres (2002) evaluaron el efecto de la época en la composición química de *L. leucocephala* cv. Cunningham y encontraron un comportamiento diferente en la proteína bruta para el período lluvioso y el seco, que fue de 17,8 y 24,1%, respectivamente.

Pinto *et al.* (2002), al caracterizar en términos de composición química algunas especies arbóreas y herbáceas del trópico mexicano, señalaron valores de proteína bruta de 20,0% para *L. leucocephala* (Lam) de Wit, similares a los reportados en Cuba.

*L. leucocephala* presenta valores de la FND entre 40,5 y 48,5% y para la FAD de 19,1-32,2%, que varían según las condiciones edafoclimáticas de la región en la cual esté sembrada (Larbi *et al.*, 1998; Singh *et al.*, 2005; Gómez *et al.*, 2006).

Gutiérrez *et al.* (2005) evaluaron el consumo y la digestibilidad de la materia seca total en vacas en pastoreo durante la época de lluvia, con bancos de proteína de leucaena, y obtuvieron consumos totales para el sistema de 15,3 kg de MS/día, equivalentes al 3% del peso vivo de los animales.

Sandoval *et al.* (2005) encontraron un menor consumo de materia seca en *L. leucocephala* al compararla con *Brosimum alicastrum*, al realizar una prueba de cafetería con vacas. Los valores obtenidos fueron de 15,6 y 55,4 g MS/kg PM, vinculado a la presencia de una mayor concentración de factores antinutricionales en la leucaena.

### **1.3.4.1 Factores antinutricionales**

Los factores antinutricionales pueden ser definidos como aquellas sustancias generadas por el metabolismo natural de las especies vegetales, y que por diferentes mecanismos (inactivación de los nutrientes o alteración en los procesos digestivos) provocan efectos contrarios a la nutrición óptima de los animales (Williams, 2000).

De acuerdo con Norton (1994) son sustancias químicas presentes en las plantas, que no están relacionadas directamente con el proceso de crecimiento y cuya función es repeler el ataque de los insectos y los hongos, pero que a su vez, cuando son consumidas por los herbívoros, afectan el valor nutricional de los alimentos.

Los factores antinutricionales han sido una limitante en la utilización de los árboles y arbustos en la ganadería, y se incluyen dentro de este grupo de sustancias los aminoácidos no proteicos, los glicósidos, las fitohematoaglutininas, los compuestos polifenólicos, los triterpenos y el ácido oxálico.

Dentro de las especies arbóreas que contienen estas sustancias se encuentran: *L. leucocephala*, *Indigofera spicata*, *Acacia giraffae*, *Acacia cunninghamii*, *Acacia sieberiana*, *Albizia stipulata* y *Sesbania sesban*, entre otras. Además existen otros compuestos, como los polifenoles (taninos y lignina), que están presentes en todas las plantas (Kumar, 1992).

### **Taninos**

Los taninos se definen como compuestos polifenólicos de estructura química variada, que se encuentran ampliamente distribuidos en el mundo vegetal. Son de alto peso molecular (500-3 000 Daltons) y tienen la propiedad de precipitar los alcaloides y las albúminas (Kumar y D'Mello, 1995; Peris, 1995; Makkar y Goodchild, 1996).

Estos interesantes compuestos, por su gran variedad estructural, se subdividen en dos grandes grupos: los taninos hidrolizados y los condensados. Los primeros son altamente tóxicos para los animales.

Los taninos condensados son metabolitos de alto peso molecular, cuya función es proteger las plantas de la depredación causada por los insectos y los animales herbívoros. Su acción principal es formar complejos insolubles con las proteínas y con la pared celular de las plantas, lo cual hace que el alimento sea menos palatable y los nutrientes menos disponibles para los animales (Wheeler *et al.*, 1994).

Según Nguyen *et al.* (2005) los taninos condensados desempeñan un papel significativo en la nutrición de los animales, causando efectos adversos o beneficiosos en la utilización, la salud y la producción de nutrientes, en función de la concentración presente en las plantas y su peso molecular. La concentración de TC en los forrajes se extiende generalmente a partir de 20-40 g/kg MS.

Estos autores señalan que los taninos condensados también tienen efectos biológicos en el control de los nemátodos gastrointestinales, y plantean que existen efectos directos por las interacciones que se establecen entre los TC y los nemátodos, lo cual reduce la viabilidad del parásito.

*L. leucocephala* contiene niveles moderados de taninos condensados (1,4-7,8%) que protegen la proteína de la degradación ruminal (55 y 60%). En este sentido, Bamualin *et al.* (1984) informan que el 34% de la proteína de las hojas del cv. Cunningham puede pasar a través del rumen sin degradarse.

Vitti *et al.* (2005), al realizar un estudio para determinar la capacidad de precipitar la albúmina sérica bovina por parte de los taninos condensados presentes en las especies *L. leucocephala*, *Sesbania sesban* y *Cajanus cajan*, encontraron valores de 6,13; 25,9 y 4,05  $\mu\text{g/g}$  MS, respectivamente, para este indicador.

Estos mismos autores hallaron una correlación negativa de 0,99 y 0,91 entre la producción de gas a las 24 horas con los fenoles totales y taninos condensados de las especies estudiadas. Sin embargo, no hubo efecto de los taninos condensados en la degradabilidad de la materia seca por el método *in situ*.

Los taninos condensados pueden actuar sobre la disminución de la población de protozoos en el rumen; no obstante, en estudios realizados por Monforte *et al.* (2005) para evaluar la capacidad desfaunante del follaje de árboles tropicales, se refiere que la leucaena no provocó la disminución en los protozoos del rumen. A similares conclusiones habían llegado Odeyinka *et al.* (2004), pero al evaluar el valor nutritivo de las semillas en esta especie.

La presencia de niveles moderados de taninos en *L. leucocephala*, le confiere ventajas desde el punto de vista nutricional. Este compuesto se une a las proteínas presentes en el forraje, lo cual trae como consecuencia que no sean degradadas por los microorganismos del rumen y escapen a las partes bajas del tracto gastrointestinal como una fuente de proteína verdadera para el rumiante.

### **Mimosina**

La mimosina es un aminoácido no proteico de estructura similar a la tirosina y está presente en todas las especies del género *Leucaena* (Kumar, 1992).

Es conocido que el contenido de aminoácidos de este género varía de acuerdo con la especie, la variedad, la época del año y la madurez de la planta. Su determinación en 10 variedades de *L. leucocephala* muestra que los menores contenidos de este aminoácido se encontraron en CNIA-250, P III-150, Perú y Cunningham, mientras que la de mayor contenido fue la variedad Ipil-Ipil (Escobar *et al.*, 1989).



Este compuesto puede encontrarse en todas las partes de la planta, pero las mayores concentraciones se hallan en los puntos de crecimiento de los tallos (8-12% de la MS), en las hojas jóvenes y en las semillas (4-5%) (Jones, 1994a).

A la leucaena se le atribuyen efectos alelopáticos en la germinación y el desarrollo de las plantas indeseables, por su contenido de mimosina (Moura *et al.*, 2001).

Jones (1994b) señala que la mimosina, al llegar al rumen, es convertida en 3,4 DHP (3-hidroxy-4,1 (H) piridona) y considera que este metabolito es el más perjudicial al fisiologismo animal, por su poder bociógeno al disminuir los niveles de tirosina en suero sanguíneo, lo cual provoca la pérdida del apetito, alopecia y salivación excesiva; sin embargo, de acuerdo con estudios realizados estos efectos solo se manifiestan cuando la leucaena constituye más del 30% de la dieta de los animales por períodos prolongados (Shelton y Brewbaker, 1994).

En investigaciones desarrolladas en el ICA, en Cuba, se encontró que de las 40 cepas de bacterias aisladas, 27 eran capaces de degradar la mimosina y el 3-hidroxy-4,1 (H) piridona, y 13 el 2,3 dihidro-xipiridona en el rumen, pero ninguna era capaz de degradar los tres compuestos, lo cual, junto con otras características físicas y microbiológicas, permitió descartar la presencia de *Synergistes jonesii* en nuestras condiciones (Galindo *et al.*, 1995).

Esta bacteria ha sido identificada en el rumen de los animales que habitan en América Central y el Caribe, y es capaz de degradar la mimosina y sus metabolitos secundarios (Jones, 1994b).

Dado que en Cuba los rumiantes poseen bacterias capaces de realizar la destoxificación de estos compuestos y que no se han encontrado síntomas clínicos adversos, se ha llegado a la conclusión que esta leguminosa en la dieta de vacas lecheras, lejos de provocar trastornos nutricionales, constituye una valiosa alternativa para mejorar el balance de nutrientes de la ración.

En nuestras condiciones, por razones de manejo, la leucaena constituye menos del 30% de la dieta. Cuando esta especie se siembra en banco de proteína con una densidad media y alta, forma parte del 25-30% del área de pastoreo y el tiempo de acceso a ella es limitado (de una a cuatro horas).

En sistemas asociados, para garantizar la disponibilidad de materia verde del estrato herbáceo se disminuye la densidad de plantas por hectárea, razón por la cual el porcentaje de inclusión de esta especie en la dieta de los bovinos tampoco sobrepasa el 30%.

### 1.3.4.2 Producción de leche

Las respuestas en la producción de leche de una vaca dependen de un conjunto de factores, entre los que se destacan el potencial genético, el sistema de explotación y su manejo.

En un sistema con un banco de proteína de *L. leucocephala* cv. Perú, que contaba con un área de guinea likoni fertilizada (120 kg de N/ha/año), manejado con vacas del cruce Holstein x Cebú y una carga de 2,5 vacas/ha, la producción promedio de leche obtenida fue de 10,1 kg/vaca/día durante el período de evaluación (tres años). En el período lluvioso se practicó el pastoreo por tres horas diarias con siete días de estancia y 14 de reposo; mientras que en el período poco lluvioso el pastoreo fue en días alternos, con siete días de estancia y 28 de reposo (Mitera *et al.*, 1994).

En condiciones comerciales Lamela *et al.* (1999) estudiaron una tecnología de manejo y explotación de la guinea likoni fertilizada con 70 kg de N/ha/año y banco de proteína de *L. leucocephala* cv. Cunningham más glycine durante dos años, e informaron una producción promedio de leche en vacas mestizas de 9,0 y 9,3 kg/vaca/día para el primer y segundo año, respectivamente. El tiempo de reposo para el área del banco de proteína fue de 30 y 42 días para la lluvia y la seca, respectivamente. Además, en el período poco lluvioso se restringió el tiempo de pastoreo de cuatro a cinco horas diarias y se suministró caña molida en las canoas en la nave de sombra; en ambas épocas del año los animales se suplementaron con un concentrado comercial, a razón de 1 kg/vaca/día.

En otros dos sistemas de manejo en condiciones comerciales, sembrados con pasto estrella y guinea likoni sin fertilizar y banco de proteína de *L. leucocephala*, con una carga de 1,7 vacas/ha, se obtuvieron producciones de leche de 5,7 y 6,6 kg/vaca/día, respectivamente (Lamela *et al.*, 1996).

En estos experimentos los animales fueron suplementados durante todo el año con pienso criollo a razón de 1 kg/vaca/día, y en el período poco lluvioso se limitó el acceso al área del banco de proteína a cuatro horas para evitar el deterioro del pastizal.

Lamela *et al.* (2001) utilizaron 68 vacas ( $\frac{3}{4}$  Holstein x  $\frac{1}{4}$  Cebú) para estudiar el efecto de un banco de proteína de *L. leucocephala* cv. Cunningham, en 29 ha de pasto (donde predominó la especie *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano) y 3 ha de caña. Se empleó una carga de 1,7 vacas/ha y una suplementación con caña de 15 kg durante el período poco lluvioso.

La producción de leche fue 4,1 y 8,1 kg/vaca/día para los bimestres marzo-abril y julio-agosto, respectivamente. Se obtuvo una mayor producción en el bimestre julio-agosto, que se correspondió con el período lluvioso debido principalmente al mayor rendimiento de materia seca, lo cual influyó de manera positiva en la respuesta productiva de los animales.

En Colombia, Suárez *et al.* (1987) obtuvieron producciones de 7-8 kg/vaca/día, cuando los animales tuvieron acceso a un banco de proteína de leucaena más áreas de pangola/paspalum. Estas producciones fueron superiores en un 22% a las de las vacas que pastorearon solo en las gramíneas.

En México, Macedo y Palma (1998) evaluaron el comportamiento productivo de bancos de proteína (*L. leucocephala*) en sistemas de bovinos de doble propósito. La implementación de la tecnología incrementó de 1,0 hasta 2,5 kg/vaca/día la producción de leche en los ranchos.

Hernández *et al.* (1998), al estudiar una multiasociación de *L. leucocephala* cv. Cunningham, leguminosas herbáceas y gramíneas mejoradas, obtuvieron producciones promedio de leche de 8,4 y 9,0 kg/vaca/día para seca y lluvia sin amamantamiento de terneros, con una oferta de MS de 25 kg/vaca/día, tiempos de reposo en los cuartos de 57 y 64 días, y estancia de 1,5 y un día para la lluvia y la seca, respectivamente.

Jordán *et al.* (1998) estudiaron el efecto de la introducción progresiva de *L. leucocephala* cv. Perú en una vaquería, sin necesidad de desactivar la unidad, y encontraron que la producción de leche en vacas Holstein se incrementó de 7,9 hasta 9,5 kg, a medida que aumentó el porcentaje del área cubierta por la leucaena desde el primer hasta el cuarto año. La producción por hectárea al año aumentó de 2 790 hasta 5 406 kg/ha/año.

Esta vaquería fue suplementada con 196 g de concentrado por kilogramo de leche producido en ambas estaciones; simultáneamente, la carga aumentó de 2,0 hasta 3,0 animales/ha desde el primer hasta el cuarto año.

Lamela *et al.* (2004), al evaluar el efecto de una asociación de *L. leucocephala* y *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano con vacas Holstein, obtuvieron producciones de leche por vacas en ordeño de: 7,6 y 7,7; 6,5 y 6,5; 7,0 y 6,8 kg/vaca/día en el primer, segundo y tercer año de evaluación para las dos vaquerías estudiadas, respectivamente. Se encontró efecto del bimestre de producción en el comportamiento productivo de los animales, con los mejores resultados en julio-agosto.

Por su parte, Muñoz *et al.* (2004) evaluaron una asociación de *L. leucocephala* y *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano (23 años de establecida), con vacas mestizas, y obtuvieron producciones de leche de 5,1 kg/vaca en ordeño/día, que representó un incremento de 2,2 kg/vaca en ordeño/día en comparación con las áreas de monocultivo de la unidad.

Según Hernández y Ponce (2000), los indicadores físico-químicos de la leche de vacas Holstein Friesian en sistemas silvopastoriles oscilan dentro de los valores establecidos para Cuba en cuanto a la calidad de la leche. Los valores hallados por estos autores para el porcentaje de grasa, la lactosa, los sólidos no grasos y los sólidos totales fueron de: 3,8; 4,8; 8,4 y 12,1%, respectivamente.

Hernández (2005) realizó un experimento para conocer la influencia de la época del año en la producción y la composición de la leche de rebaños en condiciones silvopastoriles, durante un año, en tres fincas lecheras constituidas por genotipos Holstein Friesian (rebaño 1), Mestizos Holstein (rebaño 2) y Siboney de Cuba ó 5/8 H x 3/8 C (rebaño 3).

Los rebaños mostraron cierta disminución de la producción de leche durante la época de seca, con diferencias significativas entre esta y la época de lluvia, y los valores fueron de 11,2 vs. 15,1; 7,6 vs. 9,8; y 8,9 vs. 11,3 kg/día para rebaños 1, 2 y 3, respectivamente. Similar comportamiento mostraron la proteína y los sólidos no grasos; mientras que la grasa se comportó mejor en el período poco lluvioso.

Según Simón (2001), cuando se emplean los sistemas de bancos de proteína de arbóreas, la asociación de árboles más pasto y la multiasociación de especies herbáceas y leñosas, se obtienen producciones de leche de 2 934, 3 147 y 5 347 kg/ha/año, respectivamente, en todos los casos superiores a las alcanzadas con gramíneas en monocultivo (1 790 kg/ha/año).

Dichos resultados se deben al efecto de la incorporación de los árboles en el sistema, que se potencia con la inclusión de las especies arbóreas y permite obtener un mayor volumen de leche.

Los sistemas con árboles superan en producción de leche a los sistemas de monocultivo, debido a que proporcionan un mayor contenido de proteína bruta en la dieta y un mayor rendimiento de materia seca, y además benefician la fertilidad del suelo.

Los sistemas asociados han tenido una gran aceptación por los productores, tanto de Cuba como de América Latina, y actualmente se trabaja en su introducción a escala comercial.

En sentido general, cuando se emplea la leucaena en sistemas de banco de proteína, con o sin la aplicación de fertilizantes químicos a las gramíneas y en sistemas asociados en toda el área, es imprescindible el manejo, es decir, los tiempos de reposo deben estar en función de la especie arbórea para garantizar su persistencia en el pastizal.

#### **1.4 Métodos de análisis del valor nutritivo. Su aplicación en estudios en sistemas silvopastoriles.**

La degradación de los forrajes en el rumen es un proceso complejo, que involucra las interacciones entre los microorganismos (protozoos, bacterias y hongos) y entre la población de microorganismos y el animal. Es por eso que las técnicas que se empleen para determinar el valor nutritivo deben ser capaces de simular el ambiente ruminal, tales como temperatura, pH y anaerobiosis (Williams, 2000).

Hasta el presente se han empleado numerosos métodos, pero en la actualidad la técnica de la bolsa *in situ* en rumen es, probablemente, el método más utilizado (Pedraza, 1998; 2000). Sin embargo, otros procedimientos también se utilizan, dentro de los que se encuentran: el análisis proximal y su método alternativo para la determinación del fraccionamiento de la fibra (Van Soest, 1994), la digestibilidad *in vitro* (Tilley y Terry, 1963) y la técnica de producción de gases *in vitro* (Menke y Steingass, 1988).

En los últimos años ha cobrado auge el empleo de técnicas de evaluación de alimentos con las que no se provoque daño físico a los animales y que, de forma rápida, se obtengan resultados confiables (Pedraza, 2000). Dentro de este contexto se encuentran el uso de los *n*-alcanos para estimar el consumo y la composición botánica de la dieta de animales en pastoreo (Malossini *et al.*, 1996; Hameleers y Mayes, 1998).

Con frecuencia se emplean sistemas que combinan las especies arbóreas con gramíneas cultivadas, que pueden constituir una fuente de proteína para los microorganismos del rumen y aportar a la nutrición de los rumiantes; por tanto, es ventajoso estudiar el efecto de los árboles en el ambiente ruminal (Makkar, 2001; Ørskov, 2005).

### 1.4.1 Método de la bolsa en rumen

El método de las bolsas se ha empleado con éxito para la evaluación del valor nutritivo de los árboles y arbustos de importancia para la ganadería. Los principales resultados han estado dirigidos a caracterizar la degradación de la materia seca, el nitrógeno y la fibra, de las especies arbóreas de interés para la alimentación animal.

En Venezuela se realizó un estudio con el objetivo de evaluar la degradabilidad *in situ* de la materia seca y la proteína bruta de *L. leucocephala* y *P. maximum*. Los resultados mostraron un efecto significativo de las especies sobre la cinética de degradabilidad *in situ* de la MS. Se observó una mayor degradabilidad inicial (20,8%) en la leucaena, mientras que la degradabilidad máxima (58,7%) fue superior en el pasto guinea; sin embargo, la menor tasa de degradación ( $0,0389 \text{ h}^{-1}$ ) se encontró en la guinea y no se hallaron diferencias para el potencial de degradación entre las especies (Razz *et al.*, 2004).

Por otra parte Sandoval *et al.* (2005), al caracterizar la degradación *in situ* de la materia seca de *L. leucocephala*, encontraron valores de 40,2%; 35,6% y  $0,054 \text{ h}^{-1}$  para la fracción soluble (**a**), la fracción insoluble pero potencialmente degradable (**b**) y la velocidad de degradación (**c**), respectivamente.

La O *et al.* (2000), en estudios en los cuales se determinó la degradabilidad ruminal *in situ* de nutrientes en rumen de *L. leucocephala* cv. CIAT-7929, encontraron que la dinámica de degradación mostró un incremento significativo ( $P < 0,05$ ) de tipo exponencial en el tiempo para todos los indicadores estudiados (MS, FND, FAD, Nt, N-FND), excepto el N-FAD donde la degradación fue prácticamente insignificante. Es decir, a medida que se incrementa el tiempo de incubación dentro del rumen, aumenta la degradación de los nutrientes, excepto el nitrógeno ligado a la fracción insoluble de la fibra, el cual no se degrada.

Son interesantes los resultados de Pedraza *et al.* (2003) y Galindo *et al.* (2005), quienes al caracterizar la degradabilidad del nitrógeno del follaje de especies leguminosas arbustivas tropicales (*A. lebeck*, *Erythrina berteroana*, *Erythrina variegata*, *Gliricidia sepium*, *L. leucocephala* y *Samanea saman*), hallaron que las especies *E. variegata* y *G. sepium* fueron las de mayor degradabilidad del nitrógeno; mientras que *L. leucocephala* y *Arachis pintoi* presentaron el menor valor.

Dentro de las limitaciones fundamentales de la técnica se ha encontrado la baja repetibilidad y la falta de reproducibilidad entre laboratorios (Mehrez y Ørskov, 1977; Michalet-Doreau y Ould-Bah, 1992), así como numerosas fuentes de variación vinculadas a la toma de muestras, a la especie animal empleada para la incubación y otras relacionadas con el procedimiento de ejecución de la técnica que pueden influir en los resultados finales.

### **1.4.2 Producción de gas *in vitro***

La técnica de producción de gas *in vitro* consiste en incubar, con el líquido ruminal y la solución amortiguadora, una cantidad conocida de muestra. Los experimentos por dicha técnica tienen más ventaja que los realizados *in vivo*, porque son económicos y consumen menos tiempo; además, mantienen condiciones experimentales más precisas y a la vez permiten estudiar un número mayor de muestras (Menke y Steingass, 1988; Fondevila y Barrios, 2001; Makkar, 2001; Rymer *et al.*, 2005).

Según Krishnamoorthy *et al.* (2005), la técnica de producción de gas *in vitro* es el centro de la atención de investigadores de diversas áreas del mundo y de diferentes disciplinas, que estudian impactos directos o indirectos de la producción animal en el ambiente.

En los últimos años se ha incrementado el empleo de la técnica de producción de gases para estimar la digestibilidad de los árboles y arbustos de interés para la alimentación del ganado. Dentro de las especies estudiadas se destacan: *Acacia farnesiana*, *Bursera simaruba*, *Calliandra calothyrsus*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Erythrina indica*, *Erythrina standleyana*, *G. sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *L. leucocephala*, *Lysiloma latisiliqua* y *A. lebbeck* (Larbi *et al.*, 1998; Monforte *et al.*, 2005).

En este sentido, Larbi *et al.* (1998) estudiaron un grupo de árboles forrajeros y encontraron una interacción significativa entre el volumen de gas producido y la época del año. Durante la estación de lluvia (abril-agosto) la producción de gas fue mayor y varió desde 21,6 mL en *Newbouldia laveis* hasta 57,8 mL en *Leucaena diversifolia*, mientras que en *L. leucocephala* fue de 49,5 mL por cada 200 mg de MS.

Pedraza *et al.* (2004) evaluaron el valor nutritivo de cuatro muestras de *G. sepium* y hallaron una velocidad de degradación entre 0,054 y 0,114 mL/h<sup>-1</sup>, y un potencial de producción de gas entre 21,6 y 34,8 mL.

Estos mismos autores estudiaron el efecto de los taninos condensados en la producción de gas *in vitro* en cada uno de los forrajes estudiados, adicionando el polietilenglicol 4 000 (PEG), y no encontraron diferencias significativas en la producción de gas a las 6, 48 y 92 h, con la utilización del PEG o sin él.

Rodríguez *et al.* (2005), al investigar la calidad nutritiva de *Albizia lebbek* con el empleo de la técnica de producción de gas *in vitro*, obtuvieron un valor promedio de 0,26 mL/h de gas producido.

A su vez Martínez *et al.* (2004); Martínez *et al.* (2005), cuando emplearon la técnica de producción de gas *in vitro*, usando líquido ruminal o heces vacunas como inóculo para evaluar el follaje de dos leguminosas arbustivas (*L. leucocephala* y *G. sepium*), encontraron una producción de gas más rápida con el empleo de líquido ruminal como inóculo; mientras que la cantidad de gas producida a las 48 horas fue siempre significativamente superior en el follaje de *G. sepium*.

Una de las principales limitantes para el empleo de la técnica de producción de gas *in vitro*, es la imposibilidad de comparar resultados de diferentes grupos de trabajo, como producto de la falta de uniformidad en la metodología de la técnica (Williams, 2000).

Se trabaja con cantidades de muestras de 200 hasta 800 mg, se emplea como inóculo líquido ruminal de bovinos y ovinos canulados, así como de animales muertos, y en estudios recientes se emplean las heces fecales, con el fin de no provocar daños en los animales. Todo esto hace que los resultados de los diferentes laboratorios no se puedan comparar, lo cual constituye una limitante que debe resolverse en el futuro.

### **1.4.3 La determinación de la composición botánica de la dieta y el consumo a través de la técnica de *n*-alcanos y alcoholes de cadena larga**

El consumo voluntario de alimentos y la composición botánica de la dieta constituyen, por su importancia, uno de los aspectos a los que la ciencia ha prestado más atención en los últimos años. Existe una relación directa entre la productividad de los rumiantes y la cantidad de alimentos que consumen (Ruiz, 1980).

En este sentido, se han propuesto diferentes técnicas para medir el consumo de alimentos en diferentes especies de animales (Van Soest, 1994; Yearsley *et al.*, 2001).



Por otra parte, se han desarrollado otras más específicas para determinar la composición botánica de la dieta de animales en pastoreo; entre ellas se destacan: la observación directa del animal (La O, 2001; Prache *et al.*, 2006); el examen de los fragmentos epidérmicos, tanto por análisis fecal (Hernández *et al.*, 2001; Benezra *et al.*, 2003) como por cánula esofágica (Raats y Clarke, 1996); y los marcadores naturales, que pueden estimar además el consumo y la digestibilidad (Mayes, 2001; Bugalho *et al.*, 2002).

La medición de la composición botánica de la dieta y el consumo de rumiantes en pastoreo con exactitud, sin provocar daños físicos a los animales, es una tarea difícil. Es por eso que se han promovido métodos que emplean las heces fécales, que pueden ser recolectadas sin afectar la integridad del animal y utilizarse para este fin. Entre estos se encuentran los *n*-alcanos, los cuales están presentes en la superficie de la pared celular de las plantas con un número de átomos de carbono entre 21 y 35 (Mayes y Dove, 2000; Dawson *et al.*, 2000; Delgado *et al.*, 2000; Mayes, 2001; Ali *et al.*, 2005).

Este método es válido cuando las dietas están formadas por dos componentes; la veracidad del procedimiento declina a medida que aumenta el número de especies en la dieta (Mayes, 1998; Cortes *et al.*, 2005; Miller y Thompson, 2005).

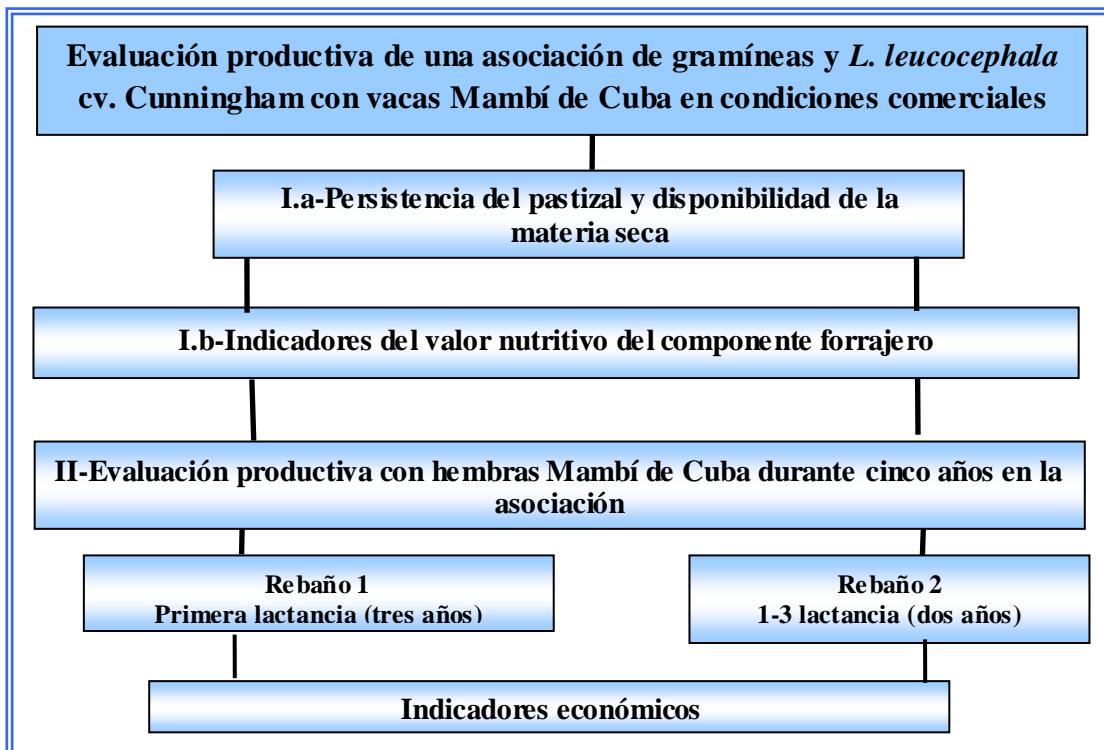
En la pared celular de las plantas existen otros compuestos que se están investigando como marcadores, entre los que se hallan los alcoholes y ácidos grasos de cadena larga, que resultan de particular importancia para aquellas plantas que tienen bajos contenidos de *n*-alcanos y una alternativa en dietas con más de dos especies (Kelman *et al.*, 2003; Ali *et al.*, 2004).

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### 2.1 INTRODUCCIÓN

En este acápite se incluye la metodología experimental, común para todo el capítulo de Resultados, y las particularidades de cada experimento se exponen en sus secciones correspondientes.

La secuencia experimental está estructurada de la siguiente forma (Esquema 1): un primer acápite sobre la caracterización del rendimiento y los indicadores del valor nutritivo de la comunidad vegetal, con dos experimentos (I); y un segundo acápite sobre la evaluación del comportamiento productivo de vacas de la raza Mambí de Cuba, durante cinco años (II), en condiciones comerciales.



Esquema 1. Secuencia experimental.

## **2.2 UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL**

El estudio se desarrolló en la vaquería 66 perteneciente a la granja Triunvirato de la Empresa Genética de Matanzas, ubicada geográficamente alrededor de los 23° de latitud norte y los 80° de longitud oeste, y a 70 m de altura sobre el nivel de mar, la cual se encuentra situada en zonas aledañas al municipio Matanzas, provincia de Matanzas.

## **2.3 CARACTERÍSTICAS DEL CLIMA**

La temperatura media anual fue de 23°C, con una media de 21°C y 27°C en invierno y en verano, respectivamente. La precipitación promedio anual fue de 1 300 mm, con una variación de 1 000-1 200 mm en el período lluvioso (PLL) y de 200-400 mm en el período poco lluvioso (PPLL).

## **2.4 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO**

El suelo sobre el cual se desarrolló el trabajo experimental se clasificó como Pardo con carbonatos (Cambisol), con un relieve ligeramente ondulado. Se realizó un muestreo al inicio del experimento, para caracterizar su composición química.

Para ello las muestras de suelo, después de secadas al aire, se pasaron por un tamiz con malla de 0,5 mm y se les determinó: el contenido de N y K mediante las técnicas de la AOAC (1995); el fósforo por el método de Oniani (1964); el Ca y el Mg mediante las técnicas de Paneque (1965); y el pH por el método potenciométrico. En la tabla 2.1 se muestra la composición química del suelo de la unidad en estudio.

Tabla 2.1. Caracterización química del suelo.

Indicador	Media
N-total (%)	0,3
pH	6,5
MO (%)	4,3
P (ppm)	74,1
K (ppm)	438,3
Ca (%)	10,4
Mg (%)	0,6

## 2.5 DESCRIPCIÓN DE LA VAQUERÍA Y SU MANEJO GENERAL

Se utilizó una lechería típica, con capacidad constructiva para 120 vacas y un área total de 47 ha, compuesta por 36 cuarterones de 1,1 ha aproximadamente. Durante la etapa experimental, la carga varió de 1,1 hasta 1,8 animales/ha.

Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día, a las 5:00 a.m. y 2:30 p.m., con un equipo Alfa Laval tipo espina de pescado de cuatro posiciones, con sus pomos aforados para medir la producción de leche individual de las vacas. En la unidad se explota la raza Mambí de Cuba ( $\frac{3}{4}$  Holstein x  $\frac{1}{4}$  Cebú).

Como especies de pasto mejorado predominaron *P. maximum* cv. Likoni y *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano, y como leguminosa *L. leucocephala* cv. Cunningham.

Se realizó una preparación completa del suelo y la leucaena se sembró en agosto de 1997, con una distancia entre surcos de 6,3 m como promedio y a chorrillo ligero. Se comenzó a pastar con animales en julio de 1998, cuando la altura de la planta fue mayor que 2 m, momento en el cual se inició la etapa experimental. Se realizaron podas a la leucaena, a partir del tercer año, y no fue objeto de raleo. No se realizó fertilización ni riego durante la fase de establecimiento y evaluación.

En el primer año del estudio la unidad contaba con sólo 28 ha de la asociación en explotación; a partir del segundo año se incorporó el resto del área.

El tiempo de ocupación de los cuartos fue de un día en el período lluvioso y de 1,5 a 2 en el poco lluvioso, con lo que se garantizó tiempos de reposo del pasto de 26 a 34 y 52 a 64 días, que representó como promedio cinco y tres rotaciones para las épocas lluviosa y poco lluviosa, respectivamente. Los animales se encontraban divididos en tres grupos: los animales de ordeño que se subdividían en altas y bajas, el grupo de animales secos y las vacas próximas al parto (tabla 2.2).

Las vacas en ordeño disponían de 19 cuartos y el pastoreo era en línea, las altas primero, seguidas por las de baja producción de leche. En el caso del grupo de animales secos, formado por las vacas vacías y el ganado seco gestante, disponían de 14 cuartos; mientras que los animales próximos al parto pastoreaban en los tres cuartos más cercanos a la unidad.

Tabla 2.2. Manejo de los animales por grupo.

Grupo	Época	Número de cuartos	Tiempo de estancia	Tiempo de reposo
Ordeño	PLL	19	2	34
	PPLL	19	4	64
Seco	PLL	14	2	26
	PPLL	14	4	52
Próximas al parto	PLL	3	15	30
	PPLL	3	15	30

PLL                      Período lluvioso  
PPLL                     Período poco lluvioso

## 2.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS ANIMALES

En los tres primeros años del estudio (1998-2001) se emplearon hembras del primer parto (rebaño 1), que entraron a la unidad con 7 ½ meses de gestación y un peso vivo promedio de 420 kg; una vez transcurrida la lactancia y después de gestantes, se trasladaban a otra unidad y el índice de reemplazo fue del 100%. El número de vacas durante esta etapa fue de 45, 71 y 70, para el primer, segundo y tercer año, respectivamente.

Estas hembras tuvieron una edad de incorporación a la reproducción de 32 meses, con un peso vivo medio de 299 kg, y un intervalo incorporación-gestación de 200 días; estos animales procedían de unidades comerciales, cuyos pastizales eran de gramíneas sin fertilizar en seco.

En el período comprendido del 2002-2003 se evaluaron vacas desde la lactancia 1 hasta la 3 (rebaño 2). Se incrementó el número total de animales, debido a la entrada en la unidad de novillas con un reemplazo del 10% anual. La cantidad de animales fue de 80 y 77, para el cuarto y el quinto año, respectivamente, y de ellos 78 y 74 eran vacas.

En esta etapa la edad de incorporación a la reproducción fue de 37,2 meses, con peso promedio de 303 kg y un intervalo incorporación-gestación de 100 días; mientras que la edad promedio al primer parto fue de 49,7 meses.

## **2.7 ALIMENTOS ADICIONALES OFRECIDOS. CARACTERÍSTICAS**

El consumo de alimentos complementarios (concentrado comercial y caña de azúcar) se determinó a través de la oferta en base húmeda y el rechazo en canoa; después se calculó su consumo en base seca.

Durante todos los años de evaluación se le ofreció al grupo de vacas en ordeño entre 0,4-0,5 kg de concentrado comercial por animal por día, como promedio, y 100 g de sales minerales, según la disponibilidad de esta última para toda la masa (tabla 2.3).

El hollejo y la cascarilla de cítrico más urea se ofrecieron en los meses de abril y diciembre, respectivamente, en el primer y el segundo año del estudio, mientras que la caña de azúcar se ofreció en los meses de diciembre a abril para todos los animales durante la etapa experimental (tabla 2.3).

La composición química de los alimentos ofrecidos en el estudio aparece en la tabla 2.4. Se determinó en el laboratorio de análisis químico del Instituto de Ciencia Animal de Cuba, según las técnicas descritas por la AOAC (1995).

Tabla 2.3. Consumo medio de alimentos ofrecidos adicionales al pasto en el período poco lluvioso.

Alimento	Momento	kg BH/vaca/día*	kg MS/vaca/día
Caña molida	Diciembre a abril	9,0-12,3	2,3-3,2
Hollejo de cítrico	Abril	8,6	1,4
Cascarilla de cítrico + urea	Diciembre	0,7	0,5
Concentrado comercial	Enero a diciembre	0,45-0,55	0,4-0,50

BH: base húmeda

Tabla 2.4. Composición bromatológica de los alimentos ofrecidos (en base seca).

Alimento	MS (%)		PB (%)		FB (%)		Ca (%)		P (%)	
	PPLL	PLL	PPLL	PLL	PPLL	PLL	PPLL	PLL	PPLL	PLL
Concentrado comercial	88,0	90,0	11,0	11,0	4,3	-	1,8	1,7	0,2	0,2
Caña de azúcar	26,0	-	5,8	-	24,0	-	0,6	-	0,1	-
Cascarilla + urea	83,0	-	12,0	-	22,0	-	1,7	-	0,2	-
Hollejo de cítrico	16,3	-	7,7	-	12,0	-	1,8	-	0,3	-

PLL Período lluvioso

PPLL Período poco lluvioso

## CAPÍTULO III. PARTE EXPERIMENTAL

### 3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD VEGETAL EN UNA ASOCIACIÓN DE GRAMÍNEAS MEJORADAS Y LEUCAENA EN CONDICIONES COMERCIALES

#### 3.1.1 INTRODUCCIÓN

Es reconocido el potencial forrajero de los árboles leguminosos para producir considerables cantidades de PB en su biomasa; de ahí su importancia para ser utilizados en los sistemas de producción bovina en los países tropicales (Ørskov, 2005).

En los últimos 10 años se han utilizado con éxito, en condiciones de investigación y de producción, las asociaciones de gramíneas y leguminosas arbóreas para la producción de leche, en las cuales el componente vegetal muestra una población de especies mejoradas entre 70 y 80%, a la vez que se produce un incremento de la proteína bruta en las gramíneas, por el efecto de la asociación.

En la mayoría de los estudios predomina la evaluación de los indicadores agronómicos del pastizal, principalmente la disponibilidad de la materia seca; mientras que la composición botánica del pastizal, la altura y la densidad de las plantas arbóreas han sido menos tratadas, al igual que la degradación de la materia seca.

El presente estudio tuvo como objetivos:

- *Caracterizar el comportamiento de la persistencia del pastizal y la disponibilidad de materia seca en la asociación.*
- *Determinar algunos indicadores del valor nutritivo en los componentes forrajeros de la asociación.*



### **3.1.2 DETERMINACIÓN DE LA PERSISTENCIA Y LA DISPONIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DE UNA ASOCIACIÓN DE GRAMÍNEAS MEJORADAS Y LEUCAENA EN CONDICIONES COMERCIALES**

#### **3.1.3 MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **3.1.3.1 Disponibilidad y calidad del pasto**

La disponibilidad del pasto se estimó por el método alternativo propuesto por Martínez *et al.* (1990), en el cual se consideró la altura media del pastizal. Los muestreos se realizaron todos los meses a la entrada de los animales en cada cuartón, al inicio de la rotación. Se efectuaron 80 observaciones de ese indicador por cuartón, paralelamente a los muestreos de disponibilidad, pero con una frecuencia bimestral; se tomaron muestras de pastos (300 g) para estimar su calidad, simulando con la mano la selección que hace el animal en pastoreo, por encima de los 20 cm. Las muestras estaban en dependencia de la gramínea predominante en el cuartón.

##### **3.1.3.2 Disponibilidad de *L. leucocephala* cv. Cunningham**

La disponibilidad se estimó en 10 de los árboles presentes en el cuartón; se simuló el ramoneo que realizan los animales a una altura de 2 m. Se aplicó la técnica del ordeño de las partes más tiernas de las plantas, las hojas y los tallos finos hasta aproximadamente 3 mm de diámetro, según la metodología propuesta por Lamela (1998) y se tomó una muestra cada dos meses para determinar la composición bromatológica.

##### **3.1.3.3 Composición botánica del pastizal**

La composición botánica de las gramíneas y de las leguminosas volubles del pastizal se estimó por el método de los pasos, descrito por Anon (1980), que consiste en caminar por las diagonales en cada cuartón. Cada tres pasos el observador clasificó la especie de pasto que coincidía con la punta de su zapato. Esta medición se realizó en dos momentos del año (diciembre y junio) en el 100% de los cuartones que constituyeron la unidad experimental.

#### **3.1.3.4 Densidad de *L. leucocephala* cv. Cunningham**

La densidad se tomó por época del año, para lo cual se contaron las plantas en 30 m lineales de tres surcos y se midió con una cinta métrica la distancia entre surcos. Después se estimó la cantidad de plantas en los 90 m, se multiplicó por la distancia entre surcos y finalmente se calculó para una hectárea (10 000 m<sup>2</sup>).

#### **3.1.3.5 Estimación de la disponibilidad de poda de *L. leucocephala* cv. Cunningham**

La estimación se efectuó en plantas de leucaena que tenían una altura por encima de los 3,5 m, en los meses de febrero y marzo, en el segundo y el tercer año. Se muestrearon 15 árboles por cuartón y se separó de forma manual el material comestible y el no comestible, e inmediatamente se pesaron ambas partes. A partir de los resultados se calculó los valores del material comestible y el no comestible por hectárea; para ello se consideró la densidad de plantas y se estimó que la poda se hizo en el 50% de los árboles.

#### **3.1.3.6 Procedimiento estadístico**

Los valores porcentuales de la composición botánica se transformaron (arcoseno) para los respectivos análisis. La retransformación (media geométrica) se realizó mediante el procedimiento inverso  $\{[\text{seno}(x)]^2 \cdot 100\}$ .

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para hallar las diferencias entre las gramíneas mejoradas, para lo cual se tuvo en cuenta los factores año y especie. Se utilizó la dócima de comparación de rangos múltiples de Duncan para detectar las desigualdades entre media.

En el caso de la disponibilidad de MS por año se le aplicó estadística descriptiva (media aritmética y desviación estándar); para las diferencias entre épocas se empleó la prueba de t-student para medias independientes, al igual que para la densidad de plantas arbóreas y la composición botánica al inicio y al final del estudio. Se analizaron con el programa estadístico SPSS en su versión 10.0 para Windows XP.

### 3.1.4 RESULTADOS

En la figura 3.1 se muestra la composición botánica del pastizal al inicio y al final de la etapa experimental. Los pastos mejorados se mantuvieron por encima del 50%; predominaron las especies *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano y *P. maximum* cv. Likoni.

Por otra parte, las leguminosas volubles (*Neonotonia wightii* y *Teramnus labialis*) aparecieron de forma espontánea en el sistema; pero con la utilización del pastizal hubo un decrecimiento de su población, con diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre el inicio y el final de la etapa.

Los pastos naturales se mantuvieron con una población entre el 20 y 25%, sin diferencia significativa; mientras que las malezas disminuyeron al terminar el estudio ( $P < 0,05$ ).

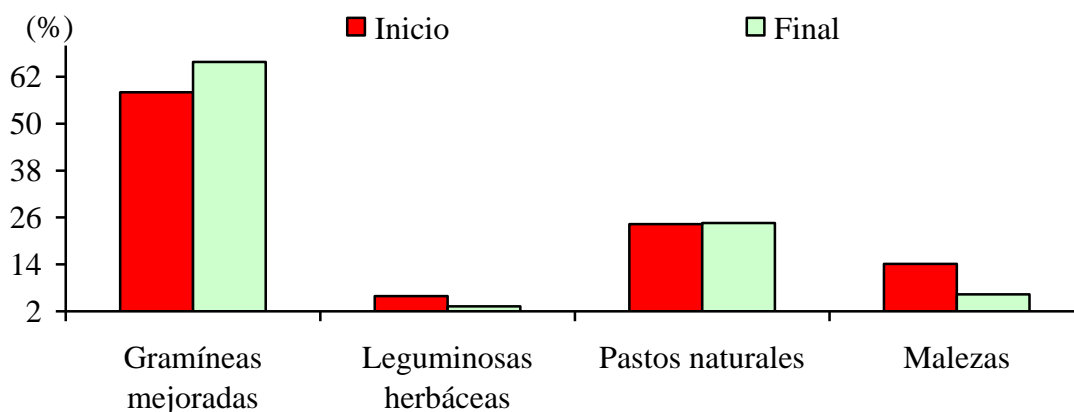


Fig. 3.1. Composición botánica del pastizal.  
Medias difieren a  $P < 0,05$  (t-student)

*P. maximum* cv. Likoni presentó una menor población en los tres primeros años, con diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), aunque la tendencia fue a aumentar durante la etapa experimental; mientras que en el porcentaje de *C. nlemfuensis* no se encontraron diferencias durante el estudio (fig. 3.2). Sin embargo, las dos especies estuvieron representadas con un valor similar al final de la evaluación.

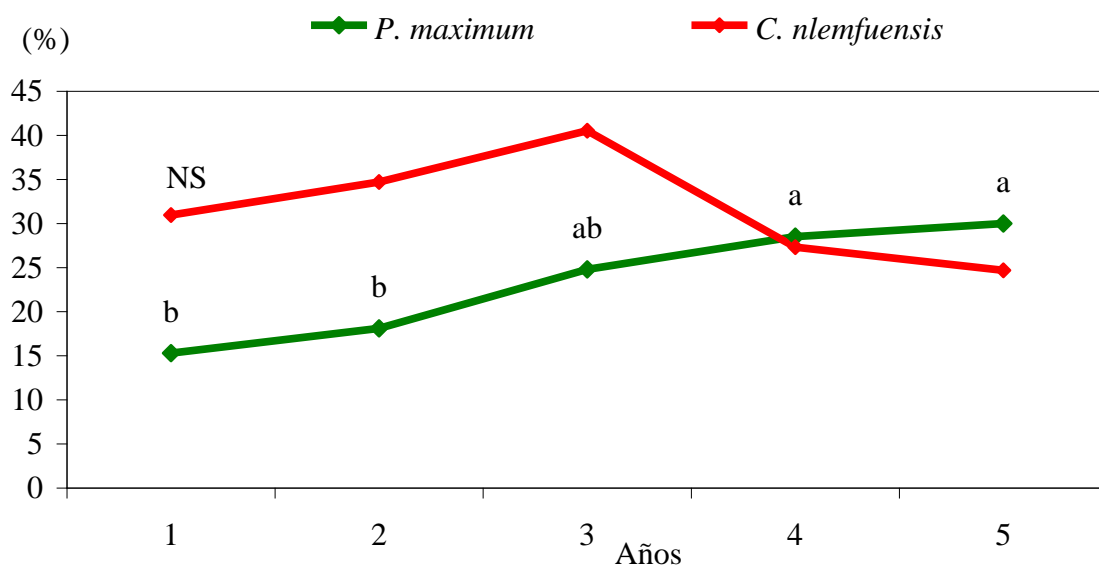


Fig. 3.2. Dinámica evolutiva de las gramíneas mejoradas.  
 a, b letras desiguales difieren para Duncan ( $P < 0,05$ )  
 \* $P < 0,05$

En la tabla 3.1 se muestra la persistencia de la especie arbórea en dependencia de la época del año; no se encontraron diferencias significativas en la densidad de plantas por hectárea durante la etapa experimental.

Tabla 3.1. Densidad de plantas por hectárea por época del año.

Época	Densidad de plantas/ha	
	Media	ES $\pm$
PPLL	5 819,0	455,5
PLL	5 283,8	342,4

PPLL Período poco lluvioso  
 PLL Período lluvioso

La tabla 3.2 expone la disponibilidad total de las gramíneas mejoradas y *L. leucocephala* cv. Cunningham durante los cinco años de evaluación; se logró una disponibilidad de materia seca total superior a las 3 t de materia seca por hectárea por rotación.

Tabla 3.2. Disponibilidad de materia seca por hectárea por rotación.

Año	Disponibilidad (t de MS ha/rotación)		
	Gramínea ± DS	Leucaena ± DS	Total ± DS
1	3,1 ± 0,64	0,8 ± 0,40	3,9 ± 0,70
2	3,1 ± 0,81	0,5 ± 0,41	3,6 ± 0,95
3	3,1 ± 0,74	0,2 ± 0,58	3,3 ± 0,74
4	3,2 ± 1,20	0,2 ± 0,08	3,4 ± 1,18
5	3,3 ± 0,61	0,2 ± 0,05	3,5 ± 0,59

Al analizar el efecto del bimestre del año en la disponibilidad total de materia seca, se encontró un mayor rendimiento en las gramíneas en el bimestre julio-agosto seguido de septiembre-octubre, y el de menor valor fue enero-febrero seguido de noviembre-diciembre (fig. 3.3). A su vez la leucaena presentó su menor rendimiento en el bimestre julio-agosto y el mayor en septiembre-octubre.

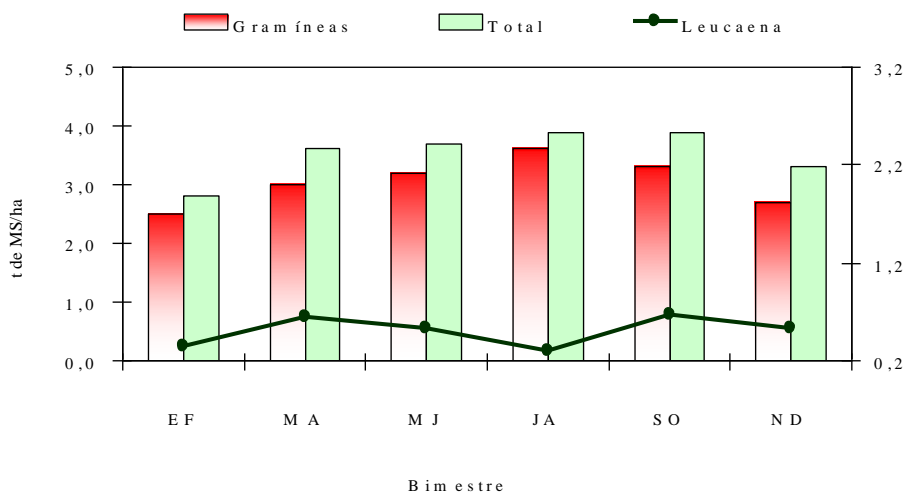


Fig. 3.3. Efecto del bimestre del año en la disponibilidad de materia seca (t de MS/ha/rotación).

En este sentido, se hallaron diferencias significativas para los valores de disponibilidad de la materia seca de la gramínea en función de la época del año ( $P < 0,01$ ); sin embargo, en la leucaena no se observaron diferencias para este indicador (tabla. 3.3).

Tabla 3.3. Disponibilidad de materia seca según la época del año (t de MS/ha/rotación).

Especie	Época del año	
	Media $\pm$ ES PPLL	Media $\pm$ ES PLL
Gramíneas	2,7 $\pm$ 0,153**	3,4 $\pm$ 0,162**
Leucaena	0,5 $\pm$ 0,082	0,5 $\pm$ 0,099
Total	3,2 $\pm$ 0,170**	3,8 $\pm$ 0,183**

Medias desiguales en una misma fila difieren para \*\* $P < 0,01$  (t-student)

PPLL Período poco lluvioso

PLL Período lluvioso

En la tabla 3.4 se muestra la oferta de materia seca por animal en los períodos lluvioso y poco lluvioso. Se hallaron diferencias significativas para los valores de las gramíneas mejoradas en función de la época del año ( $P < 0,05$ ). Los mayores se obtuvieron durante el período lluvioso; sin embargo, no se detectaron diferencias para las ofertas totales de materia seca por animal por día.

Tabla 3.4. Efecto de la época en la oferta de materia seca (kg MS/animal/día).

Época	Gramíneas Media $\pm$ ES	Leucaena Media $\pm$ ES	Total Media $\pm$ ES
PPLL	35,2 $\pm$ 3,45*	3,5 $\pm$ 0,73	39,0 $\pm$ 3,74*
PLL	46,0 $\pm$ 2,52*	4,6 $\pm$ 1,01	50,5 $\pm$ 2,72*

Medias desiguales en una misma columna difieren para \* $P < 0,05$  (t-student)

PPLL Período poco lluvioso

PLL Período lluvioso

En la tabla 3.5 se observa la estimación del rendimiento de material comestible y leñoso de *L. leucocephala* cv. Cunningham, podada a un metro de altura durante el período seco. Nótese que después de efectuada la poda se obtuvo una disponibilidad de materia seca comestible superior a 1 t de MS/ha.

Tabla 3.5. Estimación del rendimiento de material comestible y leñoso de *L. leucocephala* podada a 1,0 m de altura.

Indicador	Año 2	Año 3
Material comestible (kg MS/planta)	0,5	0,4
Material comestible (t MS/ha)*	1,4	1,0
Material no comestible (kg MS/planta)	2,5	2,0
Material no comestible (t MS/ha)*	6,6	5,3

\*Valores calculados a partir de la densidad de plantas por hectárea del PPLL (aparece en la tabla 3.1) y estimando que la poda se efectuó en el 50% de las arbóreas.

### 3.1.5 INDICADORES DEL VALOR NUTRITIVO DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES FORRAJEROS DE LA RACIÓN

#### 3.1.6 MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras para el análisis se tomaron en los meses de julio-agosto y enero-febrero para el período lluvioso y el poco lluvioso, respectivamente, simulando la selección que realizan los animales al pastar, según la metodología propuesta por Senra y Venereo (1986).

##### 3.1.6.1 Análisis de laboratorio

Después de efectuar cada muestreo se enviaron las muestras de pasto al laboratorio del Instituto de Ciencia Animal para determinar la composición bromatológica del alimento. Las muestras se enviaron secas y molidas a 1.0 mm. Se realizaron las determinaciones de la materia seca, el calcio y la proteína bruta se determinaron por AOAC (1995) y el fósforo por espectrofotometría de absorción atómica (Amaral, 1972).

### **3.1.6.2 Método de las bolsas**

Las especies estudiadas fueron *L. leucocephala* cv. Cunningham y *P. maximum* cv. Likoni, como representativa de las gramíneas en la composición botánica del sistema. La degradabilidad de la materia seca se determinó por la técnica de la bolsa en rumen (*in situ*), de acuerdo con el procedimiento descrito por Mehrez y Ørskov (1977).

Para ello se utilizaron bolsas de nailon con aproximadamente 5 g de muestra seca, que se incubaron por 6, 12, 24, 48 y 72 h en el rumen de cuatro toros mestizos adultos, canulados en el saco dorsal del rumen, los cuales pastoreaban en una asociación de *L. leucocephala* cv. Cunningham y *P. maximum* cv. Likoni, y disponían de agua a voluntad; se emplearon tres réplicas por tiempo de incubación y se realizó en dos momentos del año.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con arreglo factorial 2 x 2 x 6 (dos especies por dos momentos de muestreo y seis tiempos de incubación).

Las pérdidas por lavado se determinaron a través de bolsas que contenían 5 g de muestra, con una MS conocida. Después de lavadas de forma manual hasta que el agua saliera transparente, se secaron en una estufa por 48 horas a 60°C y se pesaron, para determinar el material soluble.

Los datos de degradación ruminal de la materia seca se ajustaron según las ecuaciones propuestas por Ørskov y McDonald (1979). Todos los cálculos se realizaron con ayuda del programa NEWAY EXCEL, versión 6 (International Feed Resources, Unit, MLURI).

### **3.1.6.3 Producción de gas *in vitro***

Se empleó la técnica de gas *in vitro* descrita por Menke y Steingass (1988) en el laboratorio de la IFRU, Instituto de Macaulay, Escocia. Las especies estudiadas fueron: *L. leucocephala* cv. Cunningham y *P. maximum* cv. Likoni, como representativa de las gramíneas en la composición botánica del sistema.

Se utilizaron 200 mg de muestra, que se colocaron en jeringuillas de cristal calibradas hasta 100 mL, junto con 30 mL de una solución (ver anexo 2) en una proporción de 1:2 (líquido ruminal:solución amortiguadora); se realizaron dos corridas experimentales con tres réplicas, y se empleó un heno estándar para controlar las diferencias entre las corridas.



Las jeringuillas se incubaron en un baño de agua, a 39°C, con movimiento, al cual se le colocó encima una tapa plástica, con agujeros, para sostenerlas en posición vertical.

El líquido ruminal se recogió a partir de tres ovejas canuladas que se alimentaban con gramíneas; se transfirió a un termo para mantener la temperatura y después se filtró con una gasa; se manipuló bajo CO<sub>2</sub>.

Las muestras se incubaron por 3,3; 5; 24; 48 y 72 horas. Después se calcularon los parámetros **a**, **b** y **c** según la ecuación de Ørskov y McDonald (1979). Todos los cálculos se realizaron con ayuda del programa NEWAY EXCEL, versión 6 (International Fed Resources Unit, MLURI).

#### **3.1.6.4 Procesamiento estadístico**

Los datos de la composición química y de la degradación ruminal de la materia seca, conjuntamente con la producción de gas *in vitro* por tiempo de incubación, se analizaron a través de la prueba de t-student para medias independientes con el empleo del programa estadístico SPSS, en su versión 10.0 para Windows XP.

#### **3.1.6.5 Aporte de nutrientes**

El aporte de PDIN y de PDIE se estimaron a través de las fórmulas descritas por García-Trujillo y Cáceres (1984) y para ello se utilizaron los valores obtenidos de PB; mientras que la EM de las gramíneas se estimó por la ecuación propuesta por Martín (1982). En el cálculo se consideró como digestibilidad la degradación de la materia seca a las 48 h, según Ørskov (2002); en el caso de la leucaena se utilizó la ecuación descrita por Menke *et al.* (1979), donde se tomaron los valores de extracto etéreo obtenidos por León *et al.* (1986).

Donde:

$$\text{PDIE} = 0,335 \text{ PB} + 37,99 \text{ (g)}$$

$$\text{PDIN} = 0,590 \text{ PB} + 1,75 \text{ (g)}$$

$$\text{EM (Mcal/kg MS)} = -0,11 + 0,038 \text{ (\% DMS)} \quad \text{Gramínea}$$

$$\text{EM (Mcal/kg MS)} = 2,20 + 0,136 \text{ PG (48 h)} + 0,0057 \text{ PB} + 0,00029 \text{ EE}^2 \quad \text{Leucaena}$$

### 3.1.6.6 Disponibilidad de PB, PDIN y PDIE

Se calculó la disponibilidad de PB, de PDIN y de PDIE y se tomó como base los rendimientos de materia seca que aparecen en la tabla 3.2, así como los valores de la composición química y los aportes de nutrientes, según la época del año.

### 3.1.7 RESULTADOS

La composición química de las gramíneas mejoradas y de *L. leucocephala* cv. Cunningham se muestra en la tabla 3.6; no se hallaron diferencias significativas en el contenido de materia seca, de proteína bruta, de calcio y de fósforo en las especies evaluadas, según los períodos del año.

Tabla 3.6. Composición química de las especies en estudio (%).

Momento	Gramíneas mejoradas				<i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham			
	MS	PB	Ca	P	MS	PB	Ca	P
PPLL	31,0	9,6	0,88	0,15	31,0	25,4	1,34	0,14
PLL	30,0	9,8	0,96	0,17	30,0	25,0	1,47	0,19
ES ±	1,34	0,61	0,16	0,01	0,49	1,35	0,27	0,02

PPLL Período poco lluvioso  
 PLL Período lluvioso

En la figura 3.3 se observa la cinética de degradación de la materia seca de *P. maximum* cv. Likoni en función del momento de muestreo hubo una tendencia a incrementar la degradación de la MS, con el aumento del tiempo de incubación; sin embargo, se encontraron diferencias significativas al comparar la tasa de degradación de la materia seca a las 48 y a las 72 horas ( $P < 0,05$ ). Los mayores valores se obtuvieron en el período lluvioso (tabla 3.7).

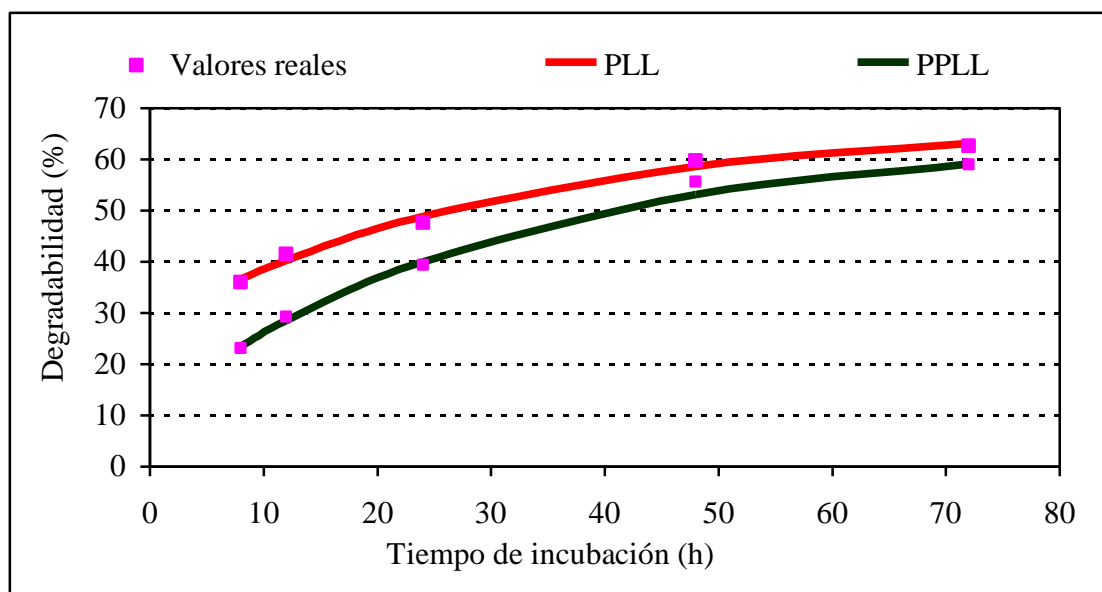


Fig. 3.3. Cinética de degradación de la materia seca de *P. maximum* cv. Likoni.

Tabla 3.7. Efecto del momento de muestreo en la degradación de la materia seca de *P. maximum* cv. Likoni.

Momento	Degradación (%)	
	48 h ± ES	72 h ± ES
PPLL	55,6 ± 0,761*	58,0 ± 0,565*
PLL	59,7 ± 0,285*	62,3 ± 0,585*

Medias desiguales en una misma columna difieren para \*P<0,05 (t-student)

PPLL Período poco lluvioso

PLL Período lluvioso

En la figura 3.4 se muestra la cinética de degradación de la materia seca de la leucaena en función del momento de muestreo; se encontró una tendencia similar a la de *P. maximum*, con diferencias significativas al comparar la tasa de degradación de la materia seca a las 48 y a las 72 horas, respectivamente (P<0,001). Los mayores valores coincidieron con el período lluvioso (tabla 3.8).

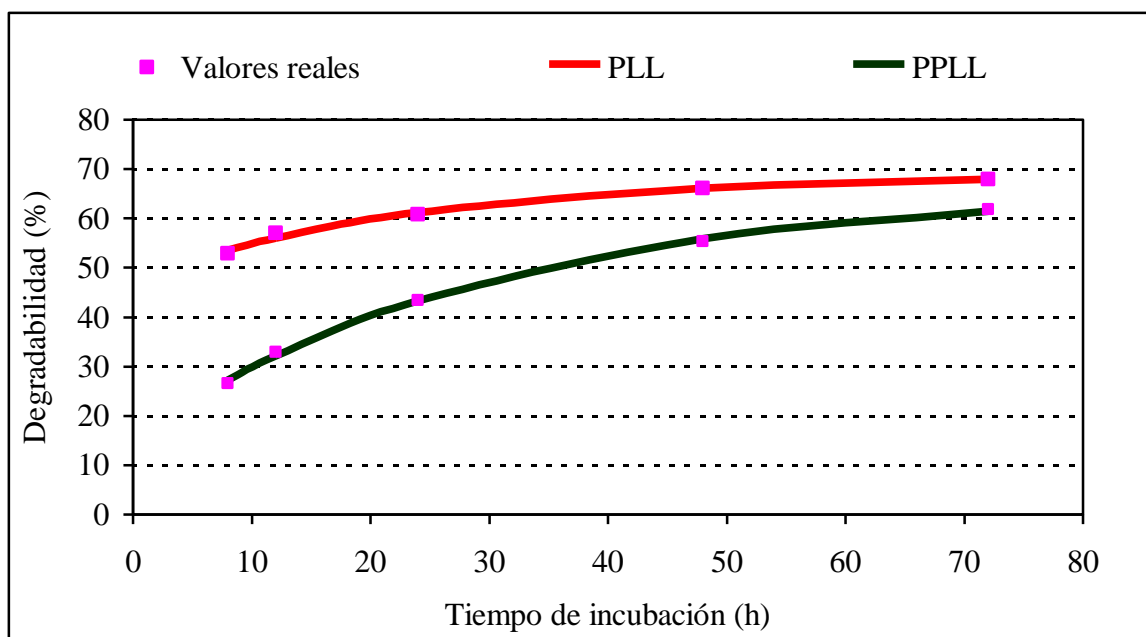


Fig. 3.4. Cinética de degradación de la materia seca de *L. leucocephala* cv. Cunningham.

Tabla 3.8. Efecto del momento de muestreo en la degradación ruminal de la materia seca de *L. leucocephala* cv. Cunningham.

Momento	Degradación (%)	
	48 h ± ES	72 h ± ES
PPLL	55,3 ± 1,16**	62,3 ± 0,97**
PLL	66,2 ± 0,41**	68,0 ± 0,25**

Medias desiguales en una misma columna difieren para \*\*P<0,01 (t-student)

PPLL Período poco lluvioso

PLL Período lluvioso

En la tabla 3.9 se señalan los parámetros que caracterizan la degradación de la materia seca de la guinea y la leucaena, en función del momento de muestreo. Los mayores valores de la fracción soluble (**a**), del potencial de degradación (**a + b**) y de la velocidad de degradación (**c**) se alcanzaron en el período lluvioso para ambas especies; a su vez, la especie arbórea mostró los valores más altos.

Tabla 3.9. Parámetros que caracterizan la degradación de la materia seca.

Especie	a (%) ± DS	a + b (%) ± DS	c (% h <sup>-1</sup> ) ± DS
<i>P. maximum</i> cv. Likoni			
PLL	30,6 ± 3,1	66,8 ± 1,8	0,0329 ± 0,01
PPLL	18,1 ± 1,0	64,9 ± 3,8	0,0306 ± 0,01
<i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham			
PLL	43,5 ± 1,5	69,3 ± 1,0	0,0407 ± 0,01
PPLL	16,7 ± 2,2	66,5 ± 2,8	0,0334 ± 0,01

a, fracción rápidamente degradable; b, fracción degradable si el tiempo no es limitante; c, velocidad de degradación de b; a + b, potencial de degradación

PPLL Período poco lluvioso

PLL Período lluvioso

En la figura 3.5 se observa la cinética de producción de gas *in vitro* de *P. maximum* cv. Likoni por momento de muestreo. La producción de gas fue similar en las primeras horas para ambos períodos; sin embargo, a partir de las 24 h comenzó a diferenciarse y se incrementó hasta las 72 horas de incubación.

Al comparar la producción de gas a las 24, 48 y 72 horas, se detectaron diferencias significativas (P<0,05). Los mayores volúmenes del gas se produjeron en el momento que se correspondió con el período lluvioso (tabla 3.10).

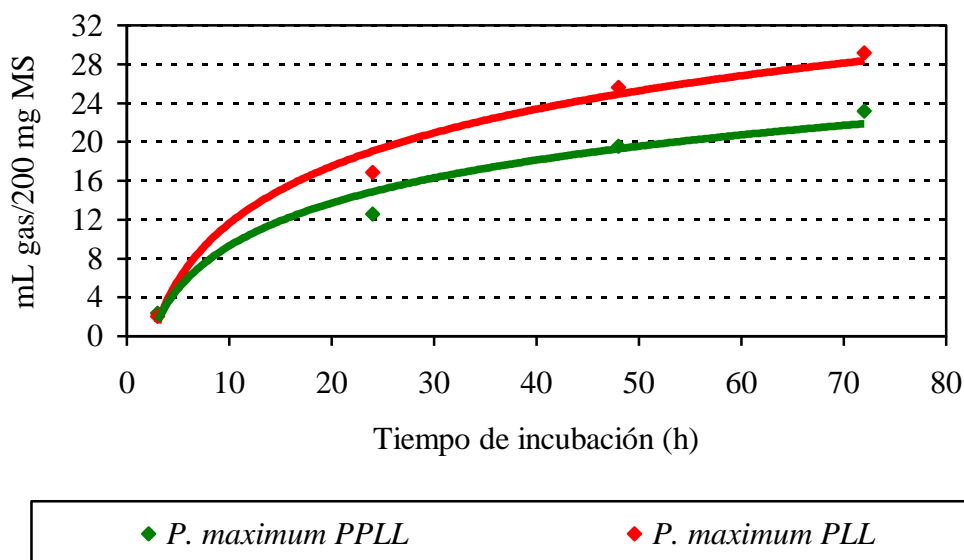


Fig. 3.5. Producción de gas *in vitro* de *P. maximum* cv. Likoni.

Tabla 3.10. Efecto del momento de muestreo en la producción de gas a las 24, 48 y 72 h de *P. maximum* cv. Likoni.

Momento	Gas, mL/cada 200 mg MS		
	24 h ± ES	48 h ± ES	72 h ± ES
PLL	16,8 ± 1,18*	25,6 ± 1,02**	29,3 ± 0,99**
PPLL	12,6 ± 0,98*	19,3 ± 0,72**	23,2 ± 0,56**

Medias desiguales en una misma columna difieren para \*P<0,05 \*\*P<0,01 (t-student)

PPLL Período poco lluvioso

PLL Período lluvioso

Por su parte, la producción de gas de la leucaena se muestra en la figura 3.6; se obtuvieron producciones de gas similares en los tiempos iniciales de incubación (3 y 5,5 horas) y después se incrementó el volumen de gas producido hasta las 72 horas.

Al comparar la producción de gas a las 24, 48 y 72 horas, se encontraron diferencias significativas entre los momentos de muestreo. El mayor volumen de gas se produjo durante el período lluvioso (tabla 3.11).

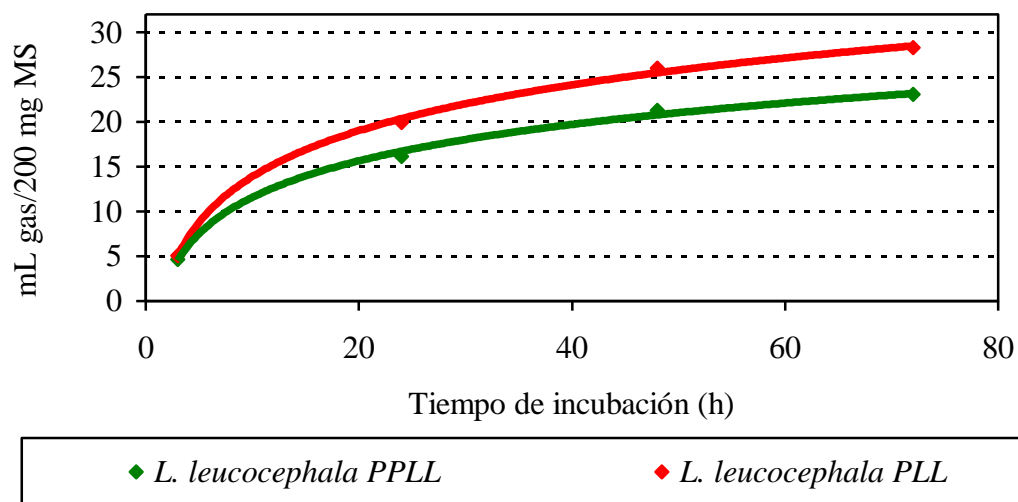


Fig. 3.6. Producción de gas de *L. leucocephala* cv. Cunningham.

Tabla 3.11. Efecto del momento de muestreo en la producción de gas a las 24, 48 y 72 h de *L. leucocephala* cv. Cunningham.

Momento	Gas, mL/cada 200 mg MS		
	24 h ± ES	48 h ± ES	72 h ± ES
PLL	19,6 ± 1,24*	26,0 ± 1,07**	28,3 ± 0,89**
PPLL	16,1 ± 0,47*	21,3 ± 0,67**	23,1 ± 0,84*

Medias desiguales en una misma columna, difieren para \*P<0,05, \*\* P<0,01 (t-student)  
PPLL Período poco lluvioso  
PLL Período lluvioso

Los parámetros fermentativos que caracterizan la desaparición de la materia seca por la técnica de gas *in vitro* se observan en la tabla 3.12. Los mayores valores para **a + b** y **c** se alcanzaron en el muestreo del período lluvioso. Similar comportamiento se obtuvo en la leucaena.

Tabla 3.12. Efecto del momento de muestreo en los parámetros de producción de gas de las especies estudiadas.

Parámetros de la ecuación	<i>P. maximum</i> cv. Likoni		<i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham	
	PPLL	PLL	PPLL	PLL
<b>a + b</b> , (mL gas/200 mg MS) ± DS	28,8 ± 1,8	33,8 ± 3,2	24,3 ± 3,2	29,5 ± 1,5
<b>c</b> , (mL gas/h) ± DS	0,024 ± 0,01	0,032 ± 0,01	0,044 ± 0,01	0,049 ± 0,02

**a + b**, potencial de degradación; **c**, velocidad de degradación de **b**  
PPLL Período poco lluvioso  
PLL Período lluvioso

En la tabla 3.13 se muestran los contenidos de PDIN, PDIE y EM de las gramíneas mejoradas y de *L. leucocephala* cv. Cunningham. Los valores fueron similares para ambas épocas del año; no obstante, las mayores diferencias se hallaron en la energía metabolizable.

Tabla 3.13. Contenido de nutrientes de las especies de la asociación.

Época	Gramíneas mejoradas			<i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham		
	PDIN* (g/kg MS)	PDIE* (g/kg MS)	EM ** (Mcal/kg MS)	PDIN* (g/kg MS)	PDIE * (g/kg MS)	EM*** (Mcal/kg MS)
PPLL	58	70	2,0	152	123	2,0
PLL	60	71	2,2	149	122	2,1

\* Valores calculados por la fórmula  $PDIE = 0,335 PB + 37,99$  (g) y  $PDIN = 0,590 PB + 1,75$  (g)

\*\* Valores calculados por la fórmula  $EM$  (Mcal/kg MS) =  $-0,11 + 0,038*(\% DMS)$ .

\*\*\* Valores calculados por la fórmula  $EM$  (Mcal/kg MS) =  $2,20 + 0,136 PG$  (48 h) +  $0,0057 PB + 0,00029 EE^2$ .

PPLL Período poco lluvioso

PLL Período lluvioso

La importancia de la inclusión de la leguminosa en la dieta, se manifiesta a través de la disponibilidad de proteína bruta, PDIN y PDIE (tabla 3.14) según la época del año. Los mayores valores se alcanzaron en el período lluvioso, tanto en las gramíneas como en la leucaena.

Tabla 3.14. Disponibilidad de PB, PDIN y PDIE según la época del año.

Especie	kg de MS/ha		
	PB	PDIN	PDIE
Gramíneas			
PLL	333	203	241
PPLL	259	158	190
Leucaena			
PLL	125	75	61
PPLL	127	76	62
Total			
PLL	458	277	302
PPLL	386	234	251

PPLL Período poco lluvioso

PLL Período lluvioso

\* Valores calculados tomando en consideración los resultados de disponibilidad de la materia seca y el contenido de PB, PDIN y PDIE de las tablas 3.3, 3.6 y 3.13, respectivamente.



### **3.1.8 DISCUSIÓN**

La composición botánica del pastizal, durante el período evaluado, mantuvo un porcentaje de pastos mejorados por encima del 50%, lo cual demostró la factibilidad de las asociaciones de árboles y pasto para garantizar la persistencia del pastizal.

Las leguminosas herbáceas aparecieron de forma espontánea en el sistema y pudieron persistir debido a la inclusión de los árboles, los cuales les sirven como tutores y evitan las defoliaciones excesivas provocadas por el diente del animal durante el pastoreo (Simón, 1998).

Se produjo un decrecimiento de la población de leguminosas herbáceas, que pudo estar motivado por el incremento de la carga durante los años en estudio (1,1-1,8 vacas/ha). No obstante, ejercieron muy baja contribución a la dieta de los animales por su bajo porcentaje en la composición botánica del pastizal.

Lamela *et al.* (1995) señalaron que cuando se utilizan cargas por encima de 1 UGM/ha, existe una tendencia a disminuir las leguminosas herbáceas en el pastizal por el efecto del pisoteo y por la selección que realizan los animales; en el caso que se estudia las leguminosas estaban representadas por la glycine (*N. wightii*) y el teramnus (*T. labialis*), las cuales son altamente consumidas por el ganado, debido a su alta aceptabilidad.

Los pastos naturales se mantuvieron alrededor del 20%, lo cual indicó estabilidad en el pastizal durante la etapa de evaluación.

Las plantas invasoras mostraron una tendencia a disminuir durante la etapa experimental. Esto fue consecuencia, en buena medida, de que en la unidad se llevó a cabo una campaña para la erradicación de las malezas, lo que influyó en los resultados.

El porcentaje de malezas en la composición botánica del pastizal fue bajo; por tanto, no se tomó en consideración en el balance alimentario del estudio, debido a que carecía de implicaciones prácticas.

Las gramíneas mejoradas estaban representadas por *P. maximum* cv. Likoni y *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano, con un predominio del pasto estrella en los tres primeros años; sin embargo, la guinea incrementó su porcentaje en la composición botánica, hasta igualar al pasto estrella en el quinto año de evaluación. Es necesario señalar que esta especie presenta una mayor tolerancia a la sombra proyectada por los árboles.

Vega (2002), al evaluar el efecto del marco de siembra de *L. leucocephala* en la persistencia de una asociación con pasto estrella, durante la fase de explotación, encontró una disminución de esta especie debido al incremento de la sombra en esta etapa con respecto al establecimiento. Las plantas incrementaron su altura y ancho de la copa, y esto influyó de forma negativa en la composición botánica del pasto estrella.

Existen un grupo de especies más tolerantes a la sombra proyectada por los árboles en los sistemas asociados, dentro de las que se encuentra *P. maximum*; este es un pasto hojoso que tiene una mayor selección y velocidad de consumo comparado con la de otras gramíneas tropicales, lo cual se le atribuye a su estructura (García-Trujillo *et al.*, 1980; Guevara, 1999; Alonso *et al.*, 2006b).

*P. maximum* está entre los pastos tropicales que poseen una estructura más ventajosa, pues tiene alrededor del 80% de hojas, razón por la cual las vacas pueden manifestar mejor su habilidad selectiva. Además, se incrementa el consumo de materia seca a medida que aumenta la oferta hasta los 55 kg/animal/día (Hernández y García-Trujillo, 1978; Hernández *et al.*, 1992).

Durante el experimento la densidad de la leucaena fue similar en las dos épocas del año. Este comportamiento es un indicador de la adaptación de las especies arbóreas al sistema en condiciones comerciales de explotación y se debió a que en este trabajo se utilizaron tiempos de reposo adecuados para permitir la recuperación de la leucaena después de cada pastoreo (28-35 y 54-66 días para lluvia y seca, respectivamente).

Los valores de disponibilidad total fueron superiores a las 3 t de MS por hectárea durante los cinco años del estudio, lo cual demuestra la importancia de las asociaciones de gramíneas mejoradas y leucaena para alcanzar la estabilidad en los rendimientos totales de biomasa comestible; no obstante, la arbórea disminuyó su biomasa comestible en los últimos tres años, debido al incremento de la altura; de ahí que fuera necesaria la realización de podas a partir de este momento.

Los resultados son superiores a los alcanzados por Alonso *et al.* (2005) cuando estudiaron la evolución de la producción de biomasa comestible en un sistema silvopastoril de leucaena y guinea, durante cuatro años.

Al analizar el efecto del bimestre en la disponibilidad de materia seca durante el estudio, se hallaron los valores más elevados en la gramínea en el bimestre julio-agosto y en septiembre-octubre. Un comportamiento similar encontraron Ruiz y Febles (2005), al analizar la distribución de la producción de biomasa comestible en sistemas de gramíneas asociadas en el 100% del área con leucaena; los valores más altos se presentaron en julio, agosto, septiembre y octubre.

En el caso de la distribución de la biomasa comestible de la leucaena, los resultados de la presente investigación difieren de lo obtenido por Ruiz y Febles (2005); en ambos estudios tuvieron un comportamiento variable, que puede ser un reflejo de las condiciones de manejo propias de cada investigación.

En la evaluación se apreció un efecto de la época del año en la disponibilidad total de gramíneas. Similar comportamiento se informó en Cuba por Lamela *et al.* (1999); Iglesias (2003) y Lock *et al.* (2006) para diferentes sistemas silvopastoriles, en los que se obtuvo la mayor disponibilidad de pasto en el período lluvioso.

En esta época del año las precipitaciones son mayores, al igual que la temperatura y la radiación solar, lo cual favorece el crecimiento de las especies pratenses. Sin embargo, los rendimientos de materia seca de la leucaena no variaron en función de la época.

Las raíces de la leucaena penetran en los estratos profundos del suelo y propician la extracción del agua; unido a esto presentan un sendero fotosintético C<sub>3</sub>; por tanto, necesitan menos intensidad luminosa que las gramíneas, que son C<sub>4</sub> (Pérez-Infante, 1977; Simón, 1998). De ahí que no se encontrara un efecto significativo de la época en la disponibilidad de materia seca de la leucaena.

En general, los valores de disponibilidad alcanzados para las gramíneas y la leucaena fueron aceptables, si se toma en consideración que permitió una oferta de materia seca superior a los 40 kg/animal/día por época; dichos valores fueron similares a los encontrados por Hernández *et al.* (1998) e Iglesias (2003), al evaluar las asociaciones de gramíneas y leucaena para la producción de leche y la ceba, respectivamente.

A pesar de disminuir los rendimientos de la leucaena en los últimos años debido al incremento de su altura, se garantizó ofertas de materia seca superiores a 2,3 kg/animal/día, lo que garantiza su consumo dentro del sistema, y las disponibilidades totales por animal fueron superiores a las 43 kg/animal/día (ver anexo 1).

Los niveles de oferta de materia seca se hallan dentro de los valores óptimos para que no decline la producción de leche, que se encuentran, según la literatura para los pastos tropicales, entre 35 y 55 kg de MS/animal/día (Stobbs, 1978; Hernández *et al.*, 1998).

La poda permite incrementar la disponibilidad de materia seca y de material comestible en el período de escasez de alimento, así como compensar la disminución de los rendimientos de la leucaena a causa del incremento de su altura.

Los resultados demuestran que cuando los árboles incrementan su altura es necesario efectuar esta labor, ya que existe una biomasa comestible de aproximadamente 1 t/ha que no está al alcance del animal por el crecimiento que alcanzan las plantas.

Los contenidos de proteína bruta (9,6-9,8%), fueron equivalente a los informados cuando se emplean niveles de fertilización entre 150 y 300 kg de N/ha/año (Pereira *et al.*, 1990) y superiores a los alcanzados en gramíneas mejoradas sin fertilizar.

Esta mejoría es una consecuencia de la presencia de los árboles leguminosos, que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico al suelo a través de la simbiosis con los rizobios presentes en este; el nitrógeno a su vez es aprovechado por las gramíneas que se hallan en el sistema (Hernández, 1998).

Esto concuerda con lo informado por Sierra y Nygren (2006), quienes estudiaron la fijación del nitrógeno de árboles leguminosos en sistemas silvopastoriles. Los resultados sugieren una transferencia directa del nitrógeno de los árboles a las gramíneas, a través de las raíces; este indicador no varió de forma significativa en función de la época del año.

Los niveles proteicos alcanzados durante el experimento fueron superiores a los reportados por Simón *et al.* (1995b) para pastos naturales asociados a especies arbóreas (6,8%) y similares a los informados por Reinoso (2000) en el pasto estrella (9,5 y 8,9% para seca y 10,4 y 9,9% en lluvia) en sistemas silvopastoriles sobre suelos fértiles.

Esto sugiere la importancia de incluir los pastos mejorados con el fin de disponer de una dieta de mayor cantidad y calidad en términos de MS y PB, en particular cuando se alimentan vacas de mediano a alto potencial lechero.

El aumento de las sustancias nitrogenadas en las gramíneas en sistemas asociados con especies arbóreas, también puede ser una medida de la adaptación de estas plantas a la reducción de la luz por efecto de la sombra proyectada por los árboles, lo cual influye en el fisiologismo de las plantas. Además, la sombra aumenta la actividad del suelo y mejora su capacidad de retención de agua (Wilson, 1991; Sánchez y Crespo, 2004; Ørskov, 2005).

En estas condiciones los pastos muestran un menor contenido de FB y un mayor contenido de PB, cuando se comparan con aquellos que se desarrollan en sistemas en los cuales no existe la especie arbórea y los rayos solares inciden directamente sobre el pasto (Pentón, 2000).

En investigaciones realizadas por Hernández *et al.* (1987); Ruiz *et al.* (1998b) y Hernández *et al.* (2001a) se produjo un incremento en el contenido de PB en las especies *P. maximum*, *C. nlemfuensis* y *P. notatum*, cuando la leucaena formó parte de la comunidad vegetal.

*L. leucocephala* mostró un contenido de proteína bruta alto. Los valores estuvieron dentro de los informados con anterioridad por Gutiérrez *et al.* (2000) y Galindo *et al.* (2005).

Los contenidos de calcio y fósforo en la leucaena se hallaron dentro del rango de valores para esta especie (Shelton y Brewbaker, 1994); similar comportamiento se obtuvo en la gramínea (Anon, 2000a).

En ambas especies los valores de fósforo fueron bajos; de ahí la necesidad de una suplementación con este mineral a los animales que pastoreaban en el sistema, si se tiene en consideración su importancia en la reproducción de las vacas y en el metabolismo.

En general, la carencia de P en las dietas constituye un problema para la nutrición adecuada de los animales, debido al bajo contenido que presentan los pastos tropicales, lo cual se acentúa en los suelos deficientes en este mineral (Rolo, 1999).

La composición botánica del pastizal, la disponibilidad de materia seca y el valor nutritivo de los forrajes son indispensables para evaluar un sistema para la producción de leche, ya que desempeñan un papel fundamental en la utilización del alimento disponible por parte de los animales.

Según Posada y Noguera (2005), la producción de leche y el crecimiento de los rumiantes son limitados por la calidad del forraje, lo cual se refleja principalmente en un bajo consumo voluntario y una baja digestibilidad de los nutrientes. Por ello, es importante emplear métodos precisos y prácticos para la evaluación del valor nutricional de los forrajes.

Entre las especies que más contribuyeron en el balance de nutrientes se encuentran la leucaena, *P. maximum* y *C. nlemfuensis*; se consideró la guinea como representativa de las dos gramíneas, debido a que mantuvo una tendencia ascendente en la composición botánica del pastizal, y además no existen diferencias marcadas en su composición química con respecto al pasto estrella, según las tablas de valor nutritivo (CALRAC, 1996; Anon, 2000a).

Por todas estas razones y tomando en consideración lo costosa que resulta la utilización de las técnicas para estimar la degradación *in situ* y la producción de gas *in vitro* de los forrajes, se continuó la evaluación con *L. leucocephala* cv. Cunningham y *P. maximum* cv. Likoni.

En este sentido, la degradación de la materia seca de *P. maximum* obtenida en la presente investigación por el método de las bolsas, en función del momento de muestreo, difiere de la hallada por Razz *et al.* (2004), quienes obtuvieron una degradación mayor en *P. maximum* al compararlo con *L. leucocephala*.

Los valores del potencial de degradación (**a** + **b**) para *L. leucocephala* son superiores a los obtenidos por Delgado *et al.* (2001) al estudiar la cinética de la degradación *in situ* de cuatro árboles tropicales, en el cual incluyeron *L. leucocephala* (63,4%); similar comportamiento tuvo la velocidad de degradación (**c**).

Esas diferencias pueden ser un reflejo de la variedad en estudio, del contenido de taninos u otros factores inherentes a las condiciones propias de los experimentos, que pudieran estar influyendo en los resultados.

La velocidad de degradación coincide con la hallada por La O *et al.* (2006) al evaluar la degradabilidad de la materia seca y el nitrógeno total en vacas, en un sistema de pastoreo con *C. nlemfuensis* y un banco de proteína de *L. leucocephala* cv. Perú y *G. sepium*.

Estos autores encontraron la más baja degradación ruminal de la materia seca en *C. nlemfuensis*, respuesta que consideraron asociada a una alta concentración de compuestos lignocelulósicos que pueden limitar la actividad de los microorganismos ruminales.

El potencial de degradación (**a + b**) de la gramínea es superior al logrado por Enoh *et al.* (2005), cuando evaluaron el efecto de la madurez de la planta en la degradación de la materia seca y el contenido de nutrientes en *Brachiaria* (55%).

Al analizar las características de degradación de la materia seca se observó un mejor comportamiento de las dos especies durante el momento de muestreo que se correspondió con el período lluvioso, aspecto a tener en cuenta para evaluar el comportamiento productivo de los animales y lograr la máxima eficiencia del sistema, debido a que los forrajes que se degradan con más velocidad promueven una mayor velocidad de pasaje y, por ende, un mayor consumo, si no existen otros factores limitantes.

Con frecuencia se producen discrepancias en la evaluación del valor nutricional de los forrajes por las técnicas que se utilizan para este fin; de ahí la importancia de utilizar más de un método para obtener un resultado confiable.

Foster *et al.* (2007) estudiaron las características de la degradación de la *M. sativa* en ovejas y novillos alimentados con sorghum como dieta base, a través del método de las bolsas, y la digestibilidad *in vitro*, según la metodología de Tilley y Terry (1963), y encontraron variaciones en la estimación de la fracción soluble por ambos métodos; este efecto fue atribuido a las pérdidas de partículas de alimentos a través de los poros de la bolsa durante la incubación en el rumen, lo cual indica que es importante corroborar los resultados por el método *in situ*, con las otras técnicas.

Al estudiar la producción de gas *in vitro* por especie, los mayores valores se obtuvieron durante el momento de muestreo que coincidió con el período lluvioso, tanto para la gramínea como para la leucaena.

Estos resultados con la leucaena difieren de los alcanzados en *Acacia saligna* por Fattah y Salem (2005), quienes no hallaron diferencias significativas en el volumen de gas producido a las 24 horas por efecto de las estaciones del año. Es interesante destacar que compararon en su investigación las cuatro estaciones del año.

En el presente estudio se evaluaron las dos estaciones del año definidas en Cuba y se empleó un tiempo de incubación de 72 horas en el líquido ruminal; de ahí las diferencias con relación al resultado anterior.

La velocidad de producción de gas (**c**) fue inferior a la obtenida por Sandoval *et al.* (2005) cuando estudiaron la composición química y la digestibilidad *in vitro* por el método de los gases, en árboles forrajeros entre los cuales estaba incluida *L. leucocephala* (1,51 mL/h<sup>-1</sup>).

En dicho estudio el inóculo provino de dos vacas alimentadas con forraje de *P. purpureum* y suplementación con concentrado, y se incubó un 1 g de muestra con la solución amortiguadora.

La tasa de producción de gas es similar a la encontrada por Ammar *et al.* (2005) al evaluar siete especies arbustivas del mediterráneo (*Arbutus unedo* L., *Calicotome villosa* (Poiret) Link, *Erica arborea* L., *Myrtus communis* L., *Phillyrea angustifolia* L., *Pistacia lentiscus* L. y *Quercus suber* L.); este indicador osciló entre 0,030 y 0,047 mL/h<sup>-1</sup> y se utilizó como inóculo el líquido ruminal de cabras alimentadas con alfalfa, vitaminas y minerales a voluntad.

Al comparar las características de la fermentación, por especie, se encontró una mayor velocidad de producción de gas en la leucaena; similar comportamiento está descrito en la literatura, que refiere que la mayor degradación de la materia seca se obtiene en las leguminosas, aspecto que constituye la principal diferencia al comparar las ecuaciones de degradación entre las gramíneas tropicales y esta familia de plantas (Ørskov, 1998).

La técnica de producción de gas *in vitro* es una herramienta valiosa para evaluar el valor nutricional de los forrajes, pero su principal inconveniente radica en la imposibilidad de comparar los resultados de los laboratorios de diferentes partes del mundo, ya que existen numerosos factores que influyen en los resultados.

Dentro de estos se encuentran: el tipo de sustrato, la especie donante del inóculo, la solución amortiguadora empleada, el pH del medio, el número de microorganismos, la dieta del donante, el control de la temperatura y la agitación durante la incubación (Posada y Noguera, 2005). De ahí las diferencias con la presente investigación.

Con frecuencia se hallan discrepancias entre los valores de fermentabilidad estimados para la gramínea y la leucaena por la técnica *in situ* y la producción de gas *in vitro*, lo cual se atribuye a una menor fermentación de la fibra en el sistema *in vitro*.

De acuerdo con los conocimientos actuales, es posible explicar estas contradicciones a través del hecho que la leucaena contiene niveles moderados de taninos, que se consideran factores antinutricionales, los cuales al ser liberados durante la fermentación se acumulan en el medio de incubación y alcanzan niveles inhibitorios para los microorganismos.



En la técnica de la bolsa de nylon la toxicidad de los taninos es menor debido a un efecto de dilución (Williams, 2000); mientras que en la técnica de producción de gas *in vitro* el efecto es mayor y trae consigo una disminución en la producción de gas (Nherera *et al.*, 1999).

Cuando las muestras de árboles contienen factores antinutricionales, se le añade el PEG y la producción de gas se incrementa entre un 23 y 25% a las 48 y 72 horas. No obstante, se ha encontrado una baja correlación entre el incremento en la producción de gas y el contenido de taninos, ya que al parecer no todos los taninos inhiben de igual forma (Ørskov, 2002).

Existen diferencias en cuanto al efecto de los taninos condensados en el caso de la leucaena, debido a que presenta concentraciones moderadas, que no deben afectar la producción de gas *in vitro* (E.R Ørskov, 2006, comunicación personal).

A similares conclusiones llegaron Singh *et al.* (2005) al estudiar el efecto del PEG en los parámetros de producción de gas y desaparición del nitrógeno de algunas especies de árboles forrajeros, entre las cuales estaba incluida *L. leucocephala*, y esta fue la única especie donde la adición del PEG no influyó en el gas producido.

Otra de las posibles causas de la diferencia en los resultados, entre las dos técnicas, puede estar vinculada a las condiciones propias de las investigaciones; aunque se realizaron con las mismas muestras, se empleó el líquido ruminal de bovino en el método de las bolsas y en la técnica de producción de gases se utilizó el contenido ruminal de ovejas canuladas que se alimentaban con dietas diferentes.

La investigación demostró que la producción de gas, por especie, tuvo el mejor comportamiento durante el muestreo que se efectuó en el período lluvioso; por tanto, se debe obtener un mayor consumo de MS en este momento. Ørskov (2002) encontró una correlación de  $r = 0,88$  entre el consumo de materia seca y las características de la degradación de los forrajes (**a**, **b** y **c**).

Este autor elaboró un índice de consumo basado en las características de la degradación de los forrajes y obtuvo una alta correlación entre el valor del índice y el consumo de materia seca; en este sentido, llegó a la conclusión que el potencial de alimentación de los forrajes depende de los valores de **a**, **b** y **c**. De ahí que al mejorar la velocidad de digestión, no se modifica la digestibilidad, pero se incrementa el consumo y, por ende, los resultados productivos de los sistemas evaluados.

La técnica de producción de gas *in vitro* se ha empleado como un indicador del consumo de MS digestible (Liu Jian *et al.*, 2002). No obstante, existen otras variables importantes que no se tienen en cuenta cuando se aplica este procedimiento, tales como: el estado fisiológico del animal, el nivel de producción y las condiciones ambientales, que limita la aplicación de sus resultados como una función de predicción.

El auge que ha alcanzado dicha técnica para estimar el valor nutritivo de los forrajes para rumiantes, demuestra su importancia; no obstante, se necesita estandarizar mejor las condiciones de incubación e interpretación de resultados, para poder comparar experimentos de todas las regiones del mundo.

A pesar de las diferencias halladas en la degradación de la materia seca por el método *in situ* y la producción de gas *in vitro*, hubo un mejor comportamiento de los forrajes durante el momento de muestreo que se correspondió con el período lluvioso; por tanto, debe esperarse el mejor resultado productivo en esta época del año.

Los contenidos de PDIN, PDIE y EM de las gramíneas mejoradas y de *L. leucocephala*, son similares a los que aparecen publicados en la tablas de valor nutritivo (CALRAC, 1996; Anon, 2000a).

Esto demostró que con la inclusión de la leucaena se mejora el valor nutricional de la dieta, por su alto contenido de proteína bruta, PDIN y PDIE. Los valores de estos nutrimentos fueron superiores en la época lluviosa; no obstante; se pueden considerar aceptables para ambos momentos del año.

Existen otros aspectos a tener en cuenta en los sistemas a partir de pastos y forrajes si se desea obtener altas producciones de leche, como es la composición racial del rebaño y su manejo, ya que en un sistema con alta disponibilidad y calidad de la biomasa comestible, se requiere de animales con potencial genético para que puedan expresar en estas condiciones su capacidad productiva.

## **3.2 EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE VACAS LECHERAS DE LA RAZA MAMBÍ DE CUBA EN UNA ASOCIACIÓN DE GRAMÍNEAS MEJORADAS Y LEUCAENA EN CONDICIONES COMERCIALES**

### **3.3 INTRODUCCIÓN**

Las asociaciones de árboles y pastos en una misma unidad de área se vislumbran como una opción viable para la ganadería cubana, por los resultados alcanzados en producción de leche (Jordán *et al.*, 1998; Lamela *et al.*, 2004; Muñoz *et al.*, 2004).

En el acápite anterior se evaluó la estabilidad de una asociación de gramíneas mejoradas y *L. leucocephala* cv. Cunningham, tanto en cantidad como en calidad de su biomasa comestible, en condiciones comerciales. Esto muestra sus potencialidades para obtener disponibilidades de materia seca con buena calidad durante todo el año. De ahí que sea necesaria la evaluación integrada con vacas lecheras, donde se debe experimentar con razas como la Mambí por su potencial para la producción de leche. Por tales razones, este estudio tuvo como objetivo:

- *Evaluar el comportamiento productivo de vacas lecheras de la raza Mambí de Cuba en la asociación y su relación con algunos indicadores económicos.*

### **3.4 MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología de este acápite se corresponde con las mediciones realizadas en las vacas lecheras. Para cumplir el objetivo se estudiaron dos rebaños durante cinco años de evaluación del pastizal.

En los tres primeros años se evaluaron vacas de primer parto (rebaño 1) y en los años cuarto y quinto se estudiaron vacas desde la lactancia 1 hasta la 3 (rebaño 2). La descripción de la lechería, la carga, la cantidad de animales, la alimentación y su manejo general, aparecen en el capítulo II, epígrafes del 2.2 hasta el 2.7 del material de tesis.

### 3.4.1 Estimación del consumo

Se estimó el consumo de los animales en producción de leche durante el estudio a través de la elaboración de los balances alimentarios, utilizando el programa CALRAC, en su versión 1.0 de 1996, elaborado por el Instituto de Ciencia Animal de Cuba (ICA); para ello se empleó, como base del cálculo, la disponibilidad de materia seca que aparece en la tabla 3.1, los resultados productivos durante este tiempo y la composición química expuesta en el acápite 3.1.7. Se midió el consumo real de los alimentos complementarios, según la oferta y el rechazo en canoa.

### 3.4.2 Balance alimentario retrospectivo

Se calculó el balance alimentario para las vacas en producción y las gestantes (siete meses) en el período poco lluvioso y en el lluvioso, utilizando el programa CALRAC, en su versión 1.0 de 1996, elaborado por el ICA.

#### Alimentos:

Los resultados de los aportes de nutrientes de las gramíneas mejoradas y la leucaena se muestran en la tabla 3.13; además, se empleó la disponibilidad de materia seca de ambas especies, que se expone en la tabla 3.2. A continuación aparecen los nutrientes de los alimentos adicionales empleados en la elaboración del balance alimentario (tabla 3.16), que se calcularon a través de las fórmulas descritas en el acápite 3.1.6.4; excepto en la EM, que se empleó la fórmula descrita por Martín (1982), donde:  $EM \text{ (Mcal/kg MS)} = 2,66 - 0,0199 \text{ (FB \%)}$ .

Tabla 3.15. Nutrientes de los alimentos adicionales empleados en la elaboración del balance alimentario.

Alimento	MS (%)	PB (g)	FB (%)	EM (Mcal/kg MS)	PDIN (g)	PDIE (g)	Ca (g)	P (g)
Caña de azúcar	26,0	58,0	24,0	2,2	36,0	57,4	6,0	1,0
Concentrado comercial	90,0-88,0	110,0	4,3	2,7	66,7	74,8	17,0	2,0

### **Animales:**

Para realizar el balance se estimó el peso vivo del 100% de los animales con ayuda de una cinta métrica, según el método propuesto por Menéndez (1985), durante los dos períodos del año. Las ganancias se estimaron en dependencia de la época. Se obtuvieron los valores de grasa de la leche del laboratorio de la empresa y se calcularon los promedios para el período lluvioso y el poco lluvioso.

#### **3.4.3 Condición corporal**

Se monitoreó la condición corporal (escala 1 a 5 puntos) al momento del parto de las vacas del rebaño 1 y se relacionó con la producción de leche; esta actividad se realizó, mensualmente, según la metodología propuesta por Álvarez (1997) (ver anexo 3).

#### **3.4.4 Producción de leche**

Se realizó el pesaje de leche al 100% de los animales en ordeño durante cinco años, con una frecuencia mensual, para determinar la producción por vaca en ordeño y la producción por vaca total. Además, se analizó la influencia del bimestre de producción, la época del año, el número de la lactancia y el año, en vacas lecheras de la raza Mambí de Cuba.

#### **3.5.5 Curva real y potencial**

La curva real se calculó con la producción de leche obtenida en la vaquería, agrupada por bimestre de producción. El potencial mínimo de producción de leche se obtuvo a través de la aplicación del modelo multiplicativo con efecto de curva de lactancia (Menchaca, 1978); además, se calculó la eficiencia de producción a través de las recomendaciones propuestas por Senra (1982).

### 3.4.6 Otros indicadores de la producción de leche

A partir de los registros de secado, movimiento de rebaño y producción de leche total de la vaquería y la granja, se calculó la producción por hectárea, la carga global de la vaquería y la duración de la lactancia, y se pesaron los terneros al nacer con el empleo de una cinta métrica.

### 3.4.7 Análisis matemático

Los datos de duración y producción por lactancia, así como las vacas totales y las vacas en ordeño se compararon a través de un ANOVA; para las diferencias entre las medias se usó la dócima de rangos múltiples de Duncan, con significación de  $P \leq 0,05$ ; mientras que en el peso de ternero al nacer en función de la época se utilizó la prueba de t-student para muestras independientes. Se empleó el paquete estadístico SPSS en su versión 10.0 para Windows

### 3.4.8 Modelo matemático

Se analizaron 1 678 lactancias de vacas primíparas en el rebaño 1 y un total 848 lactancias (de las cuales 286, 477 y 56 fueron de la primera, segunda y tercera, respectivamente) en el rebaño 2. Se procesaron a través de un modelo multiplicativo con efecto de curva de lactancia (Menchaca, 1978), que se basa en la representación algebraica de esta ( $Y_n = a n^b e^{-cn}$ ), según Wood (1969). Las diferencias entre medias se empleó la dócima de rangos múltiples de Duncan (1955) modificado por Kramer (1956).

Para el análisis de la producción de leche de las hembras se empleó el siguiente modelo:

$$Y = a + b \log n + cn + p_j + d_k + g_l + e_{ijkl}$$

Donde:

$$Y_{ijkl} = \log Y_{ijkl}$$

$a$  = log A, constante común a todas las observaciones

$bc$  = parámetros de la curva de lactancia según la representación algebraica de Wood (1969)

$n$  = n-ésimo día de lactancia correspondiente a la observación  $Y_{ijkl}$  ésima

$p = \log p_j$ , efecto de  $j$  – ésimo bimestre de parto

$d_k = \log d_k$ , efecto  $k$ - ésimo bimestre de producción

$g_l = \log g_l$ , efecto de  $l$  – ésimo año

$h_m = \log h_m$ , efecto de  $m$  – ésima época del año

$e_{ijklm}$  = error experimental

### **3.4.9 Indicadores económicos**

Para realizar las consideraciones económicas se recogió los ingresos y los conceptos del gasto de la vaquería y la granja, y se calcularon los siguientes indicadores recomendados por Guevara (1999):

- ❖ Gastos totales = Gastos fijos + gastos variables totales
- ❖ Gastos/ha = Gastos totales/ hectáreas
- ❖ Gastos/vaca = Gastos totales/ vacas
- ❖ Ganancia/ha = Flujo de caja/ hectáreas
- ❖ Ganancia/vacas = Flujo de caja / vacas
- ❖ Costo kg de leche = Gastos totales/ volumen de producción
- ❖ Relación costo/ beneficio = Gastos totales/ ingresos brutos
- ❖ El precio del kilogramo de leche es según la calidad determinada en el laboratorio

Los indicadores económicos se calcularon con el empleo del programa Microsoft Office Excel del 2003. A partir del tercer año (2001) se incrementó el concepto de otros gastos de la unidad, debido a que se comenzaron a considerar las actividades siguientes: los medicamentos, el combustible, la energía, las piezas y los servicios de maquinaria que, hasta esa fecha, no se contabilizaban en los gastos de la vaquería. Por otra parte, el precio de la leche cambió en octubre del 1999, que coincidió con el segundo año del estudio.

### 3.5 RESULTADOS

#### a) Rebaño 1

En la figura 3.7 se muestra la producción por vacas en ordeño, la cual fue mayor en el primer año y difirió significativamente ( $P < 0,01$ ) de los restantes que no difirieron entre ellos; sin embargo la producción de leche por vacas totales no difirió entre años.

Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) al evaluar la carga global durante el estudio. Los mayores valores coincidieron con los años de menor producción de leche por vacas en ordeño (ver anexo 4).

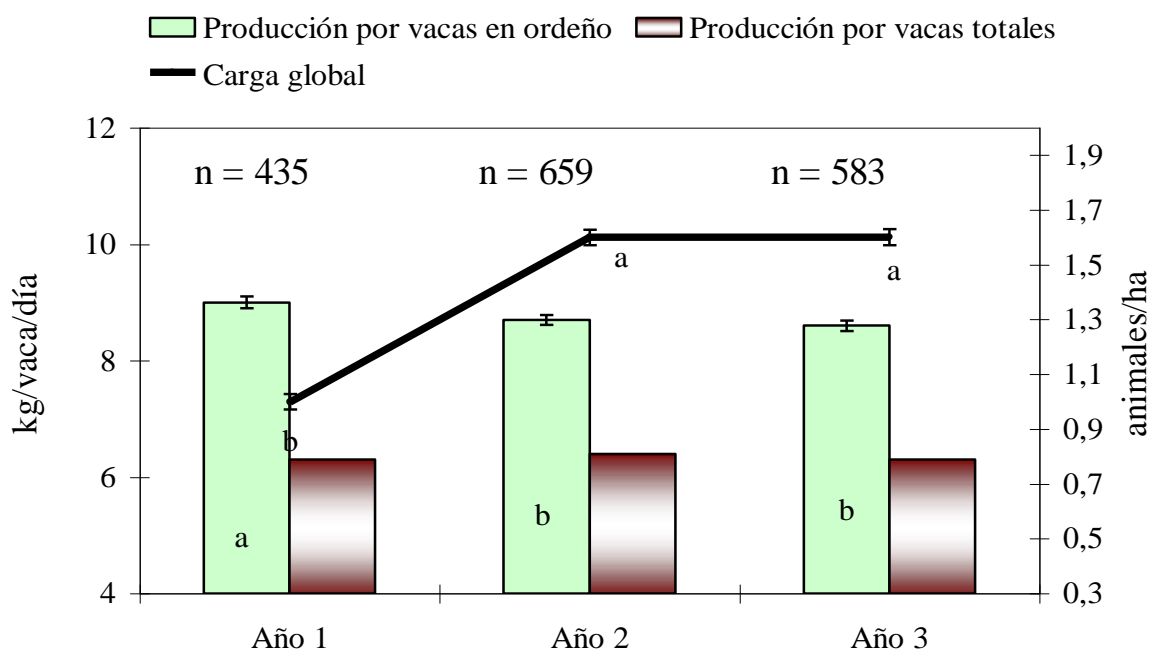


Fig. 3.7. Producción de leche por vacas en ordeño, vacas totales y carga global.  
a, b Valores con superíndices diferentes difieren para  $P < 0,05$  (Duncan, 1955), modificado por Kramer (1956)

\*\* $P < 0,01$

En la figura 3.8 se observa la estimación del consumo voluntario según los años de estudio; los valores fueron ligeramente superiores en el período lluvioso con respecto al poco lluvioso y la gramínea siempre representó el 70% del total de materia seca consumida y la leucaena el 13% (ver anexos 5-7). Los consumos de materia seca fueron similares durante toda la etapa evaluada.



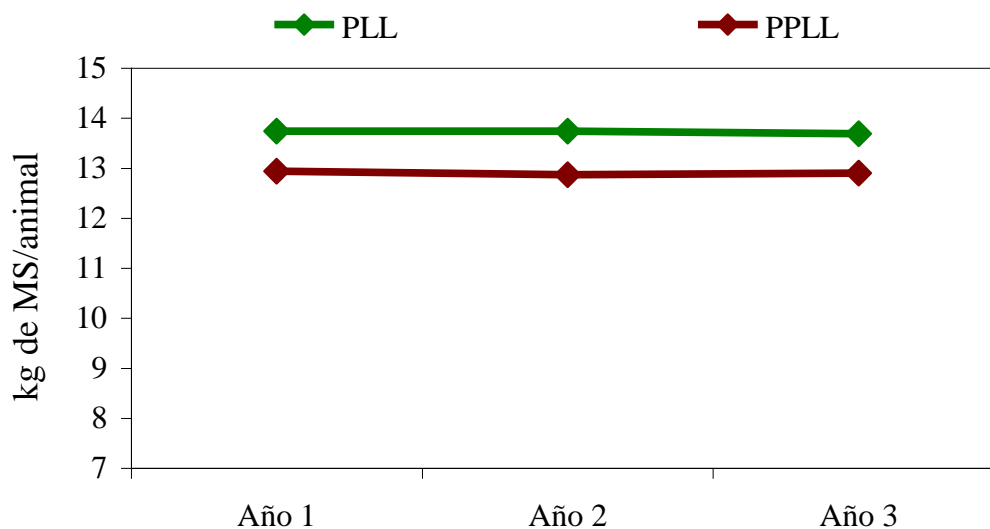


Fig. 3.8. Estimación del consumo voluntario.

Al analizar el efecto del bimestre de producción en la producción de leche individual (fig. 3.9), se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ). El mejor comportamiento fue en julio-agosto; mientras que la menor producción se halló en noviembre-diciembre.

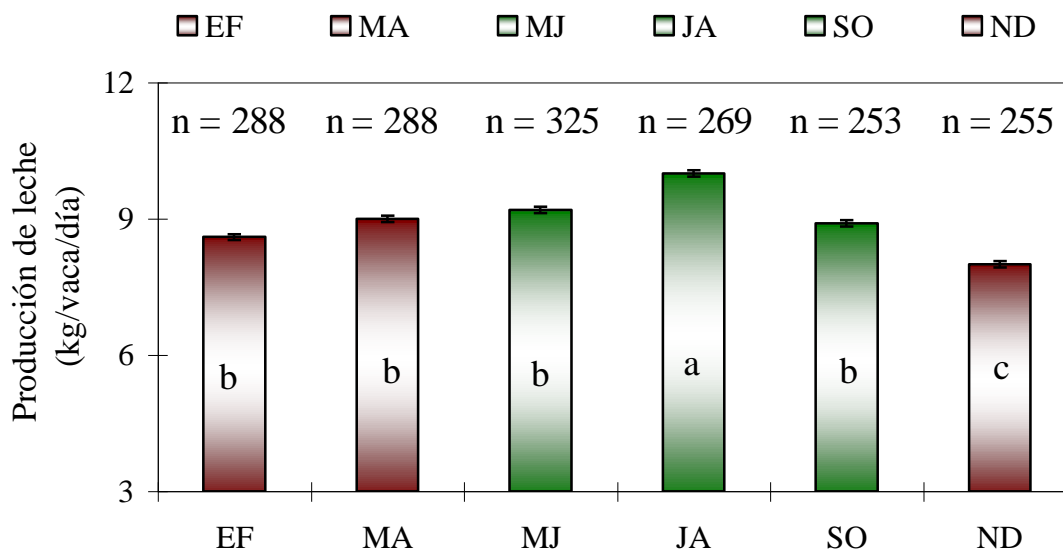


Fig. 3.9. Efecto del bimestre de producción en la producción de leche por vaca por día.

a, b, c Valores con superíndices diferentes difieren para  $P < 0,05$  (Duncan, 1955), modificado por Kramer (1956)  
 $**P < 0,01$

En la fig. 3.10 se muestra la producción de leche individual en función de la época; no se hallaron diferencias significativas para este indicador y los valores obtenidos fueron superiores a los 8 kg/vaca/día en ambos períodos del año.

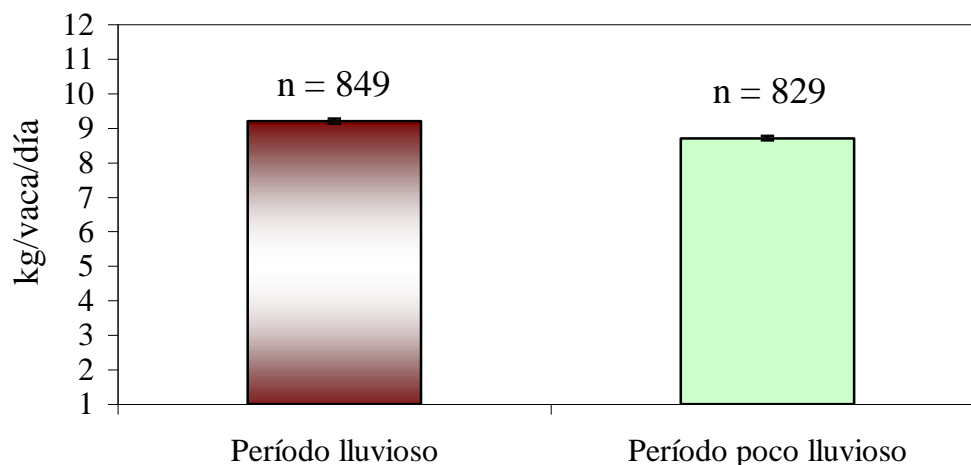


Fig. 3.10. Efecto de la época del año en la producción de leche.

En la tabla 3.16 se observa el balance alimentario para las vacas en producción de leche; se cubrieron los requerimientos de los animales en cuanto a EM, PB, Ca y P para los niveles de producción en ambas épocas del año (ver anexo 8).

Tabla 3.16. Balance alimentario retrospectivo para vacas en producción de leche.

Período	Consumo (kg/MS)	EM (Mcal)	PDIN (g/kg MS)	PDIE (g/kg MS)	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)
<b>Poco lluvioso*</b>						
Aporte	13,1	27,6	853	964	148,0	37,1
Requerimien		27,6	802	802	58,1	37,1
to						
Diferencia		-	50	161	89,9	-
<b>Lluvioso**</b>						
Aporte	13,4	29,5	938	1026	151,4	40,7
Requerimie		29,5	872	872	66,8	40,7
nto						
Diferencia		-	66	154	84,6	-

\* Peso vivo 447 kg, Producción de leche: 8,7 kg/vaca/día, % de grasa: 3,8

\*\* Peso vivo 469 kg, Producción de leche: 9,2 kg/vaca/día, % de grasa: 3,6

Se utilizaron los valores de oferta de materia seca que aparecen en la tabla 3.4

El balance alimentario realizado a las vacas de siete meses de gestación (tabla 3.17) permitió comprobar que en las épocas de lluvia y seca se cubrieron los requerimientos de los animales en EM, PB, Ca y P (ver anexo 9).

Tabla 3.17. Balance retrospectivo para vacas de siete meses de gestación.

Período	Consumo (kg/MS)	EM (Mcal)	PDIN (g/kg MS)	PDIE (g/kg MS)	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)
<b>Poco lluvioso*</b>						
Aporte	10,5	22,1	570	712	114,7	26,5
Requerimiento		22,1	495	495	41,2	26,5
Diferencia		<b>0</b>	<b>75</b>	<b>217</b>	<b>73,5</b>	<b>0</b>
<b>Lluvioso**</b>						
Aporte	10,7	22,7	648	762	113,7	27,4
Requerimiento		22,7	508	508	42,3	27,4
Diferencia		<b>0</b>	<b>140</b>	<b>255</b>	<b>71,4</b>	<b>0</b>

\* Ganancia media diaria = 500 g, Peso vivo = 422 kg

\*\* Ganancia media diaria = 500 g, Peso vivo = 442 kg

Se utilizaron los valores de oferta de materia seca que aparecen en la tabla 3.4

El comportamiento de la producción de leche anual y por hectárea se muestra en la figura 3.11; existieron diferencias al comparar la producción anual y por hectárea del sistema, y los mayores valores se observaron en los años 2 y 3.

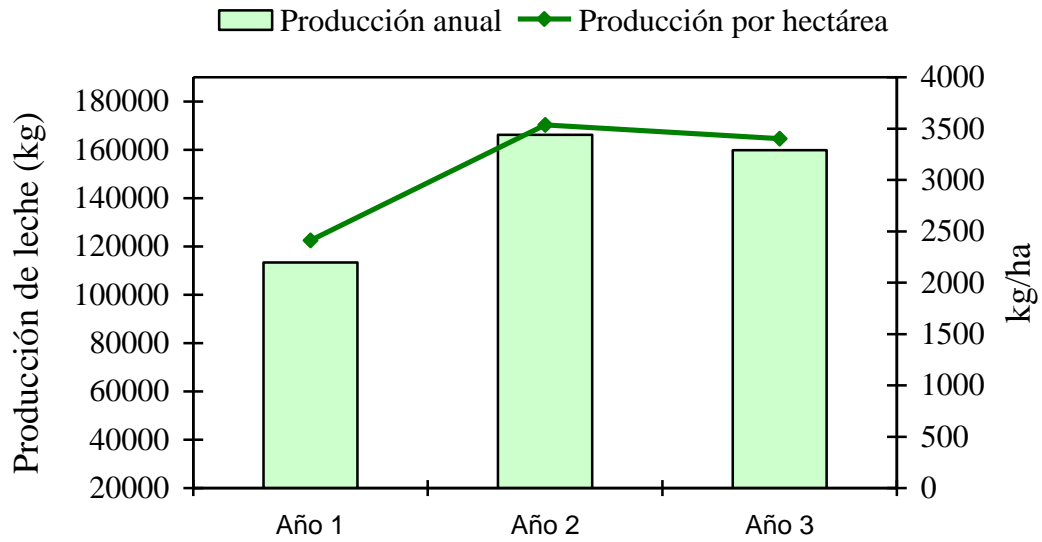


Fig. 3.11. Producción de leche anual y por hectárea.

En la figura 3.12 se observa la producción promedio por época del año; se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en este indicador. El mejor comportamiento se correspondió con el período lluvioso.

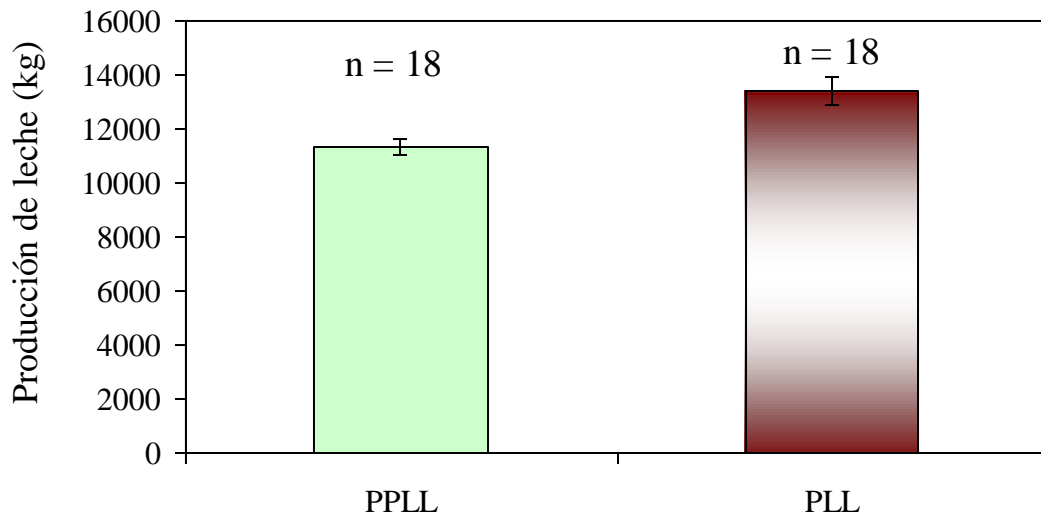


Fig. 3.12. Producción de leche promedio por época del año.

\* $P < 0,05$  (t-student)

En la tabla 3.18 se presenta la eficiencia productiva del sistema; el mejor resultado fue en los bimestres mayo-junio y julio-agosto, ambos en el período lluvioso, y el valor más bajo se obtuvo en marzo-abril.

Tabla 3.18. Eficiencia productiva del rebaño 1.

Indicador	EF	MA	MJ	JA	SO	ND
Producción potencial (kg/vaca/día)*	8,6	9,0	9,2	10,0	8,9	8,0
Producción real(kg/vaca/día)	7,6	7,7	8,4	9,2	8,0	7,0
% Eficiencia**	88,4	85,6	91,3	90,2	89,9	87,5

\* Producción potencial calculada con el modelo multiplicativo de Menchaca (1978)

\*\*Según lo recomendado por Senra (1982)

Otro aspecto analizado fue la influencia de la condición corporal (CC) al momento del parto, en la producción de leche (fig. 3.13); los mejores resultados se obtuvieron cuando alcanzó valores de 3 ó 3,5. En estos valores de condición corporal estuvo representado el 92% de los animales de la unidad y solamente una pequeña parte de la población y en la CC 4 (5,6%) o CC 2,5 (2,6%).

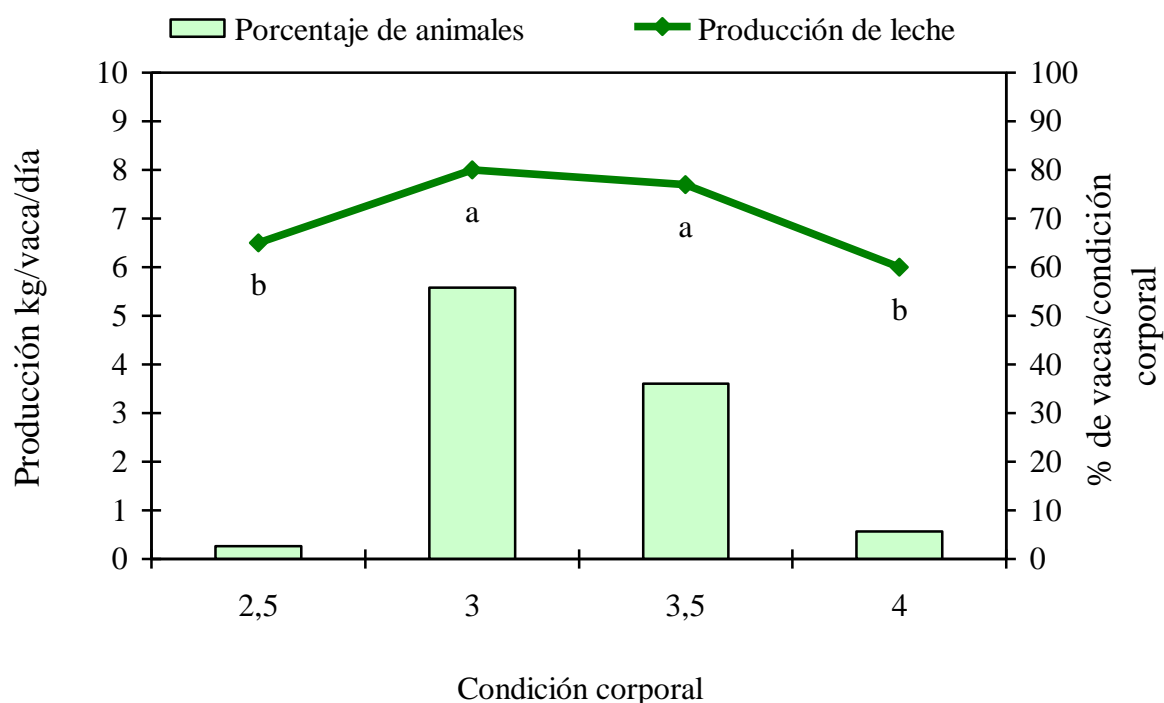


Fig. 3.13. Influencia de la condición corporal al momento del parto en la producción de leche.

a, b Valores con superíndices diferentes difieren para  $P < 0,05$  (Duncan, 1955), modificado por Kramer (1956)  
 \*\*\* $P < 0,001$

En la figura 3.14 se presenta la producción por lactancia y la duración de la lactancia del rebaño 1. No se encontraron diferencias significativas para ambos indicadores durante la etapa experimental.

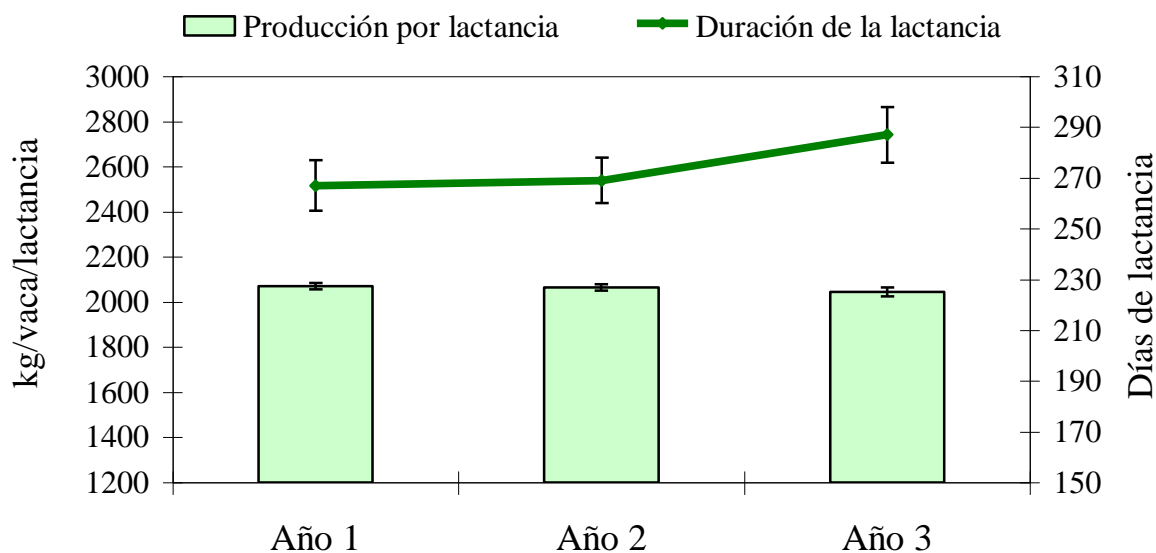


Fig. 3.14. Producción de leche por lactancia y duración de la lactancia.

Al comparar las vacas totales se hallaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre los años; el menor valor coincidió con el primer año y los dos restantes no difirieron entre sí. Además, se observaron diferencias significativas en el número de vacas en ordeño ( $P < 0,01$ ) y el valor más bajo se encontró en el primer año (tabla 3.19).

Tabla 3.19. Otros indicadores de las vacas en el período evaluado.

Indicador	Año 1	Año 2	Año 3	ES
Vacas totales	45 <sup>b</sup>	71 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	1,62
Vacas en ordeño	38 <sup>c</sup>	58 <sup>b</sup>	63 <sup>a</sup>	1,58
Vacas en ordeño (%)	84,4	81,7	90,0	-
Terneros producidos* (#)	53	84	72	-

\* Durante estos tres años los animales entraban gestantes a la unidad  
a, b, c Letras desiguales en una misma fila difieren para Duncan ( $P < 0,05$ )

\*\*  $P < 0,01$

Al analizar el efecto de la época del año en el peso del ternero al nacer (tabla 3.20) no se encontraron diferencias significativas para este indicador. El peso en ambos períodos fue superior a 35 kg.

Tabla 3.20. Efecto de la época en el peso de los terneros al nacer.

Época	Peso del ternero (kg)	ES ±
PPLL	37,3	0,300
PLL	36,7	0,390

PPLL Período poco lluvioso  
PLL Período lluvioso

En el análisis económico comparativo de los tres primeros años del estudio (tabla 3.21) se apreció un incremento en los ingresos totales y una mejoría en el precio de la leche a partir del segundo año.

Los gastos se incrementaron a partir del primer año hasta el tercero; mientras que el costo de un kilogramo de leche estuvo por debajo de un peso durante toda esta etapa de evaluación. Similar comportamiento tuvo el costo por peso. Además se alcanzaron ganancias por hectárea superiores a los 1 000 pesos, excepto en el primer año.

Tabla 3.21. Indicadores económicos (pesos).

Indicador	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos totales	51 213,71	140 375,50	159 073,74
Gastos totales	35 192,40	51 155,90	52 136,05
Ganancia/ha	340,88	1 898,30	2 275,27
Ganancia/vaca	308,10	1 129,40	1 229,17
Gastos/vaca/año	676,78	647,54	599,26
Gastos/ha/año	748,77	1 088,40	1 109,28
Precio de la leche	0,47	0,86	0,94
Costo del litro de leche	0,31	0,31	0,33
Costo/peso	0,68	0,39	0,34



b) Rebaño 2

Al analizar la producción individual del rebaño 2 (fig. 3.15) no se encontraron diferencias significativas durante los dos años de evaluación; similar comportamiento tuvieron la producción de leche por vacas totales y la carga (ver anexo 10).

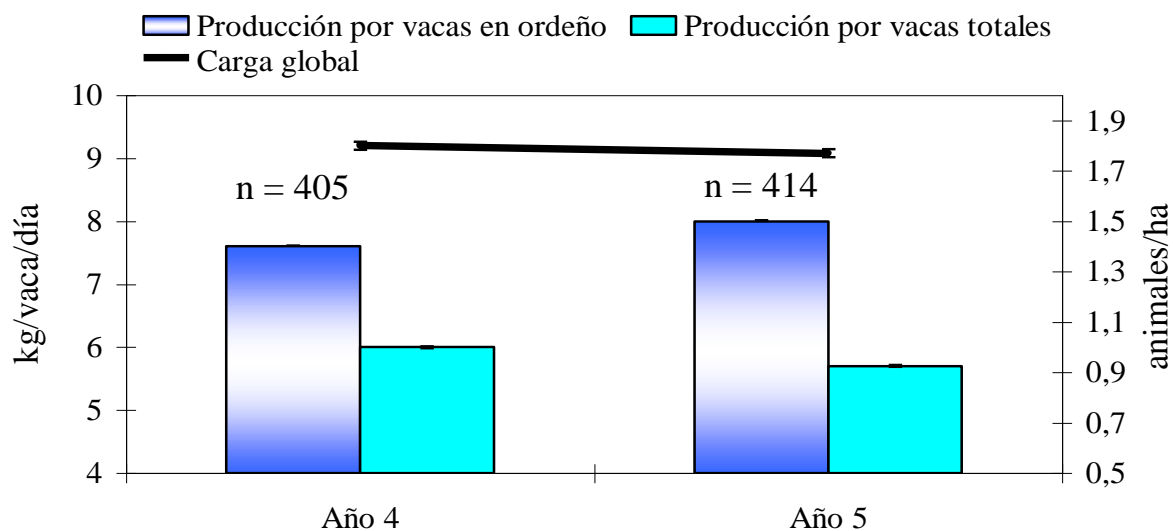


Fig. 3.15. Producción de leche por vacas en ordeño, vacas totales y carga global.

Durante este período la estimación del consumo voluntario (fig. 3.16) mostró valores similares en ambos períodos del año, la gramínea siempre representó el mayor porcentaje del total de materia seca consumida (70%); mientras que la leucaena representó el 13% de la ración en base seca (ver anexos 11 y 12).

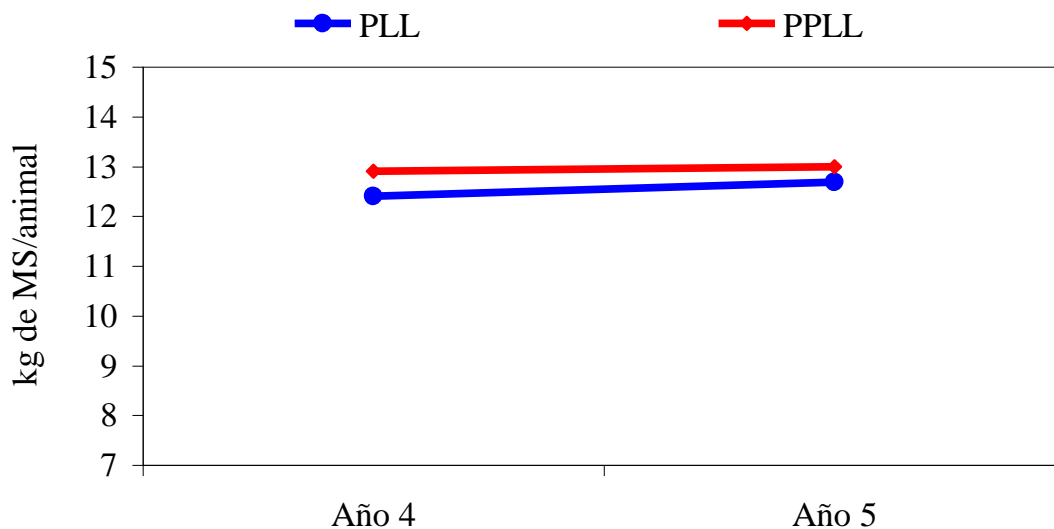


Fig. 3.16. Estimación del consumo voluntario.

Al analizar el efecto del bimestre en la producción de leche individual del rebaño 2 (fig. 3.17) se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ). Los mejores bimestres fueron mayo-junio, julio-agosto, y septiembre-octubre, seguidos de noviembre-diciembre; mientras que la menor producción se halló en el bimestre enero-febrero y en marzo-abril (ver anexo 10).

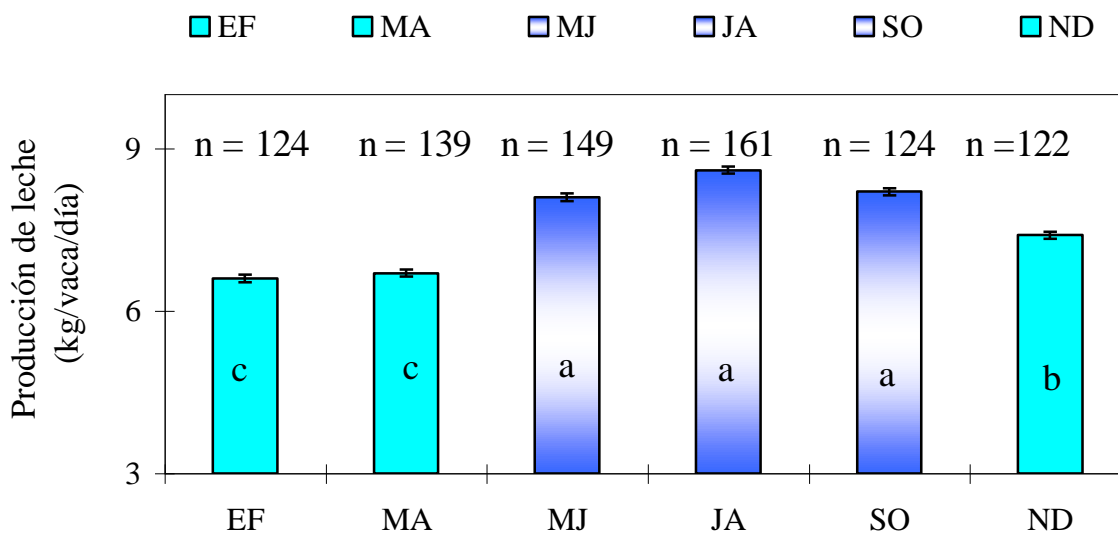


Fig. 3.17. Efecto del bimestre en la producción de leche por vaca por día.  
a, b, c, Valores con superíndices diferentes difieren para  $P < 0,05$  (Duncan, 1955), modificado por Kramer (1956)  
\*\* $P < 0,01$

Al analizar la producción de leche individual en función de la época del año, se hallaron diferencias significativas para este indicador ( $P < 0,01$ ). Los mayores valores se alcanzaron en el período lluvioso (8,2 y 7,1 kg/vaca/día para el PLL y PPLL, respectivamente).

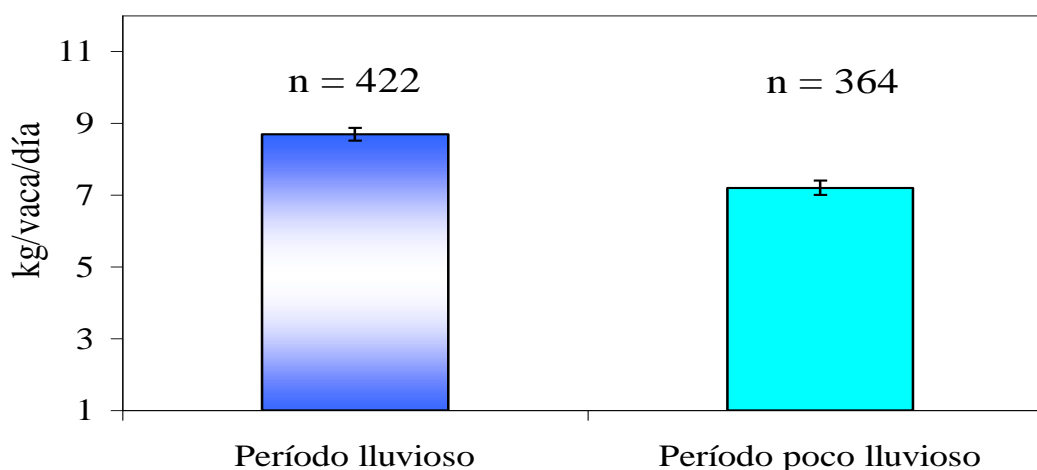


Fig. 3.18. Efecto de la época del año en la producción de leche.  
 $P < 0,01$

En la tabla 3.22 se observa el balance alimentario para las vacas en producción de leche; se cubrieron los requerimientos de los animales en cuanto a EM, PB, Ca y P para los niveles de producción en ambas épocas del año (ver anexo 13).

Tabla 3.22. Balance alimentario retrospectivo para vacas en producción de leche.

Período	Consumo (kg/MS)	EM (Mcal)	PDIN (g/kg MS)	PDIE (g/kg MS)	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)
Poco lluvioso*						
Aporte	13,8	30,3	962	1055	152,2	39,2
Requerimi		30,3	831	831	64,3	39,2
ento						
Diferencia		-	131	224	88,0	-
Lluvioso**						
Aporte	13,0	27,6	850	962	144,9	34,8
Requerimi		27,6	733	733	56,0	34,8
ento						
Diferencia		-	118	229	88,9	-

\* Peso vivo 450 kg, Producción de leche: 7,2 kg/vaca/día, % de grasa: 3,8

\*\* Peso vivo 475 kg, Producción de leche: 8,7 kg/vaca/día, % de grasa: 3,6

Se utilizaron los valores de oferta de materia seca que aparecen en la tabla 3.3

El balance alimentario realizado a las vacas de siete meses de gestación (tabla 3.23) permitió comprobar que en las épocas de lluvia y seca se cubrieron los requerimientos de los animales en EM, PB, Ca y P (ver anexo 14).

Tabla 3.23. Balance retrospectivo para vacas de siete meses de gestación.

Período	Consumo (kg/MS)	EM (Mcal)	PDIN (g/kg MS)	PDIE (g/kg MS)	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)
Poco lluvioso*						
Aporte	9,9	20,7	670	744	108,3	26,6
Requerimi		20,7	496	496	41,4	26,6
ento						
Diferencia			173	248	67,0	
Lluvioso**						
Aporte	9,8	21,3	719	768	107,5	27,5

Requerimi	21,3	508	508	42,4	27,5
ento					
Diferencia		211	260	65,1	-

\* Ganancia media diaria = 500 g, Peso vivo = 452 kg

\*\* Ganancia media diaria = 500 g, Peso vivo = 470 kg

Se utilizaron los valores de oferta de materia seca que aparecen en la tabla 3.4

El comportamiento de la producción de leche anual y por hectárea en el rebaño se muestra en la figura 3.19. La producción anual fue superior el cuarto año del estudio; similar comportamiento tuvo la producción por hectárea.

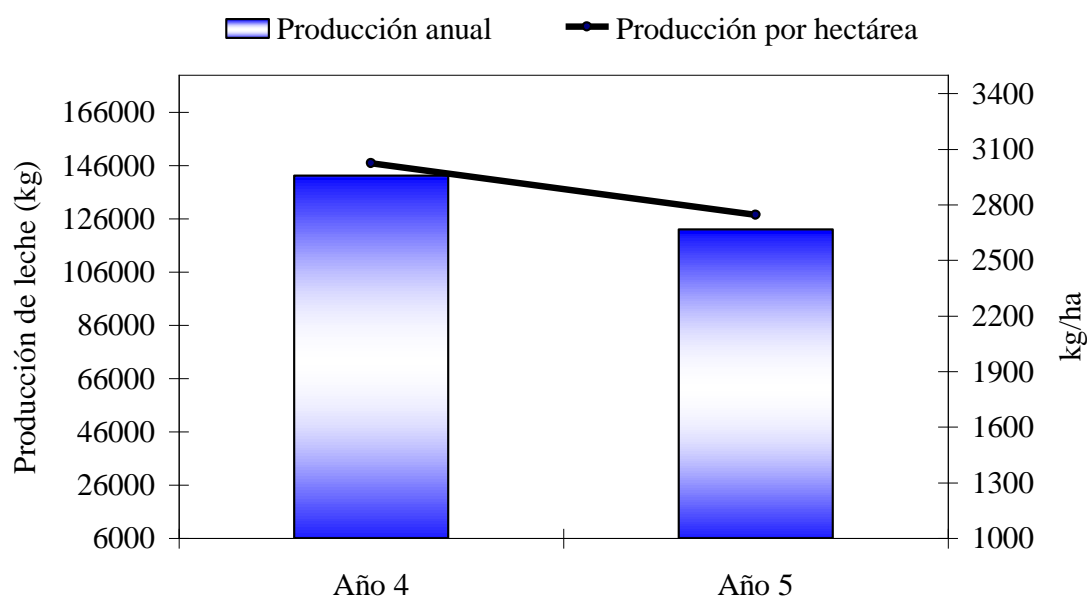


Fig. 3.19. Producción de leche anual y por hectárea.

En la figura 3.20 se observa la producción promedio por época del año; se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) en este indicador. El mejor comportamiento se correspondió con el período lluvioso.

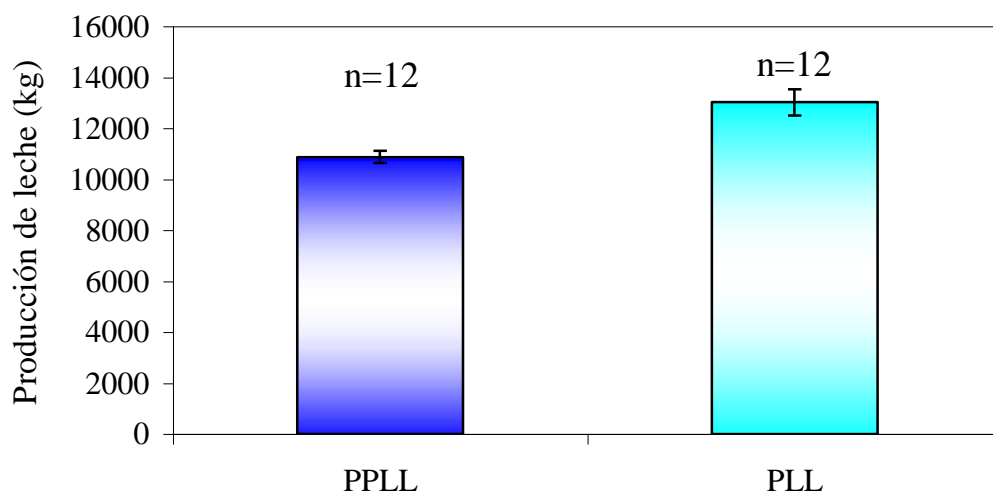


Fig. 3.20. Producción de leche promedio por época del año.

\*\*P < 0,01 (t-student)

En la tabla 3.24 se muestra la eficiencia productiva del sistema; el mejor comportamiento se obtuvo en el bimestre mayo-junio, seguido de septiembre-octubre y julio-agosto (todos en el período lluvioso) y el valor más bajo se halló en enero-febrero, seguido de marzo-abril.

Tabla 3.24. Eficiencia productiva del rebaño 2.

Indicador	EF	MA	MJ	JA	SO	ND
Producción potencial (kg/vaca/día)*	7,2	7,4	8,1	8,6	8,2	7,6
Producción real (kg/vaca/día)	6,3	6,6	8,0	8,2	7,9	7,3
% Eficiencia**	87,5	89,2	98,7	95,6	96,3	94,7

\* Producción potencial calculada con el modelo multiplicativo de Menchaca (1978)

\*\*Según lo recomendado por Senra (1982)

En la figura 3.21 se presenta la producción por lactancia y la duración de la lactancia del rebaño en estudio. No se encontraron diferencias significativas en la producción de leche ni en la duración de la lactancia entre los años.

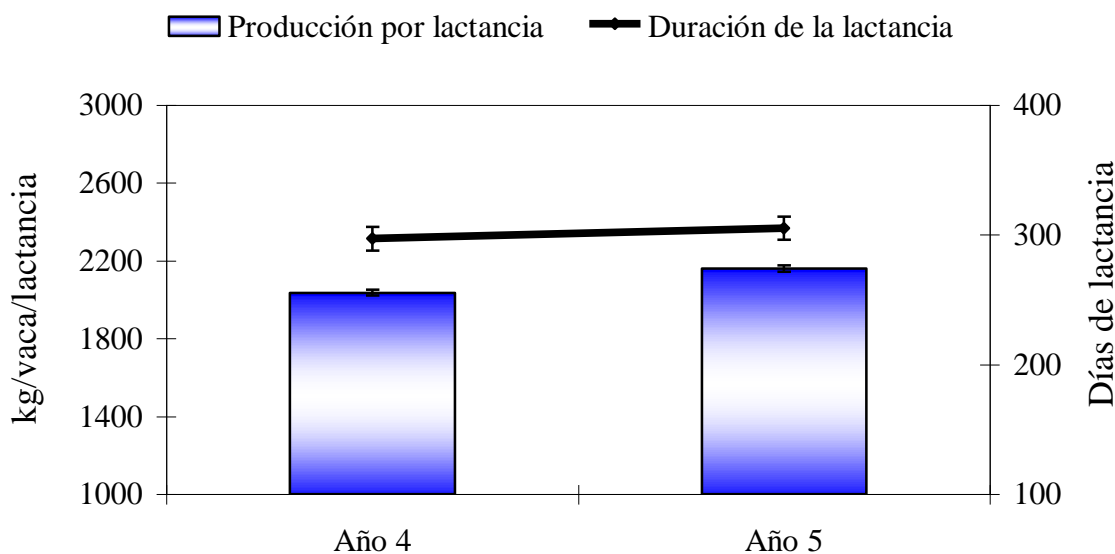


Fig. 3.21. Producción de leche por lactancia y duración de la lactancia.

Al comparar las vacas totales no se hallaron diferencias significativas en el rebaño 2 durante la etapa experimental (años 4 y 5); similar comportamiento tuvo el número de vacas en ordeño. No obstante, el porcentaje de vacas en ordeño estuvo alrededor del 60% para ambos años (tabla 3.25).

Tabla 3.25. Otros indicadores de las vacas en el período evaluado.

Indicador	Año 4	Año 5	ES ±
Vacas totales	78	74	1,62
Vacas en ordeño	54	50	1,58
Vacas en ordeño (%)	69,2	67,6	-
Terneros producidos (#)	63	53	-

Cuando se analizó el efecto de la época del año en el peso de los terneros al nacer (tabla 3.26) no se encontraron diferencias significativas; los valores fueron superiores a 37,5 kg para ambos períodos.

Tabla 3.26. Efecto de la época en el peso de los terneros al nacer en el rebaño 2.

Época	Peso del ternero (kg)	ES ±
PPLL	38,2	0,160
PLL	37,9	0,180

PPLL Período poco lluvioso  
 PLL Período lluvioso

En el análisis económico comparativo de los dos últimos años del estudio (tabla 3.27) se observó que se mantuvieron los ingresos totales, al igual que el precio de la leche; mientras que el costo de un kilogramo de leche estuvo por debajo de un peso durante todo el estudio (0,52-0,53 pesos). Similar comportamiento tuvo el costo por peso.

Tabla 3.27. Indicadores económicos (pesos).

Indicador	Año 4	Año 5
Ingresos totales	147 429,61	130 799,00
Gastos totales	75 093,98	67 584,60
Ganancia/ha	1 539,04	1 345,00
Ganancia/vaca	927,37	854,26
Gastos/vaca/año	962,74	913,31
Gastos/ha/año	1 597,74	1 437,97
Precio de la leche	0,97	0,97
Costo del litro de leche	0,53	0,52
Costo/peso	0,51	0,51

### 3.6 DISCUSIÓN

El incremento de la carga trae consigo una disminución en la producción individual y un aumento en la producción total y por hectárea, hasta un punto en el cual dicho incremento produce disminuciones en la producción individual y colectiva de los animales (Senra, 1982).

Al analizar la producción individual, el rebaño 1 presentó un mejor comportamiento en el primer año, puede atribuirse a una mayor oferta de materia seca por animal por día, debido a una menor carga, lo cual posibilita la selección de los animales y la ingestión de una dieta de mayor calidad en términos de proteína bruta y energía (ver anexo 1).

Según Milera y Figueroa (1986), al estudiar el efecto de la carga en la producción de leche en bermuda cruzada-1 con un nivel medio de fertilización, ocurrió una reducción de la producción individual (10,8 vs. 8,6 kg/vaca/día) cuando se incrementó la carga de 2,7 a 3,7 animales/ha. Además, hubo una reducción desde 8,6 hasta 7,9 kg/vaca/día con el incremento de la carga de 3,7 a 4,5 animales/ha.

Los mayores valores de producción de leche en el primer año también pudieron deberse a que las plantas en este período muestran su mayor vigor juvenil, ya que se produce una mayor acumulación de reservas en las raíces de los pastos a causa del reposo (desde la siembra hasta el comienzo de las defoliaciones), lo que influye de una forma positiva en los resultados (Gerardo y Oliva, 1981; Gerardo y Thompson, 1985).



La producción individual en el rebaño 2, estuvo alrededor de 8 kg para los dos años de evaluación (años 4 y 5), debido a que se mantuvieron las condiciones de manejo y alimentación similares en toda la etapa de evaluación.

A su vez, los valores de producción de leche individual en ambos rebaños son superiores a los informados por García-Trujillo (1983) para pastos no fertilizados o pastos naturales (6,0-7,0 kg/día) y a los hallados para el genotipo Siboney en sistemas silvopastoriles y con suplementación (1 kg/vaca/día de concentrado o melaza) por Reinoso (2000), quien encontró un rendimiento lechero entre 7,09 y 7,99 kg/día. Sin embargo, son similares a los obtenidos en la Empresa Genética de Matanzas para ese genotipo, con una suplementación de 2,7 kg de concentrado por animal por día (9,7 kg/vaca/día) en la década del 80 (Anon, 1985).

Esta empresa, para lograr tales resultados productivos, empleó pastos mejorados y fertilizados, así como suplementación con concentrado, miel y ensilaje, y en ocasiones se aplicó riego; dichas condiciones son diferentes a las del sistema del presente estudio, que fue una asociación de gramíneas y leucaena, con una baja suplementación con concentrado y caña de azúcar en el período poco lluvioso.

La producción de leche por vacas totales en ambos rebaños fue superior a la alcanzada por Martínez *et al.* (2000) con el empleo de la hierba elefante Cuba CT-115 (2,1; 1,8; 2,3; 3,4; 3,0 y 3,6 kg/vacas totales/día para el primer, segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto año, respectivamente). Su rebaño estaba conformado por un 80% de vacas Siboney y otros cruces del Cebú, y un 20% de vacas Holstein, con una carga desde 2,14 hasta 2,65 UGM/ha.

Esto demostró que la respuesta productiva de los animales depende, en gran medida, de la disponibilidad de la materia seca, la calidad nutritiva de la dieta ofrecida, así como del genotipo de los animales empleados.

Otro de los factores que influyen en la respuesta productiva de las vacas es el consumo de materia seca. Según Mejías (2002), en la nutrición de esta categoría se debe tomar en consideración los requerimientos de los animales, la calidad nutricional de la dieta, su digestibilidad y la cantidad consumida por el animal.

La evaluación de este indicador en asociaciones de gramíneas mejoradas y leguminosas cobra importancia, por el incremento del número de especies en la dieta; no obstante, la determinación del consumo sin provocar daños físicos y la disminución de la producción de leche, constituyen la principal limitante para su realización en estas condiciones.

Los resultados de la estimación de este indicador demuestran la importancia de la utilización de la leucaena en los sistemas asociados, ya que representa entre 11 y 15% del consumo de materia seca; mientras que el pasto constituye el mayor porcentaje del total en ambos rebaños (70%).

Los valores de consumo totales son similares a los obtenidos por Pereira *et al.* (1986) y Hernández *et al.* (1992) al evaluar la producción de leche, el consumo y la digestibilidad de *P. maximum* cvs. IH-127 y Likoni, y *C. nlemfuensis* cv. Tocumen (10-13 kg de MS/animal/día).

Al analizar la influencia del bimestre de producción en los rebaños 1 y 2, los mejores resultados se alcanzaron en el período lluvioso. En esta época se producen los mayores rendimientos de materia seca de la gramínea, lo cual permitió una alta oferta por animal por día que permitió incrementar la capacidad de selección de los animales con relación al período poco lluvioso, donde se suministró alimentos voluminosos para cubrir los requerimientos de los animales (ver anexo 1).

Durante este momento del año también se logró una mayor velocidad de degradación de los forrajes, lo cual aumenta la velocidad de pasaje de los alimentos a través del rumen e influye de manera positiva en el consumo voluntario y, por ende, en los resultados productivos del sistema (Ørskov, 2002).

A pesar de que se encontraron diferencias al comparar la producción de leche en función del bimestre en el rebaño 1 (vacas de primíparas), no ocurrió de igual forma con la época del año.

Similar comportamiento fue hallado por Hernández (2005) al evaluar la influencia de la época del año en la producción de leche de vacas mestizas Holstein y Siboney de Cuba, en sistemas asociados de gramíneas mejoradas y leucaena, donde no se encontró diferencias significativas para este indicador, lo cual puede ser un reflejo del nivel de oferta de materia seca durante esta etapa.

En el rebaño 2 el mejor comportamiento ocurrió durante el período lluvioso; similar resultado fue descrito por Lamela *et al.* (2001) en un sistema de *C. nlemfuensis* y un banco de proteína de *L. leucocephala* con vacas Mambí de Cuba.

Esto puede ser el reflejo de una disminución de la capacidad selectiva de los animales durante el período poco lluvioso, debido a la necesidad de utilizar en esta época del año un alimento voluminoso como la caña de azúcar.

El balance alimentario realizado a los animales gestantes y en producción de leche, indica que la gramínea siempre ocupó el mayor porcentaje en la dieta, aun en los meses en que se suministró el alimento voluminoso.

A pesar de la disminución de la disponibilidad de la leucaena como producto del incremento de la altura de las plantas arbóreas durante los últimos tres años de evaluación (3, 4 y 5), el sistema permitió una estabilidad en la inclusión de la leucaena en la dieta, ya que siempre representó alrededor del 10% del consumo total de materia seca.

El consumo de caña de azúcar fue desde 2,34 hasta 3,22 kg de MS/vaca/día en el período poco lluvioso, lo cual corrobora que en el sistema con árboles se requiere menores niveles de inclusión de este alimento cuando se compara con los sistemas de gramíneas en monocultivo.

Milera *et al.* (1989), al estudiar un sistema para la producción de leche basado en *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano con suplementación de concentrado a partir del quinto litro, requirieron un aporte de 6,2 kg de caña de azúcar por animal por día para cubrir los requerimientos durante el período poco lluvioso. Similares valores informaron Iglesias *et al.* (1991) al evaluar un sistema de *Digitaria decumbens* con fertilización química.

Es necesario señalar que se suministró el alimento voluminoso para mantener las producciones de leche por encima de 8 kg por vaca por día durante los cinco años, pero sin deteriorar la composición botánica del pastizal, y para suplir la disminución de la disponibilidad de materia seca de la gramínea que se produjo en esta época (0,6 t/ha).

El balance realizado a los animales gestantes corroboró que se produjo una disminución en el consumo de materia seca con respecto a las vacas en producción en ambos rebaños, atribuible al incremento en peso que realiza el feto en el último tercio de la gestación, al disminuir la capacidad de llenado del rumen. Durante este período el feto completa casi dos tercios de su crecimiento (Oetzel, 1999).

La asociación de gramíneas mejoradas con *L. leucocephala* cv. Cunningham garantizó aceptables producciones de leche durante el período evaluado, debido a la buena persistencia del pastizal, la disponibilidad, la oferta de materia seca y la calidad nutricional de la ración.

Por su parte, la producción de leche total en el rebaño 1 aumentó con el incremento de la carga de 1,1 a 1,5 vacas/ha del primer al tercer año. Similar comportamiento mantuvo la producción por hectárea.

La carga es uno de los elementos más importantes de un sistema de manejo para incrementar la eficiencia de utilización de los pastos y la producción animal por área. De ahí que cuando aumenta este indicador se produce una disminución de la producción individual, pero se incrementa la producción total y por hectárea.

Jérez (1983), al estudiar el comportamiento de vacas lecheras con diferentes cargas en gramíneas tropicales, encontró que el incremento de la carga de 3 a 4 vacas por hectárea en bermuda cruzada-1, produjo un descenso en la producción individual de 8,9% y un aumento en la producción por hectárea de 17,6%.

En este caso se hubo un aumento de la carga y la producción por hectárea, sin deterioro de la composición botánica del pastizal, con un predominio de los pastos mejorados por encima del 50% y una disponibilidad de la materia seca total por año superior a las 3 t de MS/ha, lo cual es un indicador de que la asociación de gramíneas mejoradas y leucaena se mantuvo estable.

La producción de leche total y la producción por hectárea del rebaño 2 fueron superiores en el primer año de la evaluación (cuarto año), vinculado con una disminución del porcentaje de vacas en ordeño que guardó una relación estrecha con estos dos indicadores estudiados, ya que la carga fue muy similar para esta etapa experimental (1,8 y 1,7 UGM/ha).

Los valores de producción de leche por hectárea en los rebaños 1 y 2 son superiores a los reportados por Martínez *et al.* (2000) con el empleo de la hierba elefante Cuba CT-115 (1 316, 1 648, 2 747, 2 414 y 2 590 kg/ha para cada año).

Es necesario señalar que las diferencias con relación al resultado mencionado anteriormente se deben al sistema empleado, en el presente caso una asociación de gramíneas mejoradas con leucaena en el 100% del área, con una carga entre 1,1 y 1,8 animales/hectárea; mientras que en la investigación anterior es un sistema con gramínea mejorada y una carga por encima de las 2 UGM/ha.

Los mejores resultados en la producción promedio total en ambos rebaños fueron en el período lluvioso; esto se debió a los valores de disponibilidad de materia seca en esta época del año, lo cual permitió una mayor selección por parte del animal y se manifestó en su comportamiento productivo.

Además en este momento se logró el mayor valor de degradación de la materia seca, tanto para la gramínea como para la leucaena; similar comportamiento tuvo la producción de gas *in vitro* a las 24, 48 y 72 horas de incubación. De ahí que se obtuviera una mejor respuesta productiva de los animales en este período del año.

Según Ørskov (2002) existe una relación entre las características de degradación de la materia seca, es decir los valores de los parámetros **a**, **b** y **c**, y los consumos de materia seca de los forrajes. De ahí que una mayor velocidad de degradación propicia un mayor consumo y por ende, mejores resultados productivos.

La estacionalidad de los pastos en función de las condiciones climáticas influye de manera directa en la tasa de crecimiento y en el rendimiento de los pastos, con efectos similares en la producción de leche (Senra, 1982; Pezo, 1997).

Es necesario señalar que los valores de eficiencia de la producción de leche para ambos rebaños fueron altos, ya que estuvieron por encima del 85% en los bimestres evaluados. No obstante, los valores mayores coincidieron con los bimestres que se correspondieron con el período lluvioso, y los más bajos se registraron en el período poco lluvioso.

Este comportamiento es un reflejo de las variaciones en la disponibilidad de materia seca y la oferta en función de los bimestres del año, debido a que los mejores resultados en la eficiencia productiva coincidieron con los bimestres de más disponibilidad de materia seca de la gramínea (ver anexo 1).

Al existir una mayor disponibilidad de materia seca, se produce una mayor oferta por animal y una respuesta más alta en la producción de leche, debido a que facilita la selección de los animales y el consumo de una dieta de más calidad.

Los principales factores que afectan la producción de leche son: la edad y el peso al parto, el número de la lactancia, la condición corporal al momento del parto, el sistema de alimentación, la suplementación, los efectos climáticos y las condiciones generales de manejo (Schmidt, 1974; Mejías, 2002; Estrada *et al.*, 2006).

Dentro de ellos, la condición corporal ha constituido, en los últimos años, una herramienta de singular valor para realizar la evaluación reproductiva y productiva de los rebaños lecheros (Campo y Sixto, 1999; Bertot *et al.*, 2002).

Berry *et al.* (2003) y López y Álvarez (2005) plantearon que la condición corporal constituye un indicador preciso de las reservas de energía disponible por el animal para enfrentar cualquier proceso productivo. Es un método subjetivo, que toma como indicador la cantidad de grasa corporal, como expresión de la energía de reserva útil, y es una muestra del plano nutricional al que está expuesto en un período de tiempo dado.

Los valores de condición corporal al momento de parto en las vacas del rebaño 1 estuvieron entre 3 y 3,5; ello fue un reflejo del nivel de oferta y la disponibilidad de alimento durante la etapa de evaluación, que unidos a la calidad nutricional del pasto favorecieron la producción de leche y permitieron mantener la condición corporal estable.

La producción por lactancia de los rebaños 1 y 2 fue similar a la reportada por García-Trujillo (1983) en pastos fertilizados y regados, con vacas de mediano potencial y una carga de 2,7-4,5 vacas/ha (1 700-2 400 kg); también fue equivalente a lo informado por Ribas *et al.* (2004) para el Siboney de Cuba ( $\frac{5}{8}$  Holstein x  $\frac{3}{8}$  Cebú), al estudiar su comportamiento productivo en sistemas de gramíneas en monocultivo, sin fertilización y suplementación con leguminosas y piensos criollos.

Los resultados fueron superiores a lo logrado con la raza Mambí de Cuba en la provincia de Matanzas y a nivel nacional (1 787 y 1 603 kg, respectivamente), cuando se encontraba sometida a un sistema de producción a base de gramíneas no fertilizadas y con una baja suplementación con concentrados (Anon, 2000b).

La producción de leche por lactancia (2 000 kg) está por debajo del potencial productivo de la raza, la cual tiene un 75% de Holstein y debería tener un producción cercana a 3 500-4 000 kg por lactancia.

En sentido general, existe un grupo de factores que influyen en este comportamiento y uno de ellos es el número de la lactancia. En ambos rebaños fue inferior a cuatro, referido como el valor donde se produce la máxima producción por lactancia en el bovino de leche.

Tekerli *et al.* (2000) y Sakaguchi *et al.* (2005), al estudiar el efecto del número de lactancias en rebaños de la raza Holstein, encontraron que la producción de leche, hasta el pico, depende de este indicador. A medida que las vacas incrementaron la lactancia hasta la cuarta, tenían el pico y las producciones totales de leche más altas, al ser comparadas con los animales de primera lactancia.

Otro de los aspectos a considerar es el sistema de alimentación empleado para evaluar el potencial productivo de la raza Holstein, el cual fue calculado con altos niveles de suplementación con concentrado, que si bien proporcionan elevadas producciones por lactancia, ocasionan una baja utilización del pastizal, lo cual no es objetivo de la presente investigación.

En este caso, el uso del concentrado fue bajo y se empleó como activador de la fermentación ruminal. Además se utilizó el pasto como componente principal de la ración para producir leche con eficiencia.

A su vez, la edad de incorporación y la edad al primer parto de los animales pudieron influir en las producciones de leche por lactancia, ya que en ambos rebaños estaba por encima de lo permitido para hatos lecheros. La causa fundamental de esta situación reside en una inadecuada alimentación y un manejo deficiente durante la etapa de desarrollo somático de los animales.

Se ha reportado la existencia de una relación entre la edad a la pubertad con el peso al primer parto y la producción de leche en la primera lactancia, de lo cual se deriva que el retraso de la pubertad conduce a una disminución de la eficiencia productiva del rebaño. Las diferencias de edad a la pubertad dependen del sistema de manejo, la disponibilidad y la calidad del forraje, así como de la adaptación del tipo racial a las condiciones ambientales específicas (Estrada *et al.*, 2006 y Faure y Fernández, 2006).

La duración de la lactancia fue similar en el rebaño 1 para los tres años de evaluación; los valores fueron inferiores a lo recomendado por Campo y Sixto (1999) para unidades de leche (305 días), debido a que se utilizaron hembras de primer parto que durante esta lactancia tienen las producciones de leche más bajas y las lactancias más cortas.

En el rebaño 2 la duración de la lactancia, durante los dos años de evaluación (4 y 5) se mantuvo dentro de los rangos establecidos para las unidades lecheras, ya que estuvo alrededor de los 305 días (Rekik *et al.*, 2003).

Estos valores en ambos rebaños durante la etapa experimental fueron superiores a lo obtenido a nivel nacional en el Mambí de Cuba, el Siboney y el Holstein: 269, 266 y 274 días, respectivamente (Anon, 2000b).

Las producciones por lactancia y la duración de esta en la presente investigación, fueron superiores a lo hallado por Teyer *et al.* (2003) al analizar el comportamiento productivo y reproductivo de 68 vacas de dos grupos genéticos (GG): F1 y  $\frac{3}{4}$  Holstein, manejadas en un hato de doble propósito, en el sureste de México.

Estos autores estudiaron un sistema con vacas que pastorearon en *C. nlemfuensis*, con riego y fertilización, y cada una recibió diariamente 4 kg de concentrado comercial (PC, 16%); la producción de leche y la duración de la lactancia en los grupos genéticos F1 y  $\frac{3}{4}$  Holstein fueron de 1 500 y 1 749 kg; 211 y 245 días, respectivamente.

El porcentaje de vacas en ordeño en los tres primeros años (rebaño 1) fue alto para una vaquería que debe garantizar producciones de leche sostenidas. Esto se debió a que era una unidad de novillas; cuando concluían la lactancia, las vacas eran remplazadas por novillas nuevas de seis a siete meses de gestación, provenientes de otras lecherías. Dichos valores son superiores a los alcanzados para la raza Mambí de Cuba en la provincia de Matanzas y en el país: 62,5 y 58,7%, respectivamente (Anon, 2000b).

A pesar de que no se encontró diferencia significativa en el número de vacas en ordeño de los años 4 y 5, el porcentaje de vacas en ordeño del rebaño 2 en el primer año fue inferior 1,6 unidades.

Dichos valores se encuentran dentro de los establecidos para unidades lecheras que deban garantizar su propio reemplazo. No obstante, la reducción de las vacas en ordeño provocó una disminución de la producción total y la producción por hectárea en el último año de esta etapa.

El porcentaje de vacas en ordeño disminuyó en ese año, como consecuencia de la entrada de novillas a la unidad para garantizar el reemplazo de las vacas dentro de la entidad productiva.

Menéndez *et al.* (2004), al cuantificar el efecto del porcentaje de vacas en ordeño en la producción de leche total del rebaño en 19 vaquerías, mediante modelos lineales mixtos, con el empleo de las variables dependientes: producción mensual total de leche (PMTL), producción mensual total por hectárea (PMLH) y producción diaria total de leche (PLD), hallaron que por cada 1% de aumento en el porcentaje de vacas en ordeño, la producción se incrementó en 138,3 kg, 2,16 kg y 4,54 kg para PMTL, PMLH y PLD, respectivamente. Ello demuestra la importancia del porcentaje de vacas en ordeño en el comportamiento productivo del rebaño, debido a que la disminución en este indicador conlleva a la reducción de la producción total y por hectárea.



El peso del ternero al nacer en ambos rebaños no varió en función de la época del año; no obstante, fue superior a lo informado para los genotipos Siboney (32,8 kg) y F<sub>2</sub> (31,9 kg) (Ruiz *et al.*, 1991) y también ligeramente superior a lo reportado por López (1985) para los diferentes cruzamientos en el trópico (30-36 kg). Sin embargo, fue similar al hallado por Reyes *et al.* (1998) cuando utilizaron niveles medios de alimentación preparto en vacas de la raza Holstein (37,8 kg/animal).

Este comportamiento se debe a que se cubrieron los requerimientos de proteína bruta, energía metabolizable, calcio y fósforo de los animales en el último tercio de la gestación; además, estos pastoreaban en un grupo de cuartos independientes a los del ganado de ordeño, lo cual propició la selección y el consumo de una dieta de más calidad.

Es de primer orden garantizar los nutrientes en esta etapa de la gestación, ya que el feto culmina su crecimiento y la vaca debe acumular reservas para la futura lactancia; ya una vez ocurrido el parto, entra en un balance energético negativo y tiene que producir a partir de las reservas corporales.

Los resultados en producción de leche se pueden considerar representativos para la ganadería del país, si se tiene en cuenta que se hicieron en condiciones comerciales y en un suelo Pardo con carbonatos, que es el predominante en las empresas ganaderas.

La asociación en estudio es de gramíneas mejoradas con *L. leucocephala* cv. Cunningham; esta última se encuentra adaptada a pH ligeramente ácido (5,5), que es otra característica de las áreas destinadas a la ganadería.

Cuba, al igual que el resto de los países de Latinoamérica, requiere que en el sector agropecuario se desarrollen una agricultura y una ganadería sostenibles, que se correspondan con las exigencias del contexto socioeconómico, productivo y ambiental cubano; además de que ocupen un lugar destacado en el producto interno bruto nacional y que logren satisfacer las necesidades nutricionales de la población (Cruz, 1999; Guevara *et al.*, 2005).

Existen numerosos indicadores de sostenibilidad dentro de los que se encuentran los biológicos, vinculados al comportamiento productivo del sistema, tales como: la disponibilidad de materia seca, la composición química y la persistencia del pastizal, que se relacionan con las plantas; y otros relacionados con los animales, como la producción total, la producción por hectárea y la producción por lactancia.

No obstante, el estudio de los indicadores económicos en los sistemas productivos es de vital importancia para lograr la aceptación, por parte del productor, de una tecnología y su introducción a escala comercial (Cino *et al.*, 2006).

Las asociaciones de árboles y pastos en una misma unidad de área, son una opción para la ganadería cubana, debido a los resultados productivos sin embargo, el estudio del comportamiento de los principales indicadores económicos es la clave para garantizar la sostenibilidad del sistema.

El análisis económico comparativo del rebaño 1 durante los tres primeros años evaluados indicó un aumento en los ingresos totales, como consecuencia de un incremento en la producción de leche; también se debió a una mejora en el precio de la leche en esta etapa (0,47; 0,86 y 0,94 pesos para el primer, segundo y tercer año, respectivamente). Este nuevo precio de la leche entró en vigor a partir del segundo año del estudio.

Guevara *et al.* (2004) encontraron un comportamiento similar al evaluar el efecto del aumento del precio de la leche en algunos indicadores productivos en 160 vaquerías de la provincia de Camagüey, Cuba.

A su vez se incrementaron los gastos totales, que estuvieron influidos por el aumento de la masa (de 52 a 71) y el salario de los trabajadores de la unidad (de 250 a 1 200 pesos como promedio mensual en el año), vinculado a una política salarial basada en los indicadores productivos.

De ahí que el aumento de los salarios se deba a los resultados en la producción de leche, con la introducción de la asociación de gramíneas mejoradas y *L. leucocephala* cv. Cunningham en la unidad.

Sin dudas, el tener solo 28 ha en explotación influyó en la relación costo por peso en el primer año, por contar con una menor cantidad de animales y un menor precio del litro de leche. Esta situación desapareció en el segundo año, cuando se incorporaron las 42 ha al pastoreo, lo que permitió incrementar el número de vacas y la producción de leche, unido a una mejora en la forma de pago de esta.

El hecho de tener toda el área incorporada al pastoreo permitió obtener una mayor ganancia, tanto por vaca como por hectárea, en particular en el tercer año cuando la producción se benefició por el nuevo precio de la leche, que en ese año fue de 0,94 pesos.

La relación costo por peso fue superior en el primer año, como consecuencia de las producciones alcanzadas en este período; similares resultados encontraron Cruz *et al.* (1999) al estudiar los aspectos socioeconómicos del proceso de introducción de los sistemas silvopastoriles en la provincia de La Habana, donde el costo por peso en el primer año fue superior a los 2 pesos y después de dos años este indicador bajó a 0,99 pesos. Además, obtuvieron un costo por litro de leche superior al de la presente investigación.

En el rebaño 2 los ingresos totales fueron más altos en el cuarto año de evaluación, debido al porcentaje de vacas en ordeño, con respecto al quinto. La disminución de este indicador trajo consigo un descenso de la producción total y, por ende, un menor ingreso.

Según Menéndez *et al.* (2004), al cuantificar el efecto del porcentaje de vacas en ordeño en la producción mensual total de leche, se halló que por cada 1% de aumento en el porcentaje de vacas en ordeño, la producción se incrementó en 138,3 kg, lo cual demuestra la importancia de este indicador en el comportamiento productivo del rebaño y en los resultados económicos de la entidad.

A su vez, durante esta etapa los indicadores costo por peso y costo de un kilogramo de leche mantuvieron valores muy similares; además, se lograron ganancias por hectárea por encima de los 1 000 pesos.

Los resultados de los dos rebaños son superiores a los informados por Guevara (1999), quien obtuvo ingresos totales de 132 563,0 y 115 591,6 pesos para el primer y el segundo año, respectivamente, con un costo de producción que varió entre 0,61 y 0,62 pesos para ambos años.

Este autor obtuvo una relación negativa para varios indicadores, lo que trajo como consecuencia pérdidas por área y por vaca en ambos años; por el contrario, en la unidad en estudio se logró una ganancia promedio por hectárea de 1 764 pesos para los cinco años.

Por su parte, el trabajo de Guevara (1999) se realizó en un sistema donde predominaban las gramíneas mejoradas (*C. nlemfuensis* y *P. maximum*), las leguminosas se encontraban en un porcentaje bajo (entre 5 y 7%) y se empleó una carga de 2,9-3,0 vacas/ha.

A pesar de ser un sistema de PRV, las cargas empleadas estaban por encima de las permitidas y las vacas en producción tenían un peso promedio de alrededor de 400 kg. Esto influyó de manera negativa en los resultados económicos, así como en los indicadores productivos de los

animales, lo cual se debió a limitaciones en la base alimentaria en determinados períodos del año, por ser un sistema con menor rendimiento y calidad de los pastos.

Los valores de los ingresos totales en la etapa experimental son superiores al hallado por Cruz (2002) en una vaquería comercial de 87 ha (52 172,32 pesos), donde no se aplicó riego ni fertilización y las especies predominantes eran pastos naturales y 26% de *C. nlemfuensis*.

Los resultados del costo por litro de leche, los gastos por animal y los gastos por hectárea del presente trabajo son superiores a los informados por Cino *et al.* (2004), quienes realizaron un estudio económico de las alternativas de producción de leche bovina y encontraron valores promedio de 0,21; 432,4 y 797,9 pesos, respectivamente, para un sistema de pastos cultivados, leucaena en el 100% del área, pienso y caña, un 65% de vacas en ordeño y una media en producción de leche de 8,5 kg.

Estos autores seleccionaron 14 tecnologías de producción de leche, diseñadas sobre la base de los resultados experimentales hasta el año 2000. Con posterioridad a esta fecha se realizó un cambio en la política salarial de las entidades lecheras y se incrementaron los precios de los insumos destinados a la ganadería, debido a la crisis económica mundial, de la cual Cuba no está exenta.

Los indicadores económicos de los rebaños evaluados en el período de cinco años son aceptables, si se analiza que están aparejados a buenos indicadores biológicos de sostenibilidad, lo que trae consigo la persistencia del sistema durante la etapa experimental.

Los resultados del presente trabajo se deben a la inclusión de la leucaena en el 100% del área de pastoreo; esta leguminosa tiene la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, el cual se utiliza por las gramíneas para su crecimiento. Además, durante el período experimental se garantizó una oferta de materia seca superior a 45 kg/animal/día, que permitió la obtención de buenos resultados en la producción de leche debido a una mejora sustancial en la base alimentaria.

Las asociaciones de árboles y pasto permiten incrementar los rendimientos de materia seca en aproximadamente 1-2 t de MS/ha/rotación (Hernández *et al.*, 1998; Iglesias, 2003), en comparación con los sistemas de monocultivo.

A su vez, se produce un aumento en el contenido de proteína bruta de la gramínea entre 2 y 3 unidades porcentuales, cuando la leucaena forma parte de la comunidad vegetal de la parcela (Hernández *et al.*, 1987; Ruiz *et al.*, 1998b).

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN GENERAL

La asociación de gramíneas mejoradas con *L. leucocephala* cv. Cunningham mantuvo su persistencia en el pastizal por encima del 50%, durante toda la etapa experimental. Se lograron rendimientos totales de materia seca superiores a las 3 t/ha/rotación, con una buena calidad nutricional, similar a los reportados por Vega (2002) e Iglesias (2003) al evaluar una asociación de gramíneas mejoradas para la producción de leche y la ceba, respectivamente. No obstante, se encontró un efecto de la época en este indicador; similar comportamiento fue reportado por Lamela *et al.* (1999) y Guevara *et al.*, (2004) al estudiar una asociación de gramíneas mejoradas y leucaena; esto se debe al efecto de las condiciones climáticas, en especial las temperaturas y las precipitaciones, que influyen principalmente en el crecimiento de las gramíneas.

Los valores de PB del pasto se incrementaron en comparación con los de gramíneas sin fertilizar; similares resultados fueron descritos por Reinoso (2000); Vega (2002) y Lamela *et al.* (2005), quienes plantearon que se produjo un incremento entre dos y tres unidades porcentuales en el contenido de este nutriente en los sistemas asociados, vinculado al efecto beneficioso de los árboles en la fertilidad del suelo y a la fijación del nitrógeno atmosférico. Todo ello, unido a la respuesta fisiológica de las gramíneas ante la sombra, trae consigo una mejoría en el contenido de PB de esta familia en los sistemas asociados.

Es válido señalar que aunque no fue objeto de estudio en la presente investigación, la sombra de los árboles tiene un efecto beneficioso, al disminuir el gasto energético de los animales para el control de la temperatura corporal, lo cual se manifiesta en una mejora de su comportamiento productivo (Wilson, 1991; Ørskov, 2005).

Los valores de PB de la leucaena son similares a los reportados por Galindo *et al.* (2005), cuando evaluaron 12 especies de arbóreas de interés para la alimentación de los rumiantes, en las que estaba incluida la especie utilizada en este trabajo.

Los resultados de la degradación de la materia seca mediante la técnica *in situ* y la valoración del potencial energético a través de la producción de gases, demostraron un mejor comportamiento de los forrajes durante el momento de muestreo que se correspondió con el período lluvioso; la mayor velocidad de degradación se obtuvo en la leucaena, característica que diferenció la ecuación de degradación entre ambas especies, lo cual coincide con lo planteado por Ørskov (1998).

Este autor planteó que la determinación de las características de degradación de los forrajes tiene una relación estrecha con el consumo de materia seca y elaboró un potencial de alimentación en función de los valores de **a**, **b** y **c**, obtenido mediante la técnica de las bolsas.

Con los resultados de la composición bromatológica, la degradación de la materia seca y la producción de gas, se pudieron calcular los aportes de PDIN, PDIE y EM de las especies presentes en la dieta, en función de los períodos lluvioso y poco lluvioso. La principal variación se obtuvo en la energía metabolizable. Los mayores valores se alcanzaron en el momento de muestreo que se correspondió con el período lluvioso.

Los valores de condición corporal en las vacas de primera lactancia en este estudio fueron un reflejo de la disponibilidad y la calidad nutricional durante la etapa, que favorecieron la producción de leche y permitieron mantener estable este indicador en la etapa experimental; dichos valores se encuentran dentro de lo recomendado para las vacas lecheras (López, 2002).

En este sentido, el peso vivo de los terneros al nacer no tuvo variaciones significativas en función de la época; los pesos obtenidos se encuentran dentro del rango de otros cruces del trópico evaluados en la provincia de Camagüey, Cuba, por Bebert *et al.* (2005). Este comportamiento es un reflejo del aporte de nutrientes de la dieta, ya que se cubrieron los requerimientos de EM, PDIN, PDIE, Ca y P de las vacas en producción de leche y las gestantes.

Los resultados productivos se avalan por los indicadores económicos de la etapa experimental; se lograron ingresos totales superiores al hallado por Cruz (2002) en una vaquería comercial de 87 ha de gramíneas, donde no se aplicó riego ni fertilización, y similares a los reportados por Cino *et al.* (2004) cuando evaluó estos sistemas con vacas de mediano potencial.

Debe tenerse en cuenta que la clave del éxito en esta asociación está sustentada en el análisis dinámico de los índices económicos, lo que lleva implícito la eficiencia de estos indicadores sobre la base de los índices biológicos de sostenibilidad.

## CONCLUSIONES

1. La asociación evaluada garantizó durante todo el año una adecuada disponibilidad de materia seca (3,2-3,8 t/ha/rotación), lo cual permitió atenuar las diferencias en producción de leche entre los períodos lluvioso y poco lluvioso; además, los animales manifestaron un potencial productivo superior a los 8 kg por vaca en ordeño por día.
2. La asociación de gramíneas mejoradas y *L. leucocephala* cv. Cunningham, presentó una alta disponibilidad de materia seca y persistencia del pastizal durante los cinco años del estudio, con valores de PB en las gramíneas mejoradas de 9,6-9,8% y en la leucaena de 25%, sin la aplicación de riego ni fertilizantes químicos.
3. El empleo de la asociación con vacas de la raza Mambí de Cuba permitió alcanzar resultados satisfactorios en los indicadores correspondientes a la producción de leche, la duración de la lactancia y el peso del ternero al nacer.
4. Las mejores respuestas productivas se alcanzaron en el momento que se correspondió con el período lluvioso, debido a que durante esta época las gramíneas y la leucaena presentaron un mejor valor nutritivo.
5. Se lograron producciones totales, por lactancia y por hectárea, así como valores de condición corporal adecuados, lo cual es un reflejo de la estabilidad en la producción de biomasa de buena calidad nutricional durante todo el año.
6. Los resultados productivos con vacas Mambí de Cuba, en la asociación, son rentables desde el punto de vista económico ya que se alcanzan ganancias superiores a los 1 000 pesos (CUP) por hectárea.

## RECOMENDACIONES

1. Utilizar las asociaciones de gramíneas mejoradas y *L. leucocephala* cv. Cunningham para la producción de leche vacuna.
2. Continuar los estudios para relacionar, más consistentemente, los resultados de la técnica *in situ*, y la valoración energética del alimento a través de la producción de gas *in vitro*, con la confección de raciones en asociaciones de gramíneas mejoradas más leucaena.
3. Profundizar en trabajos futuros en: el efecto de la época del año en la degradabilidad ruminal de los forrajes, en la capacidad asociativa de las especies de árboles más gramíneas; en el efecto beneficioso de la sombra de los árboles en la disminución del gasto energético de los animales por control de temperatura y en las características del suelo; así como en el estudio de rebaños con más de tres lactancia y la valoración del estado reproductivo de los animales en este tipo de sistema.
4. Usar esta tesis como material de referencia en la docencia de pregrado y de posgrado.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, H.A.M.; Mayes, R.W.; Hector, B.L. y Ørskov, E.R. 2005. Assessment of *n*-alkanes, long-chain fatty alcohols and long-chain fatty acids as diet composition markers: The concentrations of these compounds in rangeland species from Sudan. *Animal Feed Science and Technology*. 12:257
- Ali, H.A.M.; Mayes, R.W.; Lamb, C.S.; Hector, B.L.; Verma, A.K. y Ørskov, E.R. 2004. The potential of long-chain fatty and long-chain fatty as diet composition markers: development of methods for quantitative analysis and faecal recoveries of these compounds in sheep fed mixed diets. *Journal of Agricultural Science*. 142:71
- Alonso, J.; Febles, G.; Ruiz, T.E. y Achang, G. 2006. Efecto de la sombra en la gramínea asociada en un sistema silvopastoril de leucaena-guinea durante sus diferentes etapas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 40:503
- Alonso, J.; Ruiz, T.E.; Febles, G.; Jordán, H. y Achang, G. 2005. Evolución de la producción de biomasa en los componentes de un sistema silvopastoril leucaena-guinea. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39:367
- Alonso, J.; Valenciaga, N. y Rodríguez, I. 2006a. Estudio de la diversidad zoológica asociada a un silvopastoreo leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. [cd-rom]. Memorias: IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería Pecuaria para la producción pecuaria sostenible. III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. 24-28 de noviembre. Centro de Convenciones "Plaza América", Varadero-Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.
- Álvarez, J.L. 1997. La condición corporal en la hembra bovina. *Rev. Salud Anim.* 19:37

- Amaral, A. 1972. Técnicas analíticas para evaluar macronutrientes en ceniza de caña de azúcar. Nutr. Caña. Escuela de Química. Universidad de La Habana. La Habana
- Ammar, H.; López, S. y González, J.S. 2005. Assessment of the digestibility of some Mediterranean shrubs by *in vitro* techniques. *Animal Feed Science and Technology*. 119:323
- Anon. 1980. Muestreo de pastos. Taller del IV Seminario Científico de la EEPF "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba. s/p
- Anon. 1985. Y se hizo con pequeños agricultores. Genética de Matanzas 1970-1985. Empresa Genética de Matanzas. Matanzas, Cuba. p. 115
- Anon. 1987. Nuevas variedades comerciales de pastos y forrajes registradas en Cuba. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 63
- Anon. 2000a. Tablas de valor nutritivo y requerimientos para el ganado bovino. *Pastos y Forrajes*. 23:105
- Anon. 2000b. Resumen de indicadores productivos y reproductivos. Proyecto Mambí de Cuba. MINAGRI. Ciudad de La Habana, Cuba
- Anon. 2001. Consulta de Expertos FAO "Protección de los recursos naturales en sistemas ganaderos: Los Sistemas agroforestales pecuarios en América Latina". Juiz de Fora, MG, Brasil. p. 38
- AOAC. 1995. Official methods of analysis. Ass. Off. Agric. Chem. 16<sup>th</sup> ed. Washington, DC
- Arcos, J.C. 2000. Utilización estratégica de cercas vivas de matarratón (*Gliricidia sepium*) para la producción de forraje. En: Memorias. IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba. p. 172
- Ávila, M. 1995. Sistemas silvopastoriles, una alternativa para mejorar la calidad de vida de pequeños y medianos productores. *Agroforestería en las Américas*. 8:4
- Bamualin, A.; Weston, R.H.; Harzan, J.P. y Murray, R.M. 1984. The contributions of *Leucaena leucocephala* to post ruminal digestible protein to sheep fed tropical pastures hay supplemented with urea and minerals. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 15:255

- Barnard, C. 1972. Register of Australian herbage plant cultivars. (Ed. C. Barnard). Australian Herbage Plant Registration Authority. Canberra, Australia. p. 168
- Barrios, Ginella R.; Castro, A.; Midence, J.A. y Torres, A. 2000. Manual técnico-práctico. Ceba de ganado en confinamiento y semiconfinamiento. Agropecuaria ABA S.A. Panamá. p. 70
- Bebert, Gisell; Ceró, A.; Guevara, G.; Corvisón, R.; Fernández, Noemí y Aguilar, Maité. 2005. Estudio del peso del ternero al nacer de los cruces intermedios en la formación de la raza Chacuba. *Rev. Prod. Anim.* 17 (1):99
- Benezra, M.; Ceconello, G. y Camacho de Torres, F. 2003. Selección de especies leñosas en un bosque seco tropical por vacunos adultos usando análisis histológico fecal. *Zootecnia Tropical.* 21 (1):73
- Berry, D.P.; Buckley, F.; Dillon, P.; Evans, R.D. y Rath, M. 2003. Genetic relationships among body condition score, body weight milk yield and fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:2193
- Bertot, J.A.; Vázquez, R.; Vázquez, A.; Avilés, R.G. y Garay, Magaly. 2002. Enfoque multivariado de los principales factores que influyen en el comportamiento reproductivo postparto de la vaca lechera en las condiciones de Camagüey, Cuba. *Rev. Prod. Anim.* 14 (1):63
- Borroto, Ángela; Mazorra, C.; Arencibia, Águeda; Hernández, N.; López, M.; Pérez, R.; Borroto, A. y Molina, A. 1995. Tecnologías alternativas sostenibles para obtener carne ovina en las fincas cítricas. Resúmenes. Seminario Científico Internacional XXX Aniversario del ICA. La Habana, Cuba. p. 127
- Brewbaker, J.L. 1987. *Leucaena*. A multipurpose tree genus for tropical agroforestry. In: Agroforestry. A decade of development. (Eds. H.A. Stephen and P.K. Nair). International Council for Research in Agroforestry. Nairobi, Kenya. p. 281
- Brewbaker, J.L. 1998. *Leucaena leucocephala*. Un árbol versátil fijador de nitrógeno. FACT-Net. Arbenson, USA. s/p
- Budowski, G.; Russo, O. y Mora, H. 1985. Productividad de una cerca viva de *Erythrina berteriana* Urban en Turrialba, Costa Rica. *Turrialba.* 35:83

- Bugalho, M.N.; Mayes, R.W. y Milne, J.A. 2002. The effects of feeding selectivity on the estimation of diet composition using the *n*-alkane technique. *Grass and Forage Science*. 57:224
- CALRAC. 1996. Software para la alimentación de rumiantes. Versión 1.0. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba
- Camero, A. e Ibrahim, M. 1995. Banco de proteína de poró (*Erythrina berteroana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*). *Agroforestería en las Américas*. 8:31
- Campo, E. y Sixto, G. 1999. Condición corporal y reproducción del ganado bovino. En: Solución de problemas reproductivos en la vaca. Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba. p. 40
- Cardona, María Cristina. 1996. La *Leucaena leucocephala* en banco de proteína y asociada con gramíneas. En: Sistemas silvopastoriles: Alternativa para una ganadería moderna y competitiva. II Seminario Internacional. (Ed. A. Francisco). Oribe Calad. p. 61
- Carvajal, J.J. 2005. Establecimiento de postes de Chacah (*Bursera simaruba*, L. Sarg.) como cerco vivo. *Livestock Research for Rural Development*. 17 (2). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/2/carv17022>. [consulta: 10 de septiembre 2006]
- Carvalho, M. 1997. Asociaciones de pasturas con árboles en la región centro sur del Brasil. *Agroforestería en las Américas*. 4:5
- Chaves, A.V.; Waghorn, G.C.; Brookes, I.M. y Woodfield, D.R. 2006. Effect of maturation and initial harvest dates on the nutritive characteristics of ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Animal Feed Science and Technology*. 127:293
- Cino, Delia M.; Martín, P.C. y Torres, Verena. 2004. Estudio económico preliminar de alternativas de producción de leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 33:3
- Cino, Delia M.; Castillo, E. y Hernández, J. 2006. Alternativa de ceba vacuna en sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala*. Indicadores económicos y financieros. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 40:25

- Clavero, T. 1998. Valor nutritivo y producción animal de *Leucaena leucocephala*. En: Alternativas para la alimentación animal: *Leucaena leucocephala*. Centro de Transferencia en Tecnologías en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. p. 45
- Corbea, L.A.; Hernández, Marta; Machado, R.; Lamela, L. y Cáceres, O. 1996. Variedades comerciales de pastos y forrajes para el desarrollo ganadero en Cuba. Resúmenes. X Seminario Científico de Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas. Cuba. p. 118
- Cortes, C.; Damasceno, J.C.; Bechet, G. y Prache, S. 2005. Species composition of ryegrass (*Lolium perenne*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*) mixtures using various combinations of *n*-alkanes. *Grass and Forage Science*. 60:261
- Cruz, Aida I. 1999. El silvopastoreo como alternativa para la producción sostenible de leche en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 22:269
- Cruz, Aida I.; Suset, A.; Suárez, J. y Esperance, M. 1999. Aspectos socioeconómicos del proceso de introducción de los sistemas silvopastoriles en la provincia La Habana. *Pastos y Forrajes*. 22:371
- Cruz, Daysi. 2002. Diagnostico técnico-productivo de una vaquería comercial en la Empresa Pecuaria "Ruta Invasora". Tesis en opción al Título de Master en Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 59 p.
- Dawson, L.A.; Mayes, R.W; Elston, D.A. y Smart, T.S. 2000. Root hydrocarbons as potential markers for determining species composition. *Plant, Cell and Environment*. 23:743
- Delgado, Denia C.; La O, O.; Chongo, Bertha; Galindo, Juana; Obregón, Yaquelín y Aldama, Ana I. 2001. Cinética de la degradación ruminal *in situ* de cuatro árboles forrajeros tropicales: *Leucaena leucocephala*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 35 (2):141
- Delgado, Denia C.; Olivera, Martha C. y Navarro, A. 2000. Composición de *n*-alcanos cuticulares en plantas tropicales. Su potencialidad como marcadores para estimar consumo y selección de rumiantes en pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 34 (2):151
- Devendra, D. 1995. Composition and nutritive value of browse legumes. In: Tropical legumes in animal nutrition. (Eds. J.P.F. D'Mello and C. Devendra). CAB International, UK. p. 49

- Dulormne, M.; Sierra, J.; Nygren, P. y Cruz, P. 2003. Nitrogen-fixation dynamics in a cut-and-carry silvopastoral system in the subhumid conditions of Guadeloupe, French Antilles. *Agroforestry Systems*. 59:121
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11:1
- Elías, A.; Ruiz, J.; Castillo, E.; Hernández, J.B. y Herrera, C.R. 2006. Efecto del aumento de leguminosas rastreras en un pastizal nativo en la fermentación y fracciones nitrogenadas en el rumen de toros en pastoreo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 40 (3):269
- Enoh, M.B.; Kijora, C.; Peters, K.J. y Yonkeu, S. 2005. Effect of stage of harvest on DM yield, nutrient content, *in vitro* and *in situ* parameters and their relationship of native and Brachiaria grasses in the Adamawa Plateau of Cameroon. *Livestock Research for Rural Development*. 17 (1). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/1/enoh17004.htm>. [consulta: 10 de septiembre 2006]
- Escobar, A.; Alfonso, H y Ramírez, R. 1989. ¿Es potencialmente tóxica la planta de *L. leucocephala*?. *Revista ACPA*. 1:20
- Escobar, A.; Romero, E. y Ojeda, A., 1998. *Gliricidia sepium* el matarratón, un árbol multipropósito. Fundación Polar. Caracas, Venezuela. 78 p.
- Esperance, M.; Simón, L.; Rodríguez, M.; Duquesne, P. y Núñez, C.A. 1994. Producción de leche de vacas en pastoreo en áreas cítricas. Resúmenes. Taller Internacional “Sistemas silvopastoriles en la producción ganadera”. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 65
- Estación Meteorológica Indio Hatuey. 2005. Boletín de meteorología. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. (Mimeo)
- Estrada, R.; Magaña, J.G. y Segura, J.C. 2006. Influencias ambientales en el comportamiento reproductivo de un hato de vacas Suizo Pardo en el trópico de México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 10 (4):409
- Faría-Mármol, T. 1994. Consideraciones para la selección y manejo de especies tolerantes a la sequía. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 11:164
- Fattah, A. y Salem, Z.M. 2005. Impact of season of harvest on *in vitro* gas production and dry matter degradability of *Acacia saligna* leaves with inoculum from three ruminant species. *Animal Feed Science and Technology*. 123–124:67

- Faure, R. y Fernández, O. 2006. Aspectos biológicos y productivos de la pubertad de la hembra bovina. <http://www.monografias.com/trabajos41/pubertad-hembra-bovina/pubertad-hembra-bovina.shtml>. [consulta: 13 de agosto de 2007]
- Fondevila, M. y Barrios, A. 2001. La técnica de producción de gas y su aplicación al estudio del valor nutritivo de los forrajes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 35:197
- Foster, J.L.; Muir, J.P; Lambert, B.D. y Pawelek, D. 2007. *In situ* and *in vitro* degradation of native Texas warm-season legumes and alfalfa in goats and steers fed a sorghum-sudan basal diet. *Animal Feed Science and Technology*. 133:228
- Francisco, Geraldine; Simón, L. y Soca, Mildrey. 1998. Efecto de tres alturas de corte en el rendimiento de biomasa de *Leucaena leucocephala* cv. CNIA-250. *Pastos y Forrajes*. 21:337
- Galindo, Juana; Delgado, Denia; Pedraza, R. y García, D.E. 2005. Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas. *Pastos y Forrajes*. 28:59
- Galindo, Juana; Geerken, C.M.; Elías, A.; Aranda, Niurka; Piedra, Regla; Chongo, Berta y Delgado, Denia. 1995. Bacterias que degradan la mimosina, el 2,3 dihidroxipiridona y 3 hidroxí-4 (IH) piridona en rumen. *Revista Cubana Ciencia Agrícola*. 29:53
- García-Trujillo, R. 1981. Utilización y manejo de los pastizales en las explotaciones lecheras. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 3
- García-Trujillo, R. 1983. Potencial y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche. En: Los Pastos en Cuba. Tomo II. Utilización. EDICA. La Habana, Cuba. p. 248
- García Trujillo, R. y Cáceres, O. 1984. Introducción de nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los forrajes tropicales. II. Proteína. *Pastos y Forrajes*. 7:261
- García-Trujillo, R.; Pérez-Infante, F.; García, F. y Basulto, R. 1980. Velocidad de consumo de algunos pastos tropicales. *Pastos y Forrajes*. 2:297
- Gerardo, J. y Oliva, O. 1981. Evaluación zonal de pastos tropicales introducidos en Cuba. XI. Pastoreo y fertilización. *Pastos y Forrajes*. 4:15
- Gerardo, J. y Thompsom, Marta. 1985. Evaluación zonal de pastos tropicales bajo condiciones de pastoreo. XII. Empresa Pecuaria La Sierrita. *Pastos y Forrajes*. 8:337

- Gómez, H.; Nahed, J.; Tewolde, A.; Pinto, R. y López, J. 2006. Áreas con potencial para el establecimiento de árboles forrajeros en el centro de Chiapas. *Técnica Pecuaria en México*. 44:219
- González, E. y Cáceres, O. 2002. Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. *Pastos y Forrajes*. 25:15
- Gray, S.G. 1968. A review of research on *Leucaena leucocephala*. *Tropical Grasslands*. 2:19
- Guevara, R. 1999. Contribución al estudio del pastoreo racional con bajos insumos en vaquerías comerciales. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez". La Habana, Cuba.
- Guevara, R.; Curbelo, L.; Canino, E.; Rodríguez, Nieves y Guevara, G. 1996. Efecto de la sombra natural de algarrobo común (*Albizia saman*) sobre los rendimientos y la calidad del pastizal. Resúmenes. III Taller Internacional "Los árboles en los sistemas de producción ganadera". 26-29 de noviembre. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 61
- Guevara, G.; Guevara, R.; Curbelo, L. y Spencer, María. 2005. Evolución y eficiencia de los sistemas de producción de leche en un municipio de Camagüey, Cuba (1959 a 2002). *Rev. Prod. Anim.* 17:41
- Guevara, G.; Guevara, R.; Morales, A.; Hernández, J.M. y Díaz, Yaimara. 2004. Efecto del cambio de precio de la leche sobre algunos indicadores de producción lechera y pronóstico a corto plazo. *Rev. Prod. Anim.* 16:125
- Guiot, J.D. 2001. Nuevas variedades. [cd-rom]. En: Manual de actualización técnica. p. 58
- Gutiérrez, Odilia; Delgado, Denia; Oramas, A. y Cairo, J. 2000. Consumo y selección animal de vacas en pastoreo de gramíneas con o sin bancos de proteína. Memorias. IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 119
- Gutiérrez, Odilia; Galindo, J.; Delgado, D.; Oramas, A.; Rodríguez, V. y Cairo J. 2005. Consumo y digestibilidad de materia seca y nitrógeno total en vacas en pastoreo durante la época de lluvia, con banco de proteína o sin ellos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39:593



- Gutteridge, R.C. y Shelton, H.M. (Eds.). 1994. Forage tree in tropical agriculture. CAB International. Wallingford, UK. 385 p.
- Hameleers, A. y Mayes, R.W. 1998. The use of *n*-alkanes to estimate herbage intake and diet composition by dairy cows offered a perennial ryegrass/white clover mixture. *Grass and Forage Science*. 53:164
- Harvey, Celia. 2006. La Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles. En: Memorias de una conferencia electrónica: “Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales”. (Eds. M. Ibrahim, J. Mora y M. Rosales). CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 23
- Harvey, C. y Haber, W. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems*. 44:37
- Hernández, C.A.; Alfonso, A. y Duquesne, P. 1986. Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas y herbáceas. I. Ceba inicial. *Pastos y Forrajes*. 9:79
- Hernández, C.A.; Alfonso, A. y Duquesne, P. 1987. Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas y herbáceas. II. Ceba final. *Pastos y Forrajes*. 10:246
- Hernández, D.; Carballo, Mirta; García-Trujillo, R.; Mendoza, C. y Robles, F. 1992. Estudio del manejo de *Panicum maximum* cv. Likoni para la producción de leche. IV. Respuesta animal y comportamiento del pastizal. *Pastos y Forrajes*. 15:3
- Hernández, D.; Carballo, Mirta; González, Antonia; Sánchez, Tania; Reyes, F.; Castrellón, J.L. y Zaragoza, J.L. 2001. Composición botánica de gramíneas y leguminosas seleccionadas por vacas que pastorearon en un sistema silvopastoril multiasociado. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 35 (3):221
- Hernández, D.; Carballo Mirta; Reyes, F. y Mendoza, C. 1998. Explotación de un sistema silvopastoril multiasociado para la producción de leche. Memorias. III Taller Internacional Silvopastoril. “Los árboles y arbustos en la ganadería”. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 214

- Hernández, D.; Reyes, F.; Carballo Mirta y Tang, M. 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. 47
- Hernández, I. y Babbar, Liana. 2001. Sistemas de producción animal intensivos y el cuidado del ambiente: situación actual y oportunidades. *Pastos y Forrajes*. 24:281
- Hernández, I.; Pérez, E. y Sánchez, Tania. 2001b. Las cercas y los setos vivos como una alternativa agroforestal en los sistemas ganaderos. *Pastos y Forrajes*. 24:93
- Hernández, I. y Simón, L. 1994. Razones para emplear plantas leñosas perennes en la ganadería vacuna. Taller Internacional "Sistemas silvopastoriles en la producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 44 p.
- Hernández, I.; Simón, L. y Duquesne, P. 2001a. Evaluación de las arbóreas *Albizia lebbbeck*, *Bauhinia purpurea* y *Leucaena leucocephala* en asociación con pasto bajo condiciones de pastoreo. *Pastos y Forrajes*. 24:241
- Hernández, Marta. 1998. El uso de los árboles como mejoradores del suelo y de la productividad de las gramíneas forrajeras. *Pastos y Forrajes*. 21:283
- Hernández, R. 2005. Efecto de la época del año sobre el comportamiento de la producción y la composición de la leche en tres genotipos bajo silvopastoreo. *Livestock Research for Rural Development*. 17 (12). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/12/hern17136>. [consulta: 10 de septiembre 2006]
- Hernández, R. y García-Trujillo, R. 1978. Hierba guinea (*Panicum maximum*). *Pastos y Forrajes*. 1:1
- Hernández, R. y Ponce, P. 2000. Study of milk quality in Holstein Friesian and their crossings under silvopastoral systems in Cuba. E-mail conference on "Small scale milk collection and processing in developing countries". Comments on Clean Milk Production FAO, s/p
- Herrera, R. 2005. Evaluación de gramíneas. Contribución del Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39:253

- Horne, P.M.; Catchpole, D.W. y Ella, A. 1986. Cutting management of tree and shrub legumes. In: Forages in Southeast Asian and South Pacific agriculture. (Eds. J.G. Blair, D.A. Ivory y T.R. Evans). ACIAR. Proceedings. No. 12. Indonesia. p. 164
- Hughes, C.E. y Harris, S.A. 1995. Systematics of *Leucaena*: Recent finding and implications for breeding and conservation. In: *Leucaena*, opportunities and limitations. (Eds. H.M. Shelton, C.M. Piggin y J.L. Brewbaker). ACIAR. Proceedings. Canberra, Australia. 57:54
- Hughes, H.C. 1998. Características de la especie. En: *Leucaena*. Manual de recursos genéticos. Department of Plant Sciences. University of Oxford, UK. p. 19
- Ibrahim, M.; Camero, A.; Pezo, D. y Esquivel, J. 1998. Sistemas silvopastoriles. En: Apuntes de clase curso corto: Sistemas agroforestales. (Eds. F. Jiménez y A. Vargas). CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 289
- Ibrahim, M. y Mora, J. 2006. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios. En: Memorias de una conferencia electrónica “Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales”. (Eds. M. Ibrahim, J. Mora y M. Rosales). CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 10
- Iglesias, J. 2003. Los Sistemas Silvopastoriles, una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajos insumos. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal-Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba. 73 p.
- Iglesias, J. y Hernández, D. 2005. Los sistemas silvopastoriles para la producción bovina en Cuba. En: El silvopastoreo. Un nuevo concepto de pastizal. (Ed. L. Simón). Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, Matanzas, Cuba-Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. p. 161
- Iglesias, J.M.; Pereira, E. y Fernández, E. 1991. Utilización de cultivos temporales conservados en forma de ensilaje en sistema de secano para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 14 (2):165
- Jérez, Irma. 1983. Comportamiento de vacas lecheras con diferentes cargas en gramíneas tropicales. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. ICA-ISCAH. La Habana, Cuba. 215 p.

- Jones, R.J. 1994a. Management of antinutritive factors with special reference to tropical agriculture. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. (Eds. R.C. Gutteridge y H.M. Shelton). CAB International. Wallingford, UK. p. 216
- Jones, R.M. 1994b. The role of *Leucaena* in improving the productivity of grazing cattle. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. (Eds. R.C. Gutteridge y H.M. Shelton). CAB International. Wallingford, UK. p. 233
- Jordán, H.; Castillo, E.; Ruiz, T.E. y Febles, G. 1991. Las leguminosas tropicales para la ceba de bovinos en pastoreo. En: IV Reunión de Avances Agropecuarios Trópico'91. Universidad de Colima. Colima, México. p. 229
- Jordán, H.; Traba, J.D.; Ruiz, T. y Febles, G. 1998. Utilización de las leguminosas para cubrir el déficit de biomasa en la seca con vacas Holstein en pastoreo. Memorias. III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 230
- Kass, D.C.L. 1992. Agroforestales. Conferencia. Curso Internacional "Desarrollo de sistemas agroforestales". CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 5
- Kelman, W.M.; Bugalho, M.N. y Dove, H. 2003. Cuticular wax alkanes and alcohols used as markers to estimate diet composition of sheep (*Ovis aries*). *Biochemical Systematics and Ecology*. 31:919
- Kramer, C.V. 1956. Extension of multiple range test to group with unequal number of replications. *Biometrics*. 12:307
- Krishnamoorthy, U.; Rymer, C. y Robinson, P.H. 2005. Editorial: The *in vitro* gas production technique: Limitations and opportunities. *Animal Feed Science and Technology*. 123–124:1
- Kumar, R. 1992. Antinutritional factors, the potential risks of toxicity and methods to alleviate them. In: Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. (Eds. A. Speedy y P.L. Pugliese). FAO, Rome. p. 145
- Kumar, R. y D'Mello, J.P.F. 1995. Antinutritional factors in forage legumes. In: Tropical legumes in animal nutrition. (Eds J.P.F. D'Mello y C. Devendra). CAB International, UK. p. 95

- La O, O. 2001. Contribución al estudio del valor nutritivo de diferentes ecotipos del género *Leucaena* para la alimentación de rumiantes. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. ICA. La Habana. Cuba. 122 p.
- La O, O.; Chongo, Berta; Valenciaga, Daikys; Elías, A.; Ruiz, T.; Torres, Verena y Scull, Idania. 2000. Degradabilidad ruminal de nutrientes y digestibilidad intestinal *in vitro* de nitrógeno indegradable de *Leucaena leucocephala* cv. CIAT-7929. [cd-rom]. Memorias: IV Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería”. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 122
- La O, O.; Delgado, Denia; Chongo, Bertha y Castellanos, E.L. 2006. Degradabilidad ruminal de la materia seca y el nitrógeno total en vacas, en un sistema de pastoreo de gramíneas y leguminosas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 40:65
- Lamela, L. 1992. Sistemas de producción de leche. En: Producción e investigación en pastos tropicales. (Ed. T. Clavero). Universidad del Zulia, Venezuela. p. 151
- Lamela, L. 1998. Técnica de muestreo. Conferencia del curso de posgrado “Manejo de los pastos y forrajes para la producción animal”. Maestría en Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. 12 p.
- Lamela, L.; Castillo, V.; Iglesias J. y Pérez, A. 2005. Principales avances de la introducción de los sistemas silvopastoriles en las condiciones de producción en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 28:47
- Lamela, L.; García-Trujillo, R.; Rodríguez, I. y Fung, Carmen. 1995. Efecto del banco de proteína de *Neonotonia wightii* en dos sistemas para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 18:95
- Lamela, L.; Matías, C.; Fung, Carmen y Valdés, R. 2001. Efecto del banco de proteína de *Leucaena* en la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 24:259
- Lamela, L.; Matías, C. y Gómez, A. 1999. Producción en un sistema con banco de proteína. *Pastos y Forrajes*. 22:339

- Lamela, L.; Sánchez, Tania; López, O.; Valdés, R.; Benítez, M. y Fernández, E. 2004. Evaluación de un sistema silvopastoril con vacas Holstein. [cd-rom]. Memorias: VI Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería tropical”. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba - Recinto de Exposiciones Expo-Holguín. Holguín, Cuba
- Lamela, L.; Valdés, R. y Fung, Carmen. 1996. Comportamiento del banco de proteína para la producción de leche. Resúmenes. X Seminario Científico de Pastos y Forrajes. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 14
- Lamprecht, H. 1990. Los ecosistemas forestales en los bosques y sus especies arbóreas- posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. En: Silvicultura en los trópicos. GTZ, República Federal de Alemania. p. 295
- Larbi, A.; Smith, J.W.; Kurdi, I.O.; Adekunle, I.O.; Raji, A.M. y Lidipo, D.O. 1998. Chemical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in the humid tropics. *Animal Feed Science Technology*. 72:81
- Leng, R.A. 1997. Tree foliage in ruminant nutrition. FAO: Animal production and health paper, 139. Roma, Italia. 100 p.
- León, J.; Pedraza, R.M. y Funes, F. 1986. Estudio preliminar de la composición química de la hoja de dos cultivares de *Leucaena leucocephala* a dos edades diferentes. *Rev. Prod. Anim.* 2:117
- Liu Jian, Xin; Susenbeth, A. y Südekum, K.H. 2002. *In vitro* production measurements to evaluate interactions between untreated and chemically treated rice straws, grass hay, and mulberry leaves. *Journal of Animal Science*. 80:517
- Lock, Sandra; Crespo, G.; Frómeta, E. y Fraga, S. 2006. Estudio de indicadores de sostenibilidad del pasto y el suelo en un sistema silvopastoril con novillas lecheras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 40:229
- López, Delia. 1985. Características productivas del ganado bovino en el trópico. 1. Rasgos de crecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 19:115

- López, Mirta. 1987. Simbiosis rizobio-Leucaena. Inoculación. En: *Leucaena* una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtrópico. (Eds. T.E. Ruiz y G. Febles). EDICA. La Habana, Cuba. p. 43
- López, O. 2002. Caracterización del comportamiento productivo y reproductivo de vacas Mambí de primera lactancia en un sistema silvopastoril. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Reproducción Animal. CENSA-Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba. 65 p.
- López, O. y Álvarez, J.L. 2005. Consejos prácticos para alimentar y reproducir bien a nuestras vacas lecheras. *Revista ACPA*. 3:37
- Macedo, R. y Palma, J.M. 1998. Evaluación productiva y económica del manejo de bancos de proteína *Leucaena leucocephala* en Colima, México. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 15:460
- Makkar, H. 2001. Recent advances in *in vitro* gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources. [http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/570\\_EN\\_toc](http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/570_EN_toc).
- Makkar, H.P.S. y Goodchild, V.A. 1996. Quantification of tannins, a laboratory manual. Pasture, forage and livestock program. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Aleppo, Syria
- Malossini, F.; Bovolenta, S.; Piasentier, E.; Piras, C. y Martillotti, F. 1996. Comparison of *n*-alkanes and chromium oxide methods for estimating herbage intake by grazing dairy cows. *Animal Feed Technology*. 61:155
- Martín, P.C. 1982. Relaciones entre el contenido de nutrimentos, digestibilidad y concentración de energía en gramíneas tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 16:153
- Martínez, J.; Milera, Milagros; Remy, V.; Yepes, I. y Hernández, J. 1990. Un método ágil para estimar la disponibilidad de pasto en una vaquería comercial. *Pastos y Forrajes*. 14:101
- Martínez, R.O.; Herrera, R.S. y Cruz, R. 1994. Producción de biomasa con hierba elefante (*Pennisetum purpureum*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la ganadería tropical. I. Rendimientos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 28:229

- Martínez, R.O.; Ruiz, T.; Ribas, Miriam; Febles, G.; Sierra, Damaris; Crespo, G.; Herrera, R.; Rodríguez, Idalmis; Galindo, Juana; Valenciaga, Nurys; Delgado, Denia; Gutiérrez, Odilia; Marrero, Dolores y Plaza, J. 2000. Informe Proyecto 00826. “Utilización de la hierba elefante Cuba CT-115 para la integración de un sistema de producción de leche rentable y ecológicamente sostenible con pastoreo todo el año”. ICA. La Habana, Cuba. 34 p.
- Martínez, S.; Pedraza, R.M.; González, M.L.; González, C.E. y Guevara, G. 2005. Influence of the donor animal on the *in vitro* gas production with the use of voided bovine faeces. *Livestock Research for Rural Development*. 17 (11). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/11/mart17129>. [consulta: 10 de septiembre del 2007].
- Martínez, S.J.; Pedraza, R.M.; Guevara, G.; González, Cecilia E.; León, Marlene y Estévez, J.A. 2004. Empleo de la técnica de producción de gas *in vitro*, usando líquido ruminal o heces vacunas como inóculo, para evaluar el follaje de dos leguminosas arbustivas. [cd-rom]. Memorias. VI Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería tropical”. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba - Recinto de Exposiciones Expo-Holguín. Holguín, Cuba
- Masse, T.W. 1990. Simulated erosion and fertilizer effects on winter wheat cropping intermountain dry land area. *Soil Science of America Journal*. 54:1720
- Mayes, R.W. 1998. New potential markers for determining diet composition. In: Proceedings of the IX<sup>th</sup> European Intake Workshop. (Ed. M. J. Gibb). IGER, North Wyke. p. 63
- Mayes, R.W. 2001. The application of biological markers a Macaulay Institute success story. Research advances. Macaulay Land Use Research Institute. Escocia, UK. 14 p.
- Mayes, R.W. y Dove, H. 2000. Measurement of dietary nutrient intake in free-ranging mammalian herbivores. *Nutrition Research Reviews*. 13:107
- Mazorra, C.M. 2006. Manejo de la selección del alimento para reducir el ramoneo de ovinos integrados a plantaciones de cítricos. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal-Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba. 97 p.



- Mazorra, C.; Blanco, Miriam y Barrabí, Mireisy. 2004. Conducta de ovinos integrados a plantaciones cítricas. Influencia de la suplementación con hollejo de cítrico. [cd-rom]. Memorias. VI Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería tropical” Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba – Recinto de Exposiciones Expo-Holguín. Holguín, Cuba
- Mehrez, A.Z. y Ørskov, E.R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.* 88:645
- Mejías, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria*. México. 12 (003):56
- Menchaca, M.A. 1978. Modelo multiplicativo. Efecto de curva de lactancia controlado para el análisis estadístico de experimentos con vacas lecheras. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias. ICA-ISCAH. La Habana, Cuba. 112 p.
- Menéndez, A. 1985. Método simple para evaluar hembras lecheras. *Revista ACPA*. 3:13
- Menéndez, A.; Caunedo, J. y Fernández, M. 2004. Relación entre el porcentaje de vacas en ordeño y la producción láctea total del rebaño. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 38:361
- Menéndez, J. 1982. Estudio regional y clasificación de las leguminosas forrajeras autóctonas y naturalizadas en Cuba. Tesis en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias. ISCAH. La Habana, Cuba. 88 p.
- Menke, K.H.; Raab, L.; Salewski, A.; Steingass, H.; Fritz, D. y Schneider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. Agric. Sci.* 93:217
- Menke, K.H. y Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* 28:7
- Michalet-Doreau, B. y Ould-Bah, M.Y. 1992. *In vitro* and *in sacco* methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. *Animal Science and Technology*. 40:57

- Milera, Milagros y Figueroa, J. 1986. Efecto de la carga y la estancia sobre la producción de leche en bermuda cruzada-1. I. Análisis de seis sistemas de manejo con un nivel medio de N. *Pastos y Forrajes*. 9:258
- Milera, Milagros; Iglesias, J.M.; Remy, V. y Cabrera, N. 1994. Empleo de banco de proteína de *Leucaena leucocephala* cv. Perú para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 17:73
- Milera, Milagros; Iglesias, J.M.; Remy, V.A.; Reyes, F. y Martínez, F. 1989. Efecto del pastoreo de Glycine en banco de proteína y forraje de caña sobre la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 12:255
- Miller, S.M. y Thompson, R.P. 2005. Seasonal patterns of diet composition, herbage intake and digestibility identify limitations to performance of weaner sheep grazing native pasture in the Falkland Islands. *Grass and Forages Science*. 60:356
- Monforte, G.E.; Sandoval, C.A.; Ramírez, L. y Capetillo, Concepción M. 2005. Defaunating capacity of tropical fodder trees: Effects of polyethylene glycol and its relationship to *in vitro* gas production. *Animal Feed Science and Technology*. 123-124:313
- Montagnini, Florencia. 1992. Clasificación de los sistemas agroforestales. En: Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Segunda edición. IICA. San José, Costa Rica. p. 58
- Moura, Nádja de; Teixeira, H.; Pereira, I.A.; Silvério, R. y Lessa, Trícia Cristina. 2001. Atividade alelopática da leucaena sobre espécies de plantas daninhas. *Sci. agric*. 58 (1)
- Muñoz, D.; Cervantes, Migdalia; Olazábal, María; Fernández, M. y Labañino, L. 2004. Evaluación de una asociación de *Cynodon nlemfuensis* y *Leucaena leucocephala* cv. Perú en una lechería durante 23 años. [cd-rom]. Memorias. VI Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería tropical”. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba - Recinto de Exposiciones Expo-Holguín. Holguín, Cuba
- Murgueitio, E.; Rosales, M. y Gómez, M.E. 2001. Sistemas de corte y acarreo. En: Agroforestería para la producción animal sostenible. CIPAV. Colombia. p. 41
- Nguyen, Thi Mui; Binh, Dinh Van y Ørskov, E.R. 2005. Effect of foliages containing condensed tannins and on gastrointestinal parasites. *Animal Feed Science and Technology*. 121:77

- Nherera, F.V.; Ndlovu, L.R. y Dzewela, B.H. 1999. Relationships between *in vitro* gas production characteristics, chemical composition and *in vivo* quality measures in goats fed tree fodder supplements. *Small Ruminant Research*. 31:117
- Norton, B.W. 1994. Antinutritive and toxic factors in forage tree legumes. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. (Eds. R.C. Gutteridge y H.M. Shelton). CAB International. Wallingford, UK. p. 216
- Norton, B.W.; Lowry, B. y McSweeney, C. 1994. The nutritive value of *Leucaena* species. In: *Leucaena*, opportunities and limitations. (Eds. H.M. Shelton, C.M. Piggitt y J.L. Brewbaker). ACIAR Proceedings No. 57. Canberra, Australia. p. 103
- Odeyinka, S.M.; Hector, B.L.; Ørskov, E.R. y Newbold, C.J. 2004. Assessment of the nutritive value of the seeds of some tropical legumes as feeds for ruminants. *Livestock Research for Rural Development*. 16. (9). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/9/odey16069.htm>. [consulta: 10 de septiembre 2006]
- Oetzel, G.R. 1999. Dry cow feeding management. *Dairy Certificate Program*. 5:1
- Oniani, O.G. 1964. Determinación del fósforo y potasio del suelo en una misma solución de los suelos Krasnozen y Podsólicos en Georgia. *Agrojima*. 6:25
- Ørskov, E.R. 1998. Feed evaluation with emphasis on fibrous roughages and fluctuating supply of nutrients. Review. *Small Ruminant Research*. 28:1
- Ørskov, E.R. 2002. Trail 4.1. Development of the *in vitro* gas production technique. Trail 4. *In vitro* gas production. In: Trails and trails in livestock research. IFRU, Macaulay Land Use Research Institute. Escocia, UK. p. 82
- Ørskov, E.R. 2005. Silvopastoral systems: technical, environmental and socio-economic challenges. *Pastos y Forrajes*. 28:5
- Ørskov, E.R. y McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92:499
- Otaróla, A. 1995. Cercas vivas de Madero Negro. Práctica agroforestal para sitios con estación de seca marcada. *Agroforestería en las Américas*. 5:5

- Padilla, C.; Sardiñas, Y.; Cino, Delia M.; Rivera, O. y Sosa, E. 2005. Siembra a vuelta de arado: una opción ventajosa para la propagación de pastizales de CT-115 (*Pennisetum purpureum*). *Revista ACPA*. 3:51
- Paneque, V. 1965. Manual de práctica de suelos. Universidad de La Habana. La Habana, Cuba p. 25
- Pardini, A. 2000. Pascoli e foraggere tropicali e subtropicali. [cd-rom] Iper testo-Versione 2.1. EuroPlanet Informatica, Italia.
- Pedraza, R.M. 1998. Use of *in vitro* gas production technique to assess the contribution of both soluble and insoluble fractions on the nutritive value of forages. MSc Thesis. University of Aberdeen. Scotland, UK. 51 p.
- Pedraza, R.M. 2000. Valoración nutritiva del follaje de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. y su efecto en el ambiente ruminal. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal–Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba. 126 p.
- Pedraza, R.M.; Castro, F.B. y Ørskov, E.R. 2004. Evaluación *in vitro* del valor nutritivo de follajes de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 38:155
- Pedraza, R.M.; La O, O.; Estévez, J.; Guevara, G. y Martínez, S. 2003. Nota técnica: Degradabilidad ruminal efectiva y digestibilidad intestinal *in vitro* del nitrógeno del follaje de leguminosas arbóreas tropicales. *Pastos y Forrajes*. 26:237
- Pentón, Gertrudis. 2000. Tolerancia del *Panicum maximum* cv. Likoni a la sombra en condiciones controladas. *Pastos y Forrajes*. 23:79
- Pereira, E.; Cáceres, O.; Santana, E. y Díaz, D. 1986. Consumo y digestibilidad del pasto estrella cv. Tocumen a diferentes edades. *Pastos y Forrajes*. 9:161
- Pereira, E.; Lamela, L. y Ripoll, J.L. 1990. Evaluación de pasto para la producción de leche, guinea (Likoni y común) y pasto estrella cv. Tocumen. *Pastos y Forrajes*. 13:67
- Pérez-Infante, F. 1977. Posibilidades de los pastos en el trópico. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 11:119

- Peris, J.B. 1995. Fitoterapia aplicada. Edit. Muy Ilustre Colegio Oficial de Farmacéuticos de Valencia. Valencia, España. p. 61
- Pezo, D. 1994. Interacciones suelo-planta-animal en sistemas de producción animal basados en el uso de pasturas. Algunas experiencias en el trópico húmedo. En: IV Jornadas de Producción e Investigación en Pastos Tropicales. (Ed. T. Clavero). Maracaibo, Venezuela. p. 113
- Pezo, D. 1997. Producción y utilización de pastos tropicales para la producción de leche. En: Estrategias de alimentación para la ganadería tropical. (Ed. T. Clavero). Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. p. 53
- Pezo, D. e Ibrahim, M. 1998. Sistemas silvopastoriles. Colección de Módulos Agroforestales No. 2. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 15
- Pinto, R.; Ramírez, L.; Kú Vera, J.C. y Ortega, L. 2002. Especies arbóreas y herbáceas forrajeras del sureste de México. *Pastos y Forrajes*. 25 (1):171
- Posada, S.L. y Noguera, R.R. 2005. Técnica *in vitro* de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*. 17 (4). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/4/posa17036>. [consulta: 8 de septiembre 2006].
- Prache, Sophie; Bechet, G. y Damasceno, J.C. 2006. Diet choice in grazing sheep: A new approach to investigate the relationships between preferences and intake-rate on a daily time scale. *Applied Animal Behaviour Science*. 99:253
- Raats, J.G. y Clarke, B.K. 1996. A remote controlled forage sampling system or goats. *Bull. Grassl. Soc. of So. Africa*. 7 (1):66
- Razz, Rosa; Clavero, T. y Vergara, J. 2004. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. *Revista Científica*. 14:5
- Reinoso, M. 2000. Contribución al conocimiento del potencial lechero y reproductivo de sistemas de pastoreo arborizados empleando vacas Siboney de Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad Central "Marta Abreu". Santa Clara, Cuba. 99 p.

- Rekik, B.; Ben Gara, A.; Ben Hamouda, M. y Hammami, H. 2003. Short communication. Fitting lactation curves of dairy cattle in different types of herds in Tunisia. *Livestock Production Science*. 83:309
- Reyes, J.; García, R. y Jordán, H. 1998. Efecto de la ganancia de peso vivo preparto en el comportamiento posparto de vacas Holstein comerciales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 32:255
- Ribas, Miriam; Gutiérrez, Maritza; Mora, Marta; Évora, J.C. y González, S. 2004. Comportamiento productivo y reproductivo del Siboney de Cuba en dos localidades. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 38:121
- Rincón, E.V. 1995. Producción en sistemas silvopastoriles. Heligar Librass. Maracaibo, Venezuela. 185 p.
- Rodríguez, Yeny; Chongo, Bertha; La O, O.; Oramas, A.; Scull, Idania y Achang, G. 2005. Características químicas de *Albizia lebbek* y determinación de su potencial nutritivo mediante la técnica de producción de gas *in vitro*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39:313
- Rois, Mercedes; Mosquera, Rosas y Rigueiro, A. 2006. Biodiversity indicators on silvopastoralism across Europe. EFI Technical Report. European Forest Institute, University of Santiago de Compostela. Lugo, Spain. p. 16
- Rolo, R. 1999. Relación nutrición-fertilidad en la hembra bovina. Memorias. II Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Colegio de Médicos Veterinarios de Honduras. Honduras. s/p
- Ruiz, Catalina; López, Delia; Schounmth, G.; Seeland, G. y Planas, Teresa. 1991. Producción de carne vía rebaño lechero. I. Peso al nacer, pérdidas perinatales y posnatales. *Revista Cubana Ciencia Agrícola*. 25:39
- Ruiz, R. 1980. Fisiología del consumo voluntario en el rumiante. En: Bioquímica nutricional, fisiología digestiva y metabolismo intermediario en animales de granja. Tomo 1. EDICA. La Habana, Cuba. p. 49
- Ruiz, T.E. y Febles, G. 1999. Sistemas silvopastoriles, conceptos y tecnologías desarrolladas en el Instituto de Ciencia Animal. (Eds. T.E. Ruiz y G. Febles). EDICA. La Habana, Cuba. 33 p.

- Ruiz, T.E. y Febles, G. 2005. Factores que influyen en la producción de biomasa durante el manejo del sistema silvopastoril. [cd-rom]. En: II Curso Intensivo de Silvopastoreo Colombo-Cubano. Bogotá, Colombia. s/p
- Ruiz, T.E.; Febles, G.; Castillo, E.; Jordán, H.; Galindo, J.L.; Chongo, B.; Delgado, D. de la C.; Mejías, R.A. y Crespo, G.J. 1998a. Tecnología de producción animal mediante *Leucaena leucocephala* asociada con pasto en el 100% del área de la unidad ganadera. [www.ciapv.org.co/redagrofor/memorias99/RuizTE.htm](http://www.ciapv.org.co/redagrofor/memorias99/RuizTE.htm). [consulta: 31 de julio del 2006]
- Ruiz, T.E.; Febles, G.; Cobarrubia, P.; Díaz, L.E. y Bernal, G. 1986. Altura de la planta para comenzar a pastorear la leucaena después de la siembra. Resúmenes. VII Seminario Científico Nacional y I Internacional de Pastos y Forrajes. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 50
- Ruiz, T.E.; Febles, G. y Hernández, C. 1987. Manejo. En: Leucaena una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtrópico. (Eds. T.E. Ruiz y G. Febles). EDICA. La Habana, Cuba. p. 156
- Ruiz, R.E.; Febles, G.; Jordán, H.; Castillo, E. y Díaz, H. 1998b. Evaluación de diferentes poblaciones de leucaena en el desarrollo del pasto estrella. Efecto de la sombra. Memorias. III Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería”. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 35
- Rymer, C.; Huntington, J.A.; Williams, B.A. y Givens, D.I. 2005. *In vitro* cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. *Animal Feed Science and Technology*. 123–124:9
- Sakaguchi, Minoru; Suzuki, Takahiro; Sasamoto, Yoshihiko; Takahashi, Yoshiyuki; Nishiura, Akiko y Aoki, Mari. 2005. Effects of first breeding age on the production and reproduction of Holstein heifers up to the third lactation. *Animal Science Journal*. 76:419
- Sánchez, M.D. 1999. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina. (Eds. M.D. Sánchez y M. Rosales). FAO. Roma, Italia. p. 1
- Sánchez, Saray y Crespo, G. 2004. Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas puras o intercaladas con leucaena. *Pastos y Forrajes*. 27:347

- Sandoval, C.A.; Lizárraga, H.L. y Solorio, F.J. 2005. Assessment of tree fodder preference by cattle using chemical composition, *in vitro* gas production and *in situ* degradability. *Animal Feed Science and Technology*. 123–124:277
- Schmidt, G.H. 1974. Factores que afectan el rendimiento y composición de la leche. En: *Biología de la lactación*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. p. 175
- Senra, A. 1982. Estudio sobre el número de cuartones por grupo para vacas lecheras en pastoreo. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. ICA-ISCAH. La Habana, Cuba 171 p.
- Senra, A. y Venereo, A. 1986. Métodos de muestreo. En: *Los pastos en Cuba*. Tomo I. EDICA. La Habana, Cuba. p. 649
- Shelton, M. 1996. El género *Leucaena* y su potencial para los trópicos. En: *Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical*. (Ed. T. Clavero). Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia, Venezuela. p. 17
- Shelton, H.M. y Brewbaker, J.L. 1994. *Leucaena leucocephala* the most widely used forage tree legumes. In: *Forage tree legumes in tropical agriculture*. (Eds. R.C. Gutteridge y H.M. Shelton). CAB International. Wallingford. UK. p. 15
- Sierra, J.; Dulormne, M. y Desfontaines, L. 2002. Soil nitrogen as affected by *Gliricidia sepium* in a silvopastoral system in Guadeloupe, French Antilles. *Agroforestry Systems*. 54:87
- Sierra, J. y Nygren, P. 2006. Transfer of N fixed by a legume tree to the associated grass in a tropical silvopastoral system. *Soil Biology and Biochemistry*. [www.elsevier.com/locate/soilbio](http://www.elsevier.com/locate/soilbio)
- Simón, L. 1996. Rol de los árboles multipropósito en las fincas ganaderas. En: *Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical*. (Ed. T. Clavero). Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia. Venezuela. p. 41
- Simón, L. 1998. Del monocultivo de pastos al silvopastoreo: La experiencia de la EEPF “Indio Hatuey”. En: *Los árboles y arbustos en la ganadería*. Tomo 1. Silvopastoreo. (Ed. L. Simón). EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 9



- Simón, L. 2001. Utilización de leguminosas arbóreas en mezclas y asociaciones en sistemas silvopastoriles. PNCT No. 008 "Producción de alimento animal por vías biotecnológicas y sostenibles". Informe final. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. (Mimeo)
- Simón, L. 2005. Impacto bioeconómico y ambiental de la tecnología del silvopastoreo racional. En: El Silvopastoreo: Un nuevo concepto de pastizal (Ed. L. Simón). Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba-Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. p. 203
- Simón, L.; Hernández, I. y Duquesne, P. 1995a. Efecto del pastoreo de *Albizia lebbek* Benth (algarrobo de olor) en el comportamiento de hembras bovinas en crecimiento. *Pastos y Forrajes*. 18:67
- Simón, L.; Hernández, I. y Hernández, D. 1995b. Los sistemas silvopastoriles como opción para el desarrollo ganadero. Conferencias y Mesas Redondas. III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. La Habana, Cuba. p. 67
- Simón, L.; Hernández, I. y Ojeda, F. 1998. Protagonismo de los árboles en los sistemas silvopastoriles. En: Los árboles y arbustos en la ganadería. Tomo 1. Silvopastoreo (Ed. L. Simón). EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 28
- Simón, L.; Iglesias, J.; Cáceres, O. y Duquesne, P. 1994. Evaluación de la crianza de equinos en áreas citrícolas. Resúmenes. Taller Internacional "Los Sistemas silvopastoriles en la producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 28
- Singh, B.; Sahoo, A.; Sharma, R. y Bhat, T.K. 2005. Effect of polyethylene glycol on gas production parameters and nitrogen disappearance of some tree forages. *Animal Feed Science and Technology*. 123–124:351
- Skerman, P.J.; Cameron, D.G. y Riveros, F. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. FAO. Roma, Italia. 707 p.
- Soler, P.; Chacón, E.; Arrijoja, L.; Valle, A. y Rodríguez, O. 1996. Uso de bancos de leguminosas arbustivas en la producción de leche. Resúmenes. Taller Internacional "Los árboles en los sistemas de producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 78
- Somarriba, E. 1995. Guayabo en potreros: establecimiento de cercas vivas y recuperación de pasturas degradadas. *Agroforestería en las Américas*. 2 (6):27

- Souza de Abreu, María H.; Ibrahim, M.; Harvey, Celia y Jiménez, F. 2000. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 7 (26):53
- Stobbs, T.H. 1978. Milk production, milk composition, rate of milking and grazing behaviour of dairy cows grazing two tropical grass pastures under a leader and follower system. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 18:5
- Suárez, S.; Rubio, J.; Franco, C.; Vera, R.; Pizarro, E. y Amézquita, M.C. 1987. *Leucaena leucocephala*. Producción y composición de leche y selección de ecotipos con animales en pastoreo. *Pasturas Tropicales*. 9:11
- Tekerli, M.; Akinci, Z.; Dogan, I. y Akcan, A. 2000. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. *Journal of Dairy Science*. 83 (6):1381
- Teyer, R.; Magaña, J.G.; Santos, J. y Aguilar, C. 2003. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de tres grupos genéticos en un hato de doble propósito en el sureste de México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 37:363
- Tilley, J.M.A. y Terry, R.A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18:104
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2<sup>nd</sup> ed. Cornell University Press. Ithaca, Nueva York, USA. 476 p.
- Vega, Ana Mercedes. 2002. Efecto del marco de siembra de *Leucaena leucocephala* en el comportamiento agronómico de una asociación. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 51 p.
- Víctor, R. y Álvaro, G. 2004. Modelos agroforestales y biodiversidad. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*, Chile. XX (2). <http://www.agroforesteria.cl/>.
- Vitti, D.M.S.; Abdalla, A.L.; Bueno, I.C.S.; Silva, J.C.; Costa, C.; Bueno, M.S.; Nozella, E.F.; Longo, C.; Vieira, E.Q.; Cabral, S.L.S.; Godoy, P.B. y Mueller, I. 2005. Do all tannins have similar nutritional effects?. A comparison of three Brazilian fodder legumes. *Animal Feed Science and Technology*. 119:345

- Wheeler, R.A.; Norton, B. y Shelton, H.M. 1994. Condensed tannins in *Leucaena* species and hybrids and implications for nutritive value. In: *Leucaena*, opportunities and limitations. (Eds. H.M. Shelton, C.M. Piggin y J.L. Brewbaker). ACIAR Proceedings No. 57. Canberra, Australia. p. 112
- Whiteman, P.C. 1980. Tropical pastures science. Oxford University Press. New York. p. 392
- Williams, B.A. 2000. Cumulative gas-production techniques for forage evaluation. In: Forage evaluation in ruminant nutrition. (Eds. D.I. Givens, E. Owen; H.M. Omed y R.F.E. Axford). CAB International. Wallingford, UK. 475 p.
- Wilson, J.R. 1991. Ecophysiological constraints to production and nutritive quality of pastures under tree crops. In: "International Livestock-Tree Cropping Workshop". (Ed. Z. Ahmad Tajuddin). NARDI/FAO. Seldan, Malaysia. p. 37
- Wood, P.D.P. 1969. Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Animal Production*. 11:307
- Yearsley, J.; Tolkamp, B.J. e Illius, A.W. 2001. Theoretical developments in the study and prediction of food intake. *Proceedings of the Nutrition Society*. 60:145