

Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez"

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria

Caracterización del comportamiento productivo y reproductivo de vacas Mambí de primera lactancia en un sistema silvopastoril

Autor: Dr. MV Onel López Vigoa

Tutor: Dr. MV Jorge Luis Álvarez Calvo, Dr. C

Cotutor: Ing. Luis Lamela López, Dr. C

**Tesis presentada en opción al Título Académico de
Master en Reproducción Animal**

La Habana, Diciembre del 2002

Pensamientos

Las ciencias de la vida están aún en su infancia, y cuando hablamos de lo que sabemos, o más exactamente, de lo que creemos saber, tengamos siempre los ojos bien abiertos ante los innumerables fenómenos que ignoramos.

André Voisin

Nuestras ideas deben ser tan amplias como la naturaleza si pretenden interpretarla.

Sir Arthur Conan Doyle

Lo que se sabe dobla su valor
Si al mismo tiempo se tiene
El de confesar lo que no se sabe
Pues así, lo que se sabe,
Está libre de la sospecha
Que recae sobre aquel
Que quiere hacer creer
Que sabe lo que no sabe.

Schopenhauer.

Dedicatoria

A mi hijo querido, que me inspira cada día a seguir adelante.

A mi esposa, por su amor y dedicación.

A mi padre, por el apoyo a mi superación.

A todos los compañeros y amigos que siempre han confiado en mí.

Agradecimientos

- ❖ Es muy difícil citar en este documento a todas las personas que debo la realización de esta tesis de maestría. Sin embargo, quisiera agradecer a todos los maestros y profesores que he tenido en mi vida de estudiante, por sus enseñanzas y por contribuir a lograr de mí un profesional.
- ❖ Debo agradecer especialmente al Dr. Luis Lamela López, en primer lugar por permitirme desarrollar el experimento en uno de sus proyectos, en segundo lugar por su constante ayuda y sabios consejos, y por último, por ser más que un compañero, un amigo.
- ❖ A la MSc. Milagros Milera Rodríguez por insertarme en su grupo de trabajo en la temática de reproducción, y además por su ayuda y consejos.
- ❖ Al Dr. Jorge Luis Álvarez Calvo por ser el tutor de esta tesis de maestría.
- ❖ A la MSc. Tania Sánchez Santana por su incondicional ayuda en todas las etapas de esta tesis.
- ❖ A la Lic. Alicia Ojeda, por su ayuda en la revisión de la redacción y el estilo del material de tesis.
- ❖ A Guadalupe Pérez por su gran ayuda al organizar y archivar los datos de los experimentos, así como en la preparación de las muestras de sangre, pero sobre todo; por ser más que una compañera y amiga, una madre.
- ❖ A Iván Lenin Montejó, ya que fue un gran apoyo a la hora de pasar y organizar los datos en los programas de computación empleados.
- ❖ A Javier Arece por su insustituible ayuda y sugerencias.
- ❖ A Angel Yuset por su cooperación en la búsqueda de bibliografía.
- ❖ A Nidia Amador por su ayuda en la traducción de trabajos originales en idioma inglés al español.
- ❖ A Rubén por toda su ayuda y cooperación en la realización de las mediciones y controles en la vaquería.
- ❖ Al Dr. Octavio Fernández por su ayuda en la realización e interpretación de los análisis estadísticos.
- ❖ Al MSc. César Morales por brindarme información de mucho valor y por su ayuda incondicional durante la etapa de cursos.
- ❖ En fin, quisiera agradecer a todas aquellas personas que me han enseñado algo útil en la vida.

Síntesis

Con el objetivo de caracterizar el comportamiento productivo y reproductivo de vacas Mambí de primera lactancia en un sistema silvopastoril, según la época de entrada de las hembras al sistema, se realizó un experimento donde se utilizaron 104 novillas Mambí con 7 ½ meses de gestación. La leucaena presentó un alto porcentaje de proteína bruta (26 %), superior al de las gramíneas mejoradas (9,7-11,9 %); sin embargo, no se detectaron diferencias en la composición bromatológica, para ninguna de las dos especies, entre las épocas del año. La disponibilidad fue superior a las 3 t de MS/ha/rotación. El balance alimentario para las vacas en producción demostró que hubo un exceso de PB de un 25 % para la época de seca y de 38 % para el caso de la lluvia, mientras que la energía metabolizable presentó deficiencias en ambas épocas, con un 9 % en la de seca y un 1,4 % en la de lluvia. La condición corporal de las hembras en el momento de la entrada al silvopastoreo fue de 3, y se mantuvo con un valor entre 3,2 y 3,3 desde el parto hasta los 240 días de lactancia, sin que se encontraran diferencias entre épocas. Por otra parte, se obtuvo que a los 30 días de lactancia, los animales que entraron al sistema en lluvia produjeron significativamente más leche ($P<0,001$) que los que lo hicieron en seca (9,8 vs 8,3 kg/vaca/día, respectivamente). Sin embargo, a los 120 días de lactancia las vacas que entraron al sistema en seca produjeron más leche ($P<0,01$) que las que entraron en lluvia (9,2 vs 8,0 kg/vaca/día, respectivamente). Además, se logró un peso de los terneros al nacer de 36,7 y 37,3 kg/animal para las vacas que entraron al silvopastoreo en lluvia y seca, respectivamente. Las hembras que entraron al sistema en seca tuvieron un IPS significativamente menor ($P<0,05$) a las que entraron en lluvia (107 vs 139 días, respectivamente). Sin embargo, el IPG fue similar para ambas épocas de entrada (152-167 días); mientras que el número de servicios por gestación fue significativamente inferior ($P<0,01$) para las hembras que entraron al silvopastoreo en lluvia (1,38) con respecto a las que lo hicieron en seca (1,75). Se obtuvieron ganancias por hectárea y por vaca de 4 055,60 y 2 684,70 pesos, respectivamente y una relación beneficio-costeo de 4,51 pesos. Los resultados sugieren que el sistema silvopastoril garantiza una adecuada oferta de MS durante todo el año, que les permite a las vacas mantener una condición corporal entre 3,2 y 3,3 en ambas épocas y obtener una producción de leche aceptable, superior a los 8 kg/vaca/día hasta los 120 días de lactancia y a los 6 kg/vaca/día hasta los 240 días de lactancia. Además, se obtienen resultados reproductivos prometedores al lograrse un IPG entre 152 y 167 días y un número de servicios por gestación de 1,38 para las hembras que entran al sistema en la lluvia y 1,75 para las que lo hacen en la seca.

Índice de abreviaturas

‰: por ciento

°C: Grados centígrados

a.m.: ante meridiano

ATP: Adenosin Triphosphato (Trifosfato de adenosina)

BEN: Balance energético negativo

BEP: Balance energético positivo

Ca: Calcio

CC: Condición corporal

cm: centímetro

Cu: Cobre

CV: Coeficiente de variación

EM: Energía metabolizable

FB: Fibra bruta

FSH: Folliculo Stimulant Hormone (Hormona folículo estimulante)

g: gramo

GnRH: Gonadotrophin Releasing Hormone (Hormona liberadora de gonadotropinas)

ha: hectárea

IA: Inseminación artificial

IGF-I: Insulin-like Growth Factor-I (Factor de crecimiento-I parecido a insulina)

IPG: Intervalo parto-gestación

IPP: Intervalo parto-parto

IPS: Intervalo parto-primer servicio

K: Potasio

kg: kilogramo

LH: Luteinisin Hormone (Hormona luteinizante)

m: metro

mL: mililitro

mm: milímetro

MO: Materia orgánica

MS: Materia seca

N: Nitrógeno

Na: Sodio

NT: Nitrógeno total

NUP: Nitrógeno ureico plasmático

p.m: pasado meridiano

P: Fósforo

P₄: Progesterona

PB: Proteína bruta

PDR: Proteína digestible en rumen

PGF₂ α: Prostaglandina F₂ α

PNDR: Proteína no digestible en rumen

ppm: Partes por millón

PS: Período de servicio

S/G: Servicios por gestación

SIREC: Síndrome de repeticiones de celo

t: tonelada

Zn: Zinc

μL: microlitro

Índice

Introducción	8
Capítulo I. Revisión bibliográfica	10
1.1. Los sistemas silvopastoriles en la ganadería	10
1.1.1. Consideraciones preliminares	10
1.1.2. Clasificación de los sistemas silvopastoriles	10
1.1.2.1. Bancos de proteína	11
1.1.2.2. Asociaciones de árboles con pastos	12
1.1.2.3. Pastoreo en plantaciones forestales y frutales	12
1.1.2.4. Cercas vivas	12
1.1.3. Las leguminosas arbóreas para la producción de leche	13
1.1.3.1. Producción de leche en bancos de proteína de <i>L. leucocephala</i>	14
1.1.3.2. Asociación de leucaena con pastos mejorados para la producción de leche	15
1.1.4. Comportamiento reproductivo de las vacas en sistemas silvopastoriles	17
1.2. Eficiencia reproductiva del rebaño	18
1.2.1. Indicadores más comunes de eficiencia reproductiva y sus valores óptimos	18
1.2.2. Principales factores que afectan la eficiencia reproductiva del rebaño	20
1.2.2.1. Alimentación	20
1.2.2.2. Condición corporal	25
1.2.3. Determinación del perfil metabólico en vacas lecheras	27
Capítulo II. Metodología Experimental	29
Capítulo III. Resultados experimentales	32
Capítulo IV. Discusión	44
Conclusiones	53
Recomendaciones	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Bibliografía	54
Anexos	64

Introducción

En Cuba, el desarrollo de la ganadería vacuna constituye una de las tareas fundamentales del sector agropecuario. Para lograr este propósito, a partir del Primer Congreso del PCC se trazó una política bien definida, encaminada a incrementar la producción de leche mediante la introducción en el país de hembras Holstein altas productoras y un acertado programa de cruzamiento genético con ganado Cebú. De esta forma se combinó la elevada potencialidad para la producción de leche de la raza Holstein con la rusticidad del Cebú, dando lugar, entre otros, a los genotipos Siboney y Mambí de Cuba, que deben presentar una mejor capacidad adaptativa a nuestras condiciones.

Sin embargo, a partir del año 1990, a pesar de la política genética trazada, se produjo un deterioro de los rebaños, que se hizo cada más evidente al agudizarse la falta de insumos y de alimentos. Así, en el análisis de los últimos 5 años la hembra en desarrollo estuvo seriamente afectada, al manifestar ganancias de peso diario promedio que no sobrepasaron los 320 g/día. Ello determinó una edad promedio de incorporación de 27,8 meses e intervalos incorporación-primer servicio e incorporación-gestación de 125 y 131 días, respectivamente, con una edad promedio de 44,2 meses al primer parto, lo que generó la pérdida de dos terneros potenciales y más de un ciclo lactacional en su vida útil.

De igual forma, un 37 % de las novillas no se incorporaron a los eventos reproductivos durante los años 1996 al 2000, lo que determinó una diferencia entre el potencial de reproductoras y hembras en la reproducción promedio de -3228 hembras por año (CENCOP, 2000).

El deterioro productivo de los rebaños genéticos es similar. Las lactancias cada día son más cortas (271 vs 245 días para 1996 y 1999, respectivamente), con una producción promedio de 4,4 kg de leche por vaca, y solo se secaron con 7 meses de gestación el 9,5 % de las vacas en ordeño; lo cual significa que el 59,4 % de las vacas concluyeron su lactancia vacías o sin gestarse. Ello indica un gran deterioro físico de los animales y de los pastos, pues a pesar de que las vacas están suplementadas con cierto nivel de concentrado, no se justifica su baja productividad (DNG, 1999).

Esta situación motivó la búsqueda de nuevas vías y alternativas de alimentación para los animales, que permitieron el desarrollo y evaluación de varios sistemas tecnológicos; entre ellos son prometedores los sistemas silvopastoriles con multiasociación, de leucaena y pastos mejorados, en toda el área.

Recientes investigaciones realizadas en Cuba y en el mundo han demostrado las potencialidades que poseen muchas leguminosas arbóreas para la producción animal, sobre todo la leucaena, por sus altos contenidos de proteína, así como la posibilidad de producir leche con el empleo del silvopastoreo (Pezo e Ibrahim, 1996; Simón, 1998).

Por otra parte, la reproducción constituye el evento primario y decisivo para alcanzar una mayor producción de leche (Menéndez, 1993), pues está claro que cuanto más fértil es una vaca en su período productivo (ideal es un parto al año), tanto más elevada es su producción media diaria de leche, considerada en el período de permanencia en el rebaño (Cappa, 1993). Sin embargo, a pesar de este determinante papel, el tema relacionado con el comportamiento y la respuesta reproductiva de las vacas en estos sistemas ha sido poco estudiado.

Por tanto, teniendo en cuenta que los pastos tropicales se caracterizan por su estacionalidad en dependencia de las condiciones climáticas y que esto genera un gran desbalance de alimentos voluminosos a favor de la época de lluvia con respecto a la de seca, sería conveniente evaluar el efecto que tiene introducir novillas gestantes de la raza Mambí en un sistema silvopastoril y estudiar su respuesta productiva y reproductiva en función de la época de entrada a este agroecosistema. Para ello se propuso la siguiente hipótesis de trabajo:

- ✚ Las novillas Mambí de Cuba que entran al silvopastoreo en el último tercio de la gestación, durante la época de seca, no expresan todo su potencial productivo y reproductivo, en el primer parto, por limitaciones del sistema para cubrir sus requerimientos nutricionales.

Para cumplimentar esta hipótesis se trazó el siguiente objetivo general:

- ☀ Caracterizar el comportamiento productivo y reproductivo de las vacas Mambí de Cuba, en el primer parto, según la época de entrada al sistema silvopastoril.

Objetivos específicos:

- 🍷 Conocer la disponibilidad y oferta de materia seca, así como la composición bromatológica de los alimentos ofertados en el sistema en función de la época del año.
- 🍷 Evaluar el balance alimentario y la condición corporal de las vacas en producción en función de la época de entrada al silvopastoreo.
- 🍷 Determinar la producción de leche y los indicadores reproductivos de las vacas, en el primer parto, según la época de entrada al sistema silvopastoril.

Capítulo I. Revisión bibliográfica

1.1. Los sistemas silvopastoriles en la ganadería

1.1.1. Consideraciones preliminares

Las graves afectaciones que han tenido, de modo general, los recursos naturales, y la actual crisis económica y social que atraviesan diversos países, han revitalizado el interés por lograr un desarrollo acelerado y sostenido de la agricultura, el cual solo se conseguirá en la medida en que las estrategias de producción sean congruentes con el uso racional del ecosistema. En este contexto, el visualizar la actividad ganadera en sistemas agroforestales constituye un enfoque válido, necesario y actual en la investigación y capacitación para el desarrollo pecuario del trópico (Hernández y Simón, 1993).

Los sistemas agroforestales tienen el potencial de conservar los recursos naturales a través del control de la erosión de los suelos, la reducción de los daños ocasionados por la variabilidad climática y el aumento de la calidad del forraje al disminuir la estacionalidad de su producción, además de promover la biodiversidad vegetal y animal. El resultado neto es una producción ganadera más intensiva y a la vez más sostenible (FAO, 2001).

Los sistemas silvopastoriles se presentan como una modalidad de los sistemas agroforestales y por sus resultados podrían significar un importante paso en la estrategia de lograr la armonía entre la protección ambiental y el desarrollo ganadero (Simón, Hernández y Ojeda, 1998).

El silvopastoreo ha formado y aún forma la base de muchos sistemas de producción animal en regiones tropicales áridas, semiáridas y subhúmedas; en estas regiones, los árboles son un componente principal para proveer sombra y forraje al ganado. En los trópicos húmedos, la recuperación de tierras degradadas con pastizales, al requerir el asocio con otros cultivos para ayudar a sufragar los gastos y/o el tiempo invertido, ofrece una oportunidad para desarrollar sistemas agrosilvopastoriles sostenibles (Rincón, 1995).

La incorporación de las leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas de producción ganadera es una estrategia que responde a la necesidad de incrementar la productividad de los sistemas de producción animal, con el objetivo de satisfacer las demandas de alimentos de una población cada vez más creciente, haciendo al mismo tiempo un uso racional de los recursos naturales.

También esta práctica contribuye a contrarrestar los impactos ambientales negativos característicos de los sistemas tradicionales y constituye un mecanismo para diversificar las empresas pecuarias, generar nuevos productos e ingresos adicionales, reducir la dependencia de insumos externos, e intensificar el uso del recurso suelo, sin menoscabo de su potencial productivo a largo plazo (Pezo e Ibrahim, 1998).

Los sistemas silvopastoriles son una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos), e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim, 1996). Si bien a menudo se hace mención de sistemas silvopastoriles en los cuales las leñosas perennes constituyen un recurso alimenticio, no debe interpretarse que un sistema ganadero será silvopastoril sólo cuando los árboles o arbustos presentes cumplen un propósito forrajero.

Según Hernández y Simón (1993), los principales componentes de los sistemas silvopastoriles son: los árboles y los arbustos, los animales, el suelo y el subsuelo.

1.1.2. Clasificación de los sistemas silvopastoriles

Las combinaciones de leñosas perennes con pasturas y animales se presentan en muy diversas formas, lo que ha generado diferentes tipos de sistemas silvopastoriles. En algunos casos se evidencia un diseño claramente orientado a obtener un beneficio económico, social o ecológico de las interacciones entre el componente leñoso con las pasturas y los animales; mientras que en otros la presencia de las leñosas puede ser el resultado de procesos de retrogresión en la sucesión natural hacia una vegetación clímax de bosque (Brown, 1994).

De acuerdo con lo anteriormente planteado, Ibrahim, Camero, Pezo y Esquivel (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.

Sin embargo, los sistemas más estudiados (en el mundo y en Cuba) y también los más utilizados, son los que se citan en la siguiente clasificación.

Desde el punto de vista de las prácticas que integran y por sus funciones, Nair (citado por Kass, 1992) concluye que los sistemas silvopastoriles se clasifican como:

- a) Bancos de proteína.
- b) Asociaciones de árboles con pastos.
- c) Pastoreo en plantaciones forestales y frutales.
- d) Cercas vivas.

1.1.2.1. Bancos de proteína

Los bancos de proteína surgen como una necesidad de ofertar un manejo diferenciado para las leguminosas, el cual asegura su persistencia y permite manejar intensivamente la gramínea (Echeverría y Rodríguez, 1978).

Con el banco de proteína se establece un área o bloque donde se organiza una oferta forrajera integrada por leguminosas (arbóreas, arbustivas y/o herbáceas), en busca de mantener suficiente oferta de forraje en las diferentes épocas del año, en el cual el animal puede pastorear de forma restringida y con el tiempo de consumo controlado. Los bancos de proteína también pueden ser utilizados para corte, bien sea como forraje fresco o para conservarlo (Rincón, 1995).

Milera (1991) define el banco de proteína como una técnica de utilización de las leguminosas que consiste en sembrar entre el 20 y 30% del área total en explotación con una alta población de leguminosas arbustivas y/o volubles, puras o asociadas a gramíneas, con el objetivo de ser utilizadas como suplemento proteico en los sistemas de pastoreo.

Este concepto coincide con lo informado por Ruiz, Febles, Jordán, Castillo, Zarragoitia, Díaz, Crespo y Ramírez (1991), aunque estos autores lo subdividen en bancos de libre acceso o de acceso limitado de los animales. La diferencia entre estas formas de utilización consiste en que en el primer caso no existe cerca divisoria entre el área de la gramínea y de la leguminosa, mientras que en el otro sí.

La misma concepción del término “banco” lleva a considerar que no se trata de trabajar con una especie en forma individual, sino que se refiere a la idea de establecer un grupo de especies, de las cuales persistirán aquellas que mejor se adapten a las condiciones edafoclimáticas y particularmente al manejo que reciban. De ahí, la necesidad de tener elementos de juicio para mejorar la toma de decisiones en cuanto a las especies que han de integrar el banco de proteína.

En Costa Rica el concepto de banco de proteína es sustituido por el de banco de forraje (Martínez, 1989), al igual que en Chile (Altieri, 1990). Estos bancos forrajeros son rodales plantados a densidades altas (5 000-40 000 ó más árboles por hectárea), donde las especies que se utilizan son de reconocido valor forrajero, con una alta producción de biomasa, proteína cruda total y proteína cruda comestible. En dichos sistemas es conveniente que las especies utilizadas sean fijadoras de nitrógeno y/o permitan el cultivo intercalado de otros forrajes como pastos de corte.

1.1.2.2 Asociaciones de árboles con pastos

En estos sistemas el objetivo principal es la ganadería, aunque de forma secundaria se puede lograr la producción de madera, leña o frutas. Los animales se alimentan con hierbas, hojas, frutos, cortezas y otras partes de los árboles, y además consumen el pasto que crece bajo estos, tanto de forma natural como cultivado por el hombre (Bustamante y Romero, 1991; Montagnini, Prevetti, Thrupp, Beer, Borel, Bodowski, Espinosa, Heuveldop, Reiche, Russo, Salazar, Alfaro, Rojas, Berstch, Fernández, González, Alvim, Shaheduzzaman y Nichols, 1992).

En este sistema se desarrollan varios estratos vegetativos verticales: uno constituido por las leguminosas herbáceas y las gramíneas que crecen más próximas al suelo, otro por los rebrotes como producto de la poda, y un tercer estrato aéreo formado por la copa de los árboles, que además de brindar sombra representa una reserva de follaje, la cual puede ser utilizada mediante la poda escalonada en los meses de sequía, cuando ocurre la mayor escasez de alimento para el ganado (Simón, 1998).

La producción total de biomasa comestible en estos sistemas es usualmente mayor que la encontrada en pastos solos, debido a un mejor aprovechamiento del espacio vital, tanto aéreo como subterráneo, que supone una mayor captación de nutrientes y energía (Budowski, 1981).

Hernández, Alfonso y Duquesne (1986) observaron que las gramíneas asociadas a la leucaena presentaron porcentajes de proteína bruta mayores que los de las gramíneas puras, lo que indica que los árboles fijaron el nitrógeno al suelo y lo transfirieron, en alguna medida, a las gramíneas acompañantes. Estas características de la asociación le dan ventajas sobre los sistemas de banco de proteína, los cuales no pueden emplearse como aportadores y mejoradores de los suelos, ya que sólo del 20 al 30% del área total se dedica al banco (Jordán, 1992).

1.1.2.3 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 y leña, frutales, palmáceas, etc. Su objetivo principal es obtener algunos de los productos antes mencionados, disminuir los costos de control de malezas y reducir los riesgos de incendio, y el secundario es generar ingresos por la actividad ganadera (Bustamante y Romero, 1991).

En Cuba, Simón, Iglesias, Cáceres y Duquesne (1994) demostraron que los equinos pueden controlar el enyerbamiento en las áreas de cítricos, principalmente de las especies *Panicum maximum* e *Hyparrhenia rufa*, y mantener el césped rebajado sin afectar la cosecha de naranjas. La utilización de este sistema permitió un beneficio económico de 208,66 pesos por hectárea por concepto de ahorro de salario de chapea y combustible. También se alcanzaron altas tasas de reproducción al emplear una carga de una yegua con su cría por hectárea.

1.1.2.4 Cercas vivas

Es una modalidad de los sistemas silvopastoriles que se basa en la plantación de arbustos y árboles, en línea, en los linderos de las fincas, fundamentalmente de postes de plantas con capacidad de rebrote a partir de tallos o ramas, cuyo objetivo principal es impedir el paso de los animales o las personas, así como marcar límites de las propiedades. Se utiliza, a su vez, para sombra de los animales, su follaje como alimento animal, en la producción de leña y frutos y sus ramas sirven para construir nuevas cercas vivas (Hernández y Simón, 1993).

Budowski (1990) incluye también el servicio de cortina rompevientos, fundamentalmente en zonas con épocas de fuertes vientos.

Las especies más populares para el establecimiento de cercos vivos en Centroamérica son: *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba*, *Spondias purpurea*, *Guazuma ulmifolia* y *Erythrina berteroana* (Iglesias, 1996).

Por su parte, Hernández, Pino, Hernández y Simón (1994) informaron que *G. sepium* es la especie de mayor interés forrajero en la provincia de Matanzas, Cuba, la cual puede aportar 2,5 t de materia seca por kilómetro de cerca como promedio anual, con un contenido de proteína bruta de 24 % y una digestibilidad *in vitro* de la materia seca de 57,6 %.

1.1.3. Las leguminosas arbóreas para la producción de leche

Las leguminosas arbóreas, gracias a su versatilidad y naturaleza multipropósito, han desempeñado durante muchos años un papel preponderante en los sistemas agroforestales y silvopastoriles del trópico y algunas regiones templadas (Pezo, 1994; Pezo e Ibrahim, 1998).

El uso más común de los árboles leguminosos en la ganadería tropical es la producción de forraje, sobre todo en los períodos de escasez de alimento. En general, el follaje de los árboles leguminosos forrajeros posee concentraciones altas de proteína cruda, energía y minerales, así como una alta digestibilidad; la concentración proteica es el atributo nutricional más importante (Escobar, Romero y Ojeda, 1998).

En la actualidad se conocen varios géneros, especies y variedades de arbóreas leguminosas de interés para la ganadería. Entre ellas se destacan: *G. sepium*, *Erythrina sp.*, *Albizia sp.*, *Bauhinia sp.*, *Acacia sp.*, *Cassia sp.*, *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium sp.* y *Prosopis sp.* (Reinoso, 2000). De todas ellas, la especie más utilizada y estudiada, en el trópico, ha sido la *L. leucocephala* (Aquiles, 1993; Gumén, Jiménez, Soto, Nahed, Ochoa y Grand, 1996; Hernández, Fuentes, Gutiérrez y Conrado, 1996).

L. leucocephala, por su calidad nutricional, fijación de nitrógeno, crecimiento, tolerancia a la sequía y adaptación al ramoneo, es la especie utilizada con mayor éxito en los sistemas silvopastoriles intensivos en las regiones tropicales y subtropicales (Shelton, 1996), al igual que en otros países de América como Cuba (Ruiz, Febles, Jordán y Castillo, 1996) y Venezuela (Clavero, 1998^b).

La leucaena representa un alimento completo de elevado valor en términos de proteína cruda, energía, digestibilidad y palatabilidad, al ser comparada con otros alimentos de alta calidad como la alfalfa y la soya (Clavero, 1998^b).

Las hojas de la leucaena también pueden proveer una fuente rica en carotenos, vitaminas y minerales. Por su parte, la energía bruta oscila entre 3,9 y 4,4 Kcal/kg de materia seca (Razz, Clavero, Ferrer, Rivero y Amaya, 1996; La O, Chongo, Ruiz, Torres y Scull, 1997).

La concentración proteica es la cualidad nutricional más importante de la leucaena; sus hojas pueden contener hasta 34 % de proteína cruda, la cual, debido al nivel apropiado de taninos (4-6 %), puede ser suficientemente protegida de la completa degradación ruminal sin afectar su digestión intestinal (Clavero, 1998^b). A ello se le une un perfil de aminoácidos similar al de la alfalfa y la harina de soya.

Algunos resultados de experimentos en América Latina (Mascory, Randel y Riquelme, 1992; Clavero, 1993; Pezo, 1994; Clavero, Obando y van Praag, 1995; Soler, Chacón, Arriojas, Valles y Rodríguez, 1996; Dávila y Urbano, 1996; Fernández, Chávez y Virguez, 1997; Ojeda y Escobar, 1997) corroboran la importancia de *L. leucocephala* y otras leguminosas en los sistemas de producción de leche, ya que se reportan rendimientos individuales entre 8,5 y 12,2 kg/vaca/día, lo que significa un incremento de alrededor del 9 % en comparación con los sistemas donde no se emplea ningún tipo de suplemento.

Los incrementos en la producción de leche en los sistemas que emplean las leguminosas arbóreas, en particular *L. leucocephala*, se deben no solamente a su alto valor nutritivo, sino también al incremento de la calidad nutritiva de los pastos asociados con esta leguminosa en relación con aquellos pastizales donde no se incluye el componente arbóreo, aun cuando se utilice la fertilización nitrogenada (Simón, Iglesias, Hernández, Hernández y Duquesne, 1990).

Además, los taninos en concentraciones moderadas, que escapan en buena medida de la fermentación ruminal (Ojeda, 1996), contribuyen a evitar pérdidas de nitrógeno por degradación en el rumen, al formar complejos con las proteínas provenientes de otros alimentos presentes en la dieta, lo cual permite su paso directo al intestino delgado donde son mejor aprovechados (Valerio, 1994; Lascano, Maas y Kéller-Grein, 1995).

También algunos autores plantean que la adición de leucaena como suplemento a pastos de baja calidad y los residuos de cosecha, incrementa el consumo y mejora la digestibilidad total de la dieta (Norton, 1994 y Humphreys, 1995). Unido a esto, posibilita un incremento de la eficiencia en la fermentación ruminal, con un mayor flujo y un mejor balance de nutrientes absorbidos en el tracto posterior (Lascano, 1996).

1.1.3.1. Producción de leche en bancos de proteína de *L. leucocephala*

Dentro de los sistemas silvopastoriles, los bancos de proteína constituyen uno de los sistemas mas comúnmente usados en el mundo para la producción ganadera, tanto de leche como de carne.

Los árboles leguminosos son frecuentemente plantados para ser usados como forraje, tanto en sistemas extensivos de pastoreo como en asociación con otros cultivos. En muchas de las áreas agrícolas más intensivas de Asia y África, donde la ganadería se basa en la posesión de pocos animales por pequeños propietarios, los árboles leguminosos son sembrados como bancos de proteína en tierras en desuso. Estas áreas son cosechadas bajo sistemas de "corte y acarreo" y son la principal fuente de proteína de alta calidad usada para suplementar los forrajes de baja calidad, como los residuos de cosecha (Gutteridge y Shelton, 1994).

La importancia de los bancos de proteína radica en que contribuyen a mejorar la productividad bovina y a intensificar los sistemas de producción, utilizando menos área para el mantenimiento del ganado, mediante el suministro de forraje abundante y de buena calidad (Cipagauta, 2000).

Los primeros resultados experimentales que se conocen al utilizar bancos de proteína de leucaena (*L. leucocephala*) para la producción de ganado lechero, provienen de las Islas Hawaii, donde se trabajó en esta línea hace alrededor de 50 años. Posteriormente, se iniciaron trabajos en el nordeste de Australia y más recientemente en América Tropical y las áreas del Caribe (Funes y Jordán, 1987).

En uno de estos trabajos llevados a cabo en Hawaii (Henke, Morita, Otagaki y Nordfelt, 1950) se obtuvo un aumento de 15 % en la producción de leche, mediante el ramoneo de la leucaena, en vacas que pastaban gramíneas, al compararse el tratamiento de la leguminosa con el de la gramínea sola.

En Cuba, los primeros trabajos realizados con el empleo de bancos de proteína de arbóreas para la producción de leche datan de principios de la década de los 80, cuando en la Subestación de La Habana del Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, en el período seco de 1981-1982, se obtuvo una producción media de 11,7 kg/vaca/día, empleando un banco de proteína que ocupaba el 25 % del área con leucaena (*L. leucocephala* cv. Ipil-Ipil) y el resto con guinea (*P. maximum* cv. Likoni) (García, 1982). La leucaena se sometió a ramoneo durante 4 horas en días alternos sin emplear riego, fertilización ni concentrados. Los animales empleados eran de la raza Holstein, con una carga de 2 vacas/ha.

En otro trabajo que se realizó en la subestación de pastos de la provincia Granma, utilizando vacas lecheras de bajo potencial a razón de 2 animales/ha, se compararon guinea Likoni sola con adición de fertilizante nitrogenado (150 kg/ha/año) y guinea Likoni (75 %) + leucaena (25 %). Se obtuvo 6,4 y 6,6 kg/vaca/día para el monocultivo de gramíneas y el banco de proteína, respectivamente, y no existieron diferencias significativas entre ambos tratamientos (Senra, Ruiz, Díaz y Díaz, 1982).

A su vez, en la Empresa Pecuaria Managuaco, en un sistema con banco de proteína de *L. leucocephala* asociada con gramíneas en el 30 % del área y *P. maximum* como pasto base, se obtuvo una producción promedio de 9,5 kg/vaca/día, siendo esta superior en 2 y 5 kg a la de la brigada y empresa respectivamente (Martínez, Hernández, Hernández, Palmero y Bécquer, 1992). En un trabajo realizado por Milera, Iglesias, Remy y Cabrera (1994), se comparó el comportamiento de dos sistemas de producción: uno basado en la utilización de un área con *P. maximum* cv. Likoni, que tenía un 20 % dedicado a un banco de proteína con *L. leucocephala* cv. Perú, y el otro que consistió en un control con la gramínea solamente. Ambos sistemas fueron fertilizados en el área de la gramínea con 120 kg de N/ha/año y la leguminosa en el banco de proteína recibió 45 kg de P y K/ha. Estos autores encontraron que la producción de leche fue significativamente superior ($P<0,01$) en el tratamiento con banco de proteína (10,1 vs 9,6 kg/vaca/día).

Los estudios en condiciones de investigación en Cuba han demostrado que la utilización del banco de proteína de *L. leucocephala* con leguminosas volubles (*Neonotonia wightii*) y pastos mejorados, permite una mayor producción de leche que cuando los animales disponen de gramíneas como única fuente de alimento voluminoso (Suárez, Rubio, Franco, Vera, Pizarro y Amezcuita, 1987; Iglesias, Pereira y Fernández, 1991). En este sentido, se ha informado que la producción se incrementa entre 7 y 33 % cuando se emplea la leucaena en la dieta de los animales (Jones, 1994).

En estudios posteriores, en condiciones de producción, Lamela, Valdés y Fung (1996) alcanzaron producciones de 5,7 y 6,6 kg/vaca/día en dos vaquerías que contaron con pastizales de *Cynodon dactylon* (estrella) y *P. maximum* (guinea), respectivamente, y bancos de proteína de leucaena, sin la aplicación de riego ni fertilizantes químicos.

Según Ruiz et al. (1996), en los sistemas con banco de proteína de leucaena en el 30 % del área, la producción que se puede obtener en condiciones de secano y sin concentrado es de alrededor de los 10,5 kg de leche/vaca/día, por lo que es necesario suplementar con concentrados cuando el potencial lechero del animal sobrepasa los 3 200 kg de leche/lactancia de 305 días. La carga debe variar entre 3 y 3,5 vacas/día, siempre que el área de la gramínea tenga riego y fertilización a razón de 250 kg de N/ha/año. Sin embargo, cuando la gramínea no se riega, es necesario que los animales reciban un alimento voluminoso, así como reducir la carga a un rango entre 2,8 y 3 vacas/ha/año.

Por su parte Lamela, Matías y Gómez (1999) realizaron un trabajo con banco de proteína, también en condiciones comerciales de producción. El sistema estaba compuesto por *L. leucocephala* y *N. wightii* en el 25 % del área y guinea (*P. maximum* cv. Likoni) como pasto base, fertilizado a razón de 70 kg de N/ha/año en el período lluvioso y sin riego en la época de seca. Las vacas fueron suplementadas durante la lactancia con 1 kg de concentrado/vaca/día y en el período poco lluvioso se suministró forraje de caña troceada. La producción de leche fue de 9,0 y 9,3 kg/vaca/día para el primer y segundo año, respectivamente, y hubo entre 6 y 9 % de vacas vacías. En Colombia, Suárez et al. (1987) obtuvieron producciones de 7-8 kg/vaca/día, cuando las vacas tuvieron acceso a un banco de proteína de leucaena en áreas de pangola/paspalum. Estas producciones fueron superiores en un 22 % a las de las vacas que pastaron solo en las gramíneas.

Las respuestas en la producción de leche dependen, en gran medida, del potencial productivo de las vacas y de los sistemas de explotación que se emplean para este fin. Así, en un estudio realizado por García-López, Jordán, Elías y Hernández (1990), se compararon tres sistemas básicos de alimentación: A) banco de proteína (leucaena) + guinea likoni + suplemento a base de concentrado con saccharina; B) banco de proteína (leucaena) + guinea likoni + suplemento con concentrado comercial; y C) pasto estrella fertilizado con 300 kg de N/ha/año + suplemento con concentrado comercial durante un año; la producción promedio de leche en los dos sistemas con banco de proteína fue de 13,8 y 13,9 kg/vaca/día.

Sin embargo, Sánchez y Chamorro (2000), al comparar dos sistemas, uno con banco de proteína de leucaena en el 30 % del área y *Bothriochloa pertusa* como pasto base y el otro sistema con la gramínea solamente, encontraron en vacas de doble propósito una producción promedio de 5,8 y 4,7 kg/vaca/día, con ganancias de peso de 193 y 60 g/animal/día, respectivamente.

Es de notar, en este caso, que debido al bajo potencial genético de las vacas para producir leche, el mejoramiento en la calidad de la oferta se manifiesta marcadamente en mayores ganancias de peso y no en el incremento de la producción de leche.

1.1.3.2. Asociación de leucaena con pastos mejorados para la producción de leche

La incorporación de leguminosas forrajeras en los sistemas de producción lechera ha tomado una gran relevancia en el momento actual, ya que es de importancia vital disminuir los costos de producción, reducir la dependencia de insumos externos y controlar la contaminación del manto freático con nitratos, así como mejorar las propiedades físicas, biológicas y de fertilidad del suelo (Pezo, 1997).

El uso de las leguminosas arbóreas y herbáceas en el sistema de banco de proteína está limitado al 20-25 % del área total de pastoreo; por lo tanto, los beneficios que estas plantas puedan aportar en cuanto a servir de sombra para los animales, controlar la erosión del suelo y contribuir al reciclaje de nutrientes, estarán circunscriptos solamente al área que ocupan, por lo que el resto del área queda despojada de dichos beneficios; mientras que en las asociaciones las leguminosas arbóreas y herbáceas, sembradas por diferentes métodos, cubren toda el área de pastoreo y benefician a toda la pradera (Iglesias, 1998^a).

Como en los bancos de proteína, también en el caso de las asociaciones de leguminosas arbóreas, fundamentalmente leucaena con gramíneas, los primeros trabajos fueron desarrollados en Hawaii. Por ejemplo, en una asociación de leucaena con guinea (*P. maximum*), explotada por un período de 12 años con vacas Holstein-Friesian en pastoreo, que recibieron además

suplementación con concentrado, Plucknett (1970) concluyó que los animales promediaron anualmente una alta producción de leche, a razón de 9 770 kg/ha/año. La leucaena soportó bien la carga alta y no se produjeron problemas tóxicos ni reproductivos en las vacas.

Por otra parte, en Queensland, Australia, las vacas Jersey que no recibieron suplemento y pastaron en una asociación de leucaena con guinea (*P. maximum* var *Trichoglume* cv Petrie) con una carga de 4,3 animales/ha, alcanzaron un rendimiento de 6 290 kg/ha/año (Stobbs, 1972).

También en el estado de Guerrero, México, se llevó a cabo un experimento, en el cual las vacas Jersey recibieron leucaena y *Centrosema pubescens* asociadas en el campo, y suplemento de 2 kg diarios de melaza. El promedio de producción de leche obtenido fue de 10,9 kg/vaca/día (Fira, 1978).

Una posible explicación a la respuesta de esta leguminosa en la producción láctea se ofrece en el trabajo de Flores, Stobbs y Minson (1979), realizado en Australia. Estos autores mejoraron significativamente la producción lechera al suministrar 2 kg de leucaena/día a las vacas que pastaban hierba rodes (*Chloris gayana*) altamente fertilizada. Este efecto equivalía al suministro de 250 g/vaca/día de proteína protegida con formaldehído. El aumento en leche que se produjo, a pesar del alto contenido proteico de la gramínea (18 %), se atribuyó a que la leucaena sufrió muy poca degradación en el rumen y pasó prácticamente intacta al intestino.

Lo anterior puede deberse a la acción protectora de los taninos sobre la rápida degradación de la proteína en el rumen, que le permitió pasar al duodeno donde se utiliza más eficientemente (Jones, 1979).

Los niveles de taninos entre 4 y 6 % encontrados en *L. leucocephala* pueden ser suficientes para prevenir la excesiva degradación de la proteína en el rumen, sin que se produzca una sobreprotección que impida su digestión en el intestino (Shelton y Jones, 1994; Clavero, 1998^b).

Inicialmente, en Cuba, los primeros trabajos desarrollados en sistemas con multiasociación en toda el área fueron utilizados para la producción de carne; mientras que los sistemas para la producción de leche comenzaron mucho más tarde, a mediados de la década pasada.

En cuanto a la producción de leche, Hernández, Reyes, Carballo y Mendoza (1995) desarrollaron una asociación múltiple con *L. leucocephala* cv. Cunningham, *Stylosanthes guianensis* cv. CIAT-184, *N. wightii* cv. Tinaroo, *Teramnus labialis* cv. Semilla Clara, *C. pubescens* cv. SIH-129, *P. maximum* cv. SIH-127 y *C. gayana* cv. Callide, con lo que se obtuvieron producciones que variaron entre 8,1 y 8,9 kg/vaca/día. En este aspecto, los autores estimaron que no se alcanzaron los potenciales productivos debido a las limitaciones en el potencial genético de las vacas utilizadas, teniendo en cuenta que en sistemas de este tipo se pueden esperar producciones de 11 kg/vaca/día sobre la base del alimento aportado por la multiasociación.

A su vez Reinoso (2000), en un trabajo desarrollado en la provincia La Habana con vacas Siboney de varias lactancias, comparó cuatro agroecosistemas: los sistemas I y III estaban constituidos por una asociación de leucaena con pastos cultivados y sobre suelos de buena fertilidad, el sistema II era también una asociación de leucaena pero con pastos naturales y en suelo de pobre fertilidad, y el sistema IV fue un monocultivo de pastos mejorados sobre suelo fértil. Además, se debe destacar que los animales tuvieron un consumo de concentrado comercial a razón de 0, 1, 2 y 3 kg para los agroecosistemas del I al IV, respectivamente. Los mejores promedios de producción diarios por lactancia se encontraron en los sistemas I y III (7,09 y 7,99 kg); mientras que los peores rendimientos se hallaron en los sistemas II y IV (5,17 y 6,16 kg; respectivamente).

Como se puede apreciar, los mejores resultados aparecen en los sistemas I y III, de lo cual se infiere que los agroecosistemas silvopastoriles establecidos sobre suelos de mejor fertilidad, pastos cultivados y con cierto nivel de suplementación con concentrados, pueden propiciar mejores rendimientos en producción de leche que aquellos agroecosistemas arborizados sobre suelos de pobre fertilidad y pastos naturales (II) o no arborizados, aún cuando este se haya establecido sobre suelo fértil, pastos cultivados y posea además un nivel aceptable de suplementación con concentrados (IV) (Reinoso, 2000).

Por su parte Lamela, Sánchez, López, Sánchez y Díaz (2001), en un estudio realizado con vacas Mambí de primera lactancia, en un sistema silvopastoril con asociación en toda el área de *L. leucocephala* cv. Cunningham como leguminosa arbórea y *Cynodon nlemfuensis* cv. Jamaicano y *P. maximum* cv. Likoni como pastos mejorados, obtuvieron una producción promedio de 8,8 y 7,9 kg de leche/vaca/día para el primer y segundo año, respectivamente, mientras que la producción por hectárea fue de 3 366 vs 3 865 kg/ha/año.

En este caso es de notar que aunque la producción promedio diaria del primer año (8,8 kg/vaca/día) fue superior a la del segundo (7,9 kg/vaca/día), la producción por hectárea del segundo año (3 865 kg/ha/año) fue superior a la del primero (3 366 kg/ha/año), debido al incremento de la carga del sistema de 1,3 a 1,6 vacas/ha.

1.1.4. Comportamiento reproductivo de las vacas en sistemas silvopastoriles

La producción animal en la mayor parte de las zonas de América Latina se ha basado en la adopción incompleta de modelos desarrollados en climas templados (Simón, 1998; Sánchez, 1999). Uno de los problemas más acuciantes que enfrentan estos ecosistemas lo constituye la dificultad para proveer, de manera sostenida, los nutrientes requeridos para asegurar la manifestación del potencial productivo y reproductivo de los animales (Clavero, 1996).

Entre los factores más importantes que se deben considerar antes de aplicar un programa reproductivo se encuentra su capacidad de aportar forraje en cantidad y calidad adecuadas (Garmendía, 1998). Por su parte, los sistemas con árboles permiten disponer de una abundante cantidad de pastos y forrajes de alta calidad durante todo el año (Simón y Cruz, 1998).

El estudio acerca de la eficiencia reproductiva de los animales en sistemas que involucran el uso de los árboles, tanto en Cuba como en otras partes del mundo, ha sido muy limitado.

En Cuba, los primeros trabajos de este tipo se desarrollaron en novillas de reemplazo en las que se compararon dos sistemas: a) asociación de *P. maximum* cv Likoni con *L. leucocephala* y leguminosas herbáceas, y b) banco de proteína, constituido por la leucaena y las leguminosas herbáceas señaladas anteriormente que ocuparon el 25 % del área, asociadas con la likoni, mientras que el 75 % restante estaba ocupado solamente por esta gramínea. En ninguno de los dos sistemas se utilizó riego ni fertilización. En el primer sistema los animales se incorporaron a la reproducción con 310 kg de peso y 27,4 meses de edad, mientras que para el banco de proteína el peso de incorporación fue de 292 kg y la edad de 26,5 meses (Iglesias, Simón, Docazal, Aguilar y Duquesne, 1994).

Los trabajos posteriores de Simón, Hernández y Duquesne (1994) e Iglesias (1996), el primero en asociaciones de pastos naturales con algarrobo de olor (*Albizia lebbbeck*) y el segundo usando asociaciones de guinea likoni con leucaena, demostraron que con esta forma de silvopastoreo se pueden obtener ganancias moderadas en la cría de hembras de reemplazo, las cuales oscilan entre los 415 y 510 g/animal/día. Estas ganancias permiten pesos de incorporación a la reproducción de 285-310 kg con edades que varían entre 20-27 meses, sin el uso de insumos externos, tales como alimentos concentrados o el empleo de fertilizantes (Iglesias, 1998^a).

En la tabla 1.1 se pueden observar los principales resultados del trabajo realizado por Reinoso (2000) en cuatro agroecosistemas de la provincia La Habana en donde se explota la raza Siboney de Cuba y a la vez en los tres primeros está implantado el silvopastoreo con asociación en toda el área.

Tabla 1.1. Comportamiento de los indicadores reproductivos de vacas Siboney de Cuba en cuatro agroecosistemas de la provincia La Habana (tomado de Reinoso, 2000).

Indicadores	Agroecosistemas			
	I	II	III	IV
IPS	111	164	103	134
IPG	172,8	232,8	147,3	229,5
IPP	454	513	427	509
S/G	2,12	2,7	1,92	3.2

Leyenda:

I y III- Sistema silvopastoril multiasociado, con pastos cultivados y sobre suelo de buena fertilidad.

II- Sistema silvopastoril multiasociado, con pastos naturales y suelo de pobre fertilidad.

IV- Sistema no arborizado, con pastos cultivados y establecido sobre suelo fértil.

Nota: En los tres primeros sistemas se ofrece cierto nivel de suplementación con concentrados y en el cuarto sistema se brinda una suplementación aceptable.

Al analizar los valores de los cuatro indicadores se puede apreciar que los mejores resultados aparecen en los sistemas I y III, o sea, de forma similar a como se comportó en cuanto a producción de leche, lo que induce a pensar que los sistemas silvopastoriles con asociación de leucaena y pastos mejorados no solamente permiten una mayor producción de leche, sino que también le brindan mejores condiciones al animal para la expresión de su potencial reproductivo.

1.2. Eficiencia reproductiva del rebaño

El diagnóstico de la eficiencia reproductiva del rebaño es una de las más importantes acciones, y la primera, que deben llevar a cabo los profesionales para identificar los problemas en el campo de la reproducción animal. A partir de esta base diagnóstica pueden tomar decisiones y aplicar medidas correctivas para solucionar los problemas identificados. Asimismo pueden pronosticar, sobre bases científicas, el futuro desempeño reproductivo y productivo de la explotación ganadera objeto de estudio (Fredriksson, Kindahl, Alemus, Carlsson, Cort, Edquist y Uggla, 1990).

El comportamiento reproductivo puede evaluarse a través de indicadores para los cuales se han desarrollado fórmulas que permiten caracterizar cada uno de los componentes involucrados en el proceso; cualquiera que sea, exige registros confiables de información.

Estos indicadores, que se usan para medir la eficiencia reproductiva del hato lechero, se basan en constantes fisiológicas como duración de la preñez, tiempo de ovulación, comienzo de la actividad sexual, intervalo entre celos, etc., casi todos sujetos a variaciones por causas infecciosas, nutricionales y de manejo, atribuibles al hombre o al medio ambiente.

Es necesario destacar que los resultados de las fórmulas para medir los parámetros reproductivos son simplemente cifras, que por sí solas carecen de significado, y que deben ser comparadas con niveles óptimos, ya sea fisiológicos o para la zona o región donde se encuentre la finca.

El mantenimiento de una alta eficiencia reproductiva en el manejo del hato lechero es crítico para alcanzar su rentabilidad en el corto y mediano plazo. Esto se manifiesta cuando se comprueba que una buena eficiencia reproductiva permite incrementar la producción de leche por día de vida del hato y aumentar el número de terneros por vaca. Asimismo, se logra disminuir los costos asociados al mantenimiento de vacas secas, las pérdidas de producción debidas a problemas de parto, las consultas veterinarias, los costos de inseminación y el descarte de vacas por fallas reproductivas. Por último, incrementa la tasa de ganancia genética al permitir descartar vacas por baja producción en vez de hacerlo por problemas reproductivos (Wattiaux, 1998).

1.2.1. Indicadores más comunes de eficiencia reproductiva y sus valores óptimos

Los índices reproductivos utilizados en la producción lechera son indicadores asociados a la reproducción y definidos para ser empleados en el análisis de los resultados técnicos de las explotaciones lecheras, obtenidos de distintas informaciones reproductivas del rebaño (partos, cubriciones, celos, etc.), que se utilizan para evaluar y conocer la realidad y eficiencia reproductiva de la explotación; estos índices facilitan información objetiva que ayuda a la optimización económica de las explotaciones, y pueden dar la clave de posibles causas y orígenes de una ineficiencia reproductiva. Los índices reproductivos evolucionan continuamente con el tiempo, las características de la explotación (tamaño, nivel productivo), la localización geográfica, la época del año, etc. (Dohoo, Martín, Meek y Sandals, 1983).

El conocimiento de los indicadores reproductivos, su análisis, síntesis, interpretación, evaluación y la toma de decisiones, a partir de los resultados, son acciones que tienen cada día mayor importancia en el destino de las explotaciones lecheras, debido a la gran correlación existente entre los índices reproductivos y los resultados económicos finales de la explotación (Fredriksson et al., 1990).

Tabla 1.2. Índices reproductivos más comunes y sus valores óptimos bajo condiciones ideales (Wattiaux, 1996).

Índice reproductivo	Valor óptimo	Valor con problema
Intervalo entre partos	12,5-13 meses	>14 meses
Promedio de días al primer celo observado	<40 días	>60 días
Vacas observadas en celo durante los primeros 60 días posparto	>90%	<90%
Intervalo parto-primer servicio	45-60 días	>60 días
Servicios por concepción	<1,7	>2,5
Índice de concepción al 1er. servicio en novillas	65-70%	<60%
Índice de concepción al 1er. servicio en vacas	50-60%	<40%
Vacas que conciben con menos de 3 servicios	>90%	<90%
Vacas con intervalo interestral de 18 a 24 días	>85%	<85%
Días abiertos o período parto-concepción	85-110 días	>140 días
Vacas vacías o abiertas por más de 120 días	<10%	>15%
Duración del período seco	50-60 días	<45 o >70 días
Promedio de edad al primer parto	24 meses	<24 o >30 meses
Porcentaje de abortos	<5%	>10%
Porcentaje de eliminación por infertilidad	<10%	>10%

Además de estos existen otros índices reproductivos que pueden ser medidos en el rebaño, como los que se presentan en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Otros índices reproductivos usados para medir la eficiencia reproductiva del rebaño (Fetrow, Stewart y Eicker, 1997).

Índice reproductivo	Valor óptimo
Porcentaje de detección de celos (%)	50-70
Porcentaje de gestación de todos los servicios (%)	45-55
Edad al primer servicio o cubrición (meses)	13-15
Índice de eliminación por lactancia (%)	<8
Lactancias en la vida útil (n)	>3
Eficiencia reproductiva (%)	46
Porcentaje de reinicio de cubriciones (%)	80

A su vez, Gallego (1998) sugiere el uso de otros índices reproductivos tales como: producción de leche por día de intervalo entre partos, índice de fertilidad, porcentaje de eliminación de vacas por problemas reproductivos e índice de no retorno.

A pesar de que en este acápite se haya tratado de hacer un amplio resumen de los indicadores más usados en el mundo, no quiere esto decir que se presentaran en su totalidad, ni que todos deban tampoco ser usados a la hora de hacer la evaluación de la eficiencia reproductiva de un rebaño, pues es necesario tener en cuenta que a veces la existencia de una gran cantidad de indicadores para medir la eficiencia de determinado proceso impide que se centre la atención sobre aquellos verdaderamente importantes. De ahí que pueden existir varios; no obstante, se proponen solo tres, afirmándose que proporcionan una buena idea de la eficiencia reproductiva global del rebaño (Blanco, 2000).

Tabla 1.4. Medidas que darán una buena idea de la eficiencia reproductiva global (Berry, 1997).

Medida	Valor excelente
Lactancia promedio del rebaño o promedio de días en leche	160
Porcentaje de vacas en lactancia diagnosticadas gestadas	55-60
Promedio de días abiertos de las vacas preñadas	110

Sin embargo, es evidente que existen determinados indicadores que necesariamente deben ser los más utilizados en la valoración de la eficiencia reproductiva del rebaño, ya que son los más eficaces y de menor complejidad para su obtención o cálculo, a la vez que se han validado científicamente en el diagnóstico reproductivo de los rebaños. Entre estos indicadores más usados se encuentran: el intervalo parto-parto (IPP), el intervalo parto-primer servicio (IPS), el intervalo parto-gestación (IPG) o período de servicio, los servicios por gestación o índice de inseminación artificial y el porcentaje de gestación al primer servicio (Blanco, 2000).

1.2.2. Principales factores que afectan la eficiencia reproductiva del rebaño

La vaca productora de leche es el organismo más eficiente en la producción de nutrientes para el hombre. Es además, entre los rumiantes, el que muestra mayor tasa de síntesis de producto y sobre el cual existe una marcada presión de selección para aumentar su potencial de producción (Bloxham, 1980). Esto ha conducido a desarrollar un animal altamente susceptible a las influencias ambientales, nutricionales, infecciosas, etc., que pueden alterar su actividad reproductiva (Gallego, 1998).

1.2.2.1. Alimentación

Según Vecchiotti (citado por Cappa, 1993), la alimentación puede ser una causa de hipofertilidad en un 48 %, aproximadamente, de los bovinos con problemas en el área reproductiva. Las causas son consideradas de naturaleza infecciosa en un 29 %, hereditarias en un 12 % y de manejo en un 11 %.

De lo antes expresado se evidencia la necesidad de alimentar y saber alimentar bien, sobre bases técnicas, a las hembras lecheras. Para ello, con independencia del sistema de alimentación adoptado, hay que cubrir las necesidades de nutrientes para todas y cada una de las categorías productivas; ello solo se logra con un correcto balance alimentario, en estrecha asociación con el estado metabólico y el monitoreo de la condición corporal (Canfield, Sniffen y Butler, 1990; Álvarez, 1999).

El balance alimentario es un análisis del estado productivo según el plano nutricional del rebaño, con el objetivo de conocer rápidamente cuáles son los factores que afectan la producción de leche y el desempeño reproductivo de los animales en un momento determinado. Además, permite corregir las deficiencias o excesos de nutrientes que presenta la dieta ofertada (Lamela, 1998).

Los balances nutricionales negativos son la causa de la mayoría de las enfermedades de la producción, si bien es normal cierto grado de deficiencia en determinados períodos productivos, especialmente al inicio de la lactancia; la línea entre normalidad y enfermedad es fácilmente cruzada (Álvarez, 2001).

La alimentación es, por tanto, el primer factor que debe tenerse en cuenta para mejorar el comportamiento reproductivo de los rebaños en sentido general (Ferguson, 1996). De ahí la necesidad de hacer un análisis detallado de la relación entre nutrición y fertilidad en los rebaños bovinos, fundamentalmente de energía y proteína, que constituyen los dos nutrientes más importantes en la nutrición animal.

1.2.2.1.1. Energía y fertilidad

Los requerimientos nutricionales cambian abruptamente en el parto con el rápido aumento de la producción de leche y la entrada de las vacas en balance energético negativo (BEN). La severidad y duración del BEN está primariamente relacionada con el consumo de MS, el cual a su vez está asociado con la CC en el momento del parto. El BEN durante las primeras 3-4 semanas posparto está altamente correlacionado con los días a la primera ovulación. Así, un pequeño retraso en la primera ovulación está positivamente asociado con un incremento del PS. Es por esto que la duración del intervalo entre el parto y la primera ovulación representa una importante interacción de la condición energética del animal en su comportamiento reproductivo (Butler, 2000^b).

En las vacas lecheras el rápido incremento en los requerimientos de energía al inicio de la lactación resulta en un BEN que comienza unos pocos días antes del parto y usualmente alcanza su nivel más negativo (nadir) alrededor de dos semanas después (Butler y Smith, 1989; Bell,

1995). El momento del BEN-nadir ha sido implicado en el momento a la primera ovulación (Beam y Butler, 1999; Butler, 2000^a) que ocurre alrededor de 30 días después del parto (en un rango de 17 a 42 días) (Staples, Thatcher y Clark, 1990).

A través de diferentes estudios se ha determinado que la magnitud del BEN, durante las tres primeras semanas de lactación, está altamente correlacionado con el intervalo desde el parto hasta la primera ovulación (Saloniemi, 1993; Butler, 2000^b). De acuerdo con Butler y Smith (1989), la primera ovulación ocurre aproximadamente 10 días después del máximo balance energético negativo (BEN-nadir) y cerca del pico de lactación. En el momento de la ovulación el balance energético es aún negativo, pero está retornando hacia el balance.

En estudios con vacas controladas individualmente durante 12 semanas después del parto, con un balance energético negativo (BEN) o positivo (BEP) y una correspondiente diferencia en la producción de leche, han demostrado un comportamiento reproductivo también diferente. En el primer ciclo estral han ovulado sólo el 16,7 % de las vacas BEN, frente al 60 % de las vacas en BEP. En el segundo ciclo estral, el dato de ovulación ha sido del 66,7 % frente al 80 %. Una correspondiente respuesta se ha tenido en el control de la progesterona hemática, con fuertes diferencias entre las vacas en BEN y en BEP en el primer ciclo estral y menos evidentes en el segundo ciclo (Cappa, 1993).

El comportamiento diverso en la actividad ovárica de las vacas, en el primer y segundo ciclo sexual, hay que atribuirlo a las mejores condiciones del organismo, debidas a un balance energético cada vez menos negativo al alejarse del parto y, por tanto, a una regular reanudación de la actividad reproductiva.

Es bien conocido que las vacas sobrecondicionadas al parto pueden exhibir una disminución del apetito y desarrollar más severo el BEN que las vacas de condición moderada. Como resultado, las vacas obesas sufren un incremento en la movilización de grasa corporal y acumulan más triglicéridos en el hígado, lo que se asocia con un mayor intervalo hasta la primera ovulación y una reducción de la fertilidad (Butler y Smith, 1989; Rukkwansuk, Wensing y Kruij, 1999).

A pesar del BEN existente, entre los 5 y 7 días después del parto se desarrolla una oleada de maduración folicular en respuesta a la elevación de las concentraciones plasmáticas de FSH. Sin embargo, se han descrito tres consecuencias del desarrollo folicular (Beam y Butler, 1997): 1) ovulación del primer folículo dominante (16-20 días posparto); 2) sin ovulación del primer folículo dominante seguido por retorno a una nueva oleada folicular; y 3) el folículo dominante no puede ovular y se convierte en un quiste. El desarrollo de un folículo dominante no ovulatorio o de un quiste folicular prolonga el intervalo entre el parto y la primera ovulación hasta 40 ó 50 días después del parto.

De acuerdo con esto, se conoce que los folículos que emergen después del BEN-nadir, más que los anteriores, exhiben un mayor crecimiento y diámetro, tienen una mayor producción de estradiol y presentan una mayor probabilidad para ovular (Beam y Butler, 1997). De ahí la necesidad de que las vacas logren lo antes posible el balance energético posparto.

La baja disponibilidad de energía durante el BEN no solamente suprime la secreción pulsátil de LH, sino que también reduce la respuesta del ovario a la estimulación con LH (Butler, 2000^a). Las concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina están disminuidas en vacas con BEN (Beam y Butler, 1999; Butler, 2000^a) y se conoce que la insulina estimula las células foliculares bovinas *in vitro* (Spicer, Alpizar y Echterkamp, 1993) e *in vivo* (Simpson, Chase, Spicer, Vernon, Hammond y Rae, 1994). En adición, los niveles plasmáticos de factor de crecimiento I parecido a insulina (IGF-I) están directamente relacionados con la condición de energía, además de que son indispensables para el desarrollo de los folículos ováricos (Beam y Butler, 1999).

Los efectos del detrimento del BEN o la desnutrición a principios de la lactación parecen manifestarse como fertilidad reducida durante el período reproductivo. En situaciones de rebaños lecheros normales no es posible la evaluación directa del BEN en vacas individuales, pero los cambios en la CC proporcionan una medida indirecta. Mientras mayor sea la pérdida de CC, menor será la tasa de concepción. Las vacas que pierden una unidad o más de CC (escala de 5 puntos) durante el principio de la lactación tienen un mayor riesgo de fertilidad reducida, con tasas de concepción del 17 al 38 % (Butler, 2000^b).

Recientemente se ha encontrado que existe una asociación positiva entre el comienzo temprano de los ciclos ovulatorios y el mejoramiento de la tasa de concepción a la primera inseminación (Butler, 2000^a). De ahí que minimizar el intervalo entre el parto y la primera ovulación, a través de la reducción de la magnitud del BEN, proporciona el tiempo suficiente para la terminación de

múltiples ciclos ováricos antes de la inseminación, lo que a su vez mejora la tasa de concepción (Butler y Smith, 1989).

En un estudio realizado por Reksen, Gröhn, Havrevoll, Bolstad, Waldmann y Ropstad (2001), donde se midió el efecto de diferentes niveles de concentrado en la dieta, la producción de leche y el balance energético (BE) en la actividad ovárica posparto, se encontraron valores positivos de BE y una menor producción de leche en las vacas con un rápido reinicio de la actividad ovárica, comparado con las vacas que tuvieron una respuesta retardada de los ovarios.

Las investigaciones realizadas han demostrado que las concentraciones de progesterona (P_4) en el plasma fueron menores en un 25 % en novillas alimentadas con una dieta rica en energía, comparado con aquellas alimentadas con una dieta pobre en energía, presumiblemente como resultado del aumento en la eliminación metabólica de esta hormona (Nolan, O'Callaghan, Duby, Lonergan y Boland, 1998). También en vacas lactantes el alto contenido de proteína en la dieta pudiera aumentar la tasa de eliminación metabólica de esta hormona (Westwood, Lean y Kellaway, 1998).

Durante el inicio de la actividad reproductiva después del parto, cualquier incremento en la eliminación de P_4 debido a un alto consumo de energía o proteína en la dieta pudiera combinarse con los efectos secundarios del BEN para resultar en menores concentraciones de P_4 en el plasma y reducir la fertilidad (Butler, 2000^b).

El mecanismo por el cual el BEN, a principios del período posparto, se manifiesta en una reducción en la producción de P_4 dos meses después, no ha sido establecido. Britt (1992) presentó la hipótesis de que los folículos ováricos sufren detrimento por la exposición al BEN durante las primeras etapas de su crecimiento y desarrollo y, por tanto, la ovulación de estos folículos afectados pudiera llevar a una secreción más baja de P_4 .

También la composición de la dieta desempeña un papel importante en el comportamiento reproductivo de los rebaños bovinos productores de leche. Así, en un trabajo realizado por McGowan, Veerkamp y Anderson (1996), donde se compararon dos líneas de ganado lechero, una línea de selección (novillas y vacas de alto potencial lechero) y otra control (novillas y vacas de mediano potencial lechero), se encontró que tanto la línea de selección como la control, alimentadas con una dieta alta en concentrados, tuvieron un intervalo interpartal significativamente mayor que aquellas alimentadas con dietas bajas en concentrados.

1.2.2.1.2. Proteína y fertilidad

La relación existente entre los constituyentes proteicos de la ración y los mecanismos fisiológicos de la reproducción son múltiples. Por ejemplo, las hormonas reguladoras hipotalámicas (GnRH) e hipofisarias (FSH y LH) son de origen proteico; de igual forma, los aminoácidos son esenciales para la supervivencia y transporte de los gametos, la nutrición del embrión y el desarrollo fetal (Cappa, 1993).

Las proteínas pueden tener influencia en la fertilidad de las vacas, por su presencia en la ración, por defecto o por exceso, pero también por un insuficiente aporte de energía (Cappa, 1993).

La deficiencia en el consumo de proteína en la ración puede influir en el rendimiento reproductivo mediante un alargamiento del intervalo entre el parto y el primer estro y también a través de la disminución del número de fecundaciones obtenidas (Cappa y Vazhapilly, 1991).

Las vacas con deficiencia de aminoácidos pueden tener un retardo en la primera ovulación y la primera inseminación, pero no presentan disminución en el rango de concepción (Ferguson y Chalupa, 1989).

La alta producción de leche en las vacas depende de los altos niveles de proteína y energía en la dieta. En dependencia de la cantidad y composición de la proteína, las concentraciones séricas de P_4 pueden ser disminuidas, el ambiente uterino alterado y la fertilidad menguada (Butler, 1998). Como el metabolismo y utilización de la proteína de la dieta depende de la disponibilidad de energía, los efectos de alimentar con dietas altas en proteína que se superponen a los efectos del BEN representan otra importante interacción de la nutrición en el comportamiento reproductivo en vacas lecheras (Butler, 2000^b).

Las dietas con alto contenido de PB (17 a 19 %) se ofertan típicamente durante el principio de la lactación para estimular y apoyar la alta producción de leche (Grings, Roffler y Deitelhoff, 1991); sin embargo, las dietas ricas en proteína se han asociado con la reducción del comportamiento reproductivo (Butler, 1998; Westwood et al., 1998). A partir de estudios anteriores, estos mismos

autores encontraron que la alimentación con dietas ricas en proteína no parece tener un gran impacto en el reinicio de la actividad ovárica en vacas posparto. En contraste, se han acumulado evidencias que sugieren que las concentraciones reducidas de P_4 en el plasma durante el principio del período de reproducción pudieran ser una consecuencia combinada de las altas demandas metabólicas, debido a un alto rendimiento lechero (BEN) y al alto consumo de proteína en la dieta.

La fertilidad no es conferida con el inicio de la ovulación; por tanto, la expresión del estro y la concepción mejoran con cada ciclo de celo hasta el tercer estro después del parto (Ferguson, 1996). De ahí que la fertilidad de las vacas en el primer intento de fecundación esté en relación con el número de ciclos ovulatorios regulares que la preceden (Cappa y Vazhapilly, 1991).

A pesar de los estudios realizados, muchos autores no han encontrado un efecto directo del incremento de proteína cruda (PC) en el intervalo desde el parto hasta el primer celo observado (Canfield et al., 1990). Carroll, Barton, Anderson y Smith (1988) observaron una falta de efecto similar, pero encontraron que las vacas con una dieta que contenía 20 % de PC tuvieron significativamente un período mayor ($P < 0,05$) desde el parto a la primera ovulación que las vacas con un 15 % de proteína en la dieta.

Más recientemente, Barton, Rosario, Anderson, Grindle y Carroll (1996) estudiaron el efecto del incremento de PC en la dieta de 13 a 20 % y encontraron que la dieta con mayor por ciento de PC tuvo mayor intervalo del parto a la primera ovulación, pero solamente en vacas con problemas de salud posparto, incluyendo quistes ováricos, retención placentaria, distocia y metritis.

De igual forma, se ha reportado un incremento en el intervalo entre el parto y la primera actividad luteal observada, en vacas que consumían dietas con alto nivel de proteína digestible en rumen (PDR) (García-Bojalil, Staples, Risco, Savio y Thatcher, 1998).

Los días a la primera inseminación, una medida reproductiva que es función del por ciento de retorno a una actividad estral normal después del parto, fue como promedio 9 días más prolongado en vacas que consumieron dietas con un alto por ciento de proteína no digestible en rumen (PNDR), que en aquellas que consumían dietas con una moderada proporción de este nutriente (McCormick, French, Brown, Cuomo, Chapa, Fernández, Beatty y Blount, 1999).

La reducción del por ciento de gestación al primer servicio es uno de los descubrimientos más comunes en los estudios del efecto de la proteína de la dieta en la fertilidad (Laven y Drew, 1999). En un estudio al respecto, Canfield et al. (1990) compararon el efecto de dos dietas isocalóricas, con diferente por ciento de PC, en el rango de concepción al primer servicio. La primera dieta contenía 16 % de PC y fue equivalente con los requerimientos para una efectiva proteína degradable en rumen (PDR) y proteína no degradable en rumen (PNDR); la segunda dieta contenía 20 % de PC y fue formulada para exceder solamente los requerimientos de PDR. El por ciento de gestación al primer servicio fue significativamente menor en las vacas, de todas las edades, con mayor nivel de PC en la dieta (31 % vs 48 %).

Por su parte Clark, Orr y Davison (1985), en un estudio donde compararon dos grupos de vacas, uno alimentado con una dieta de un 10 % de PC y otro en el que a esta misma dieta se le añadió harina de carne y huesos (una fuente de PNDR) hasta que alcanzó 16 % de PC, obtuvieron que el por ciento de gestación al primer servicio del grupo con baja proteína fue de 64,7 %, comparado con 33,3 % para el grupo con alto nivel de proteína. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los grupos debido a la baja cantidad de animales utilizada en el experimento.

De igual forma, Ferguson, Blanchard, Galligan, Hoshall y Chalupa (1988) investigaron las causas de disminución del por ciento de gestación al primer servicio en un rebaño con un intervalo interestro regular, buena detección de celo (70 %) y un IPS satisfactorio (75 días). Dos meses antes de la disminución en la fertilidad, la dieta había cambiado de forma tal que las vacas recibieron 94 % de sus requerimientos de energía, 115 % de los requerimientos de PC y 120 % de PDR. Una reformulación de la dieta para balancear los requerimientos de PC y energía fue seguida por un mejoramiento en el por ciento de gestación dentro de un mes (14,3 % en octubre a 46 % en noviembre), pero la diferencia no fue significativa debido al bajo número de animales. Sin embargo, los autores fueron capaces de demostrar que hubo una correlación positiva entre la concentración de urea en el plasma y el por ciento de gestación.

Elrod y Butler (1993) estudiaron el efecto de dietas que contenían 15,5 y 21,8 % de PC en la fertilidad de novillas Holstein sin inseminar. La dieta baja en proteína era equivalente con los requerimientos de PDR y PNDR, pero la dieta alta en proteína excedió sus requerimientos de PDR en 50 % por la incorporación de urea. Además, ambas dietas contenían solo el 70 % de los

requerimientos de energía metabolizable. El por ciento de gestación al primer servicio en el grupo con alto nivel de proteína fue significativamente menor ($P < 0,05$) que el del grupo con bajo nivel de proteína (61 % vs 82 %).

Los resultados del estudio de Clark et al. (1985) sugirieron que la PC de la dieta tuvo un efecto sobre todo en el rango de concepción, aunque no hubo diferencias significativas debido al escaso número de animales; sin embargo, se apreció que el incremento en el nivel de proteína de la ración aumentó el número de servicios por gestación de 1,5 a 3. Otros autores no han encontrado efecto de las dietas con alto contenido de PC en el número de servicios por gestación (Laven y Drew, 1999).

Barton et al. (1996) reportaron que para el caso de los días abiertos, solamente las vacas con problemas de salud posparto tuvieron un mayor intervalo entre el parto y la concepción cuando el por ciento de PC de la dieta aumentó de 13 a 20 %. El promedio de días abiertos fue, para las vacas sanas, de 64 días, y de 112 días para las que manifestaron problemas de salud posparto.

Sin embargo, en un estudio realizado por McCormick et al. (1999) en el que evaluaron tres dietas: 1) alta PC y moderado nivel de PNDR, 2) moderada PC y moderado nivel de PNDR, y 3) moderada PC y alto nivel de PNDR, se encontró que los animales que consumieron la dieta que contenía el mayor por ciento de PC exhibieron un menor porcentaje de gestación en el primer servicio (24,1 vs 41 %) y en todos los servicios (53,4 vs 75,4 %) con respecto a los que consumieron la dieta con un moderado por ciento de PC. Además, permanecieron sin gestar como promedio 15 días más que el resto.

De acuerdo con Ferguson y Chalupa (1989), existe una probabilidad predecible de un 3 % de disminución en el por ciento de gestación por cada 0,1 kg de incremento en el por ciento de PDR sobre los requerimientos del animal.

Hasta este momento ha habido una gran cantidad de teorías que tratan de relacionar la reducción de la fertilidad con el incremento en el consumo de PC. Sin embargo, la principal cuestión que debe ser analizada es si el efecto se debe, directamente, al aumento del consumo de PC, o indirectamente a la reducción en la disponibilidad de energía (Laven y Drew, 1999).

Normalmente los excesos de proteína cruda son degradados a amoníaco por los microorganismos ruminales, este es absorbido por la circulación portal y rápidamente convertido en urea por el hígado. Las concentraciones de nitrógeno ureico en el plasma (NUP) por encima de 19 mg/dL han sido asociadas con un por ciento de gestación reducido en vacas lecheras (Ferguson, Galligan, Blanchard y Reeves, 1993).

La elevación de la urea y el amoníaco en sangre puede conllevar a dos efectos dañinos diferentes. En primer lugar, pueden tener un efecto tóxico directo en el óvulo, los espermatozoides y los embriones jóvenes. En segundo lugar, el amoníaco puede causar trastornos en el metabolismo intermediario e influir en las concentraciones sanguíneas de glucosa, lactosa, ácidos grasos libres y urea, y sobre la función endocrina y del cuerpo lúteo (Saloniemi, 1993).

El desarrollo exitoso del embrión depende de la naturaleza del ambiente uterino. El lumen uterino es dinámico y exhibe diferencias marcadas entre las distintas etapas del ciclo estral como consecuencia de la regulación esteroidea ejercida por el ovario en la actividad secretora del endometrio. Se ha demostrado que el consumo de dietas ricas en proteína por vacas lactantes altera el pH y las concentraciones de otros iones en las secreciones uterinas, pero sólo durante la fase lútea y no en el estro. El pH uterino también fue afectado en novillas alimentadas con exceso de PDR y se asoció con la reducción en la fertilidad (Butler, 1998).

Los estudios de cultivos de células, *in vitro*, del endometrio de bovinos han demostrado que la urea altera el grado de pH a través de las células polarizadas y aumenta la secreción de Prostaglandina $F_2 \alpha$ ($PG F_2 \alpha$) que puede interferir en el desarrollo y la viabilidad del embrión (Butler, 1998).

Muchos cambios en el balance endocrino han sido observados en vacas alimentadas con dietas, tanto con una alta cantidad de PC como con una deficiencia de energía. Por tanto, es difícil decir qué es más importante: una adecuada suplementación energética o una correcta cantidad y composición de la proteína consumida.

Se ha demostrado que la suplementación de dietas que contengan fuentes de PNDR disminuye la concentración de urea en el plasma y mejora el comportamiento reproductivo de los animales (Butler, Calaman y Beam, 1996).

No todos los investigadores (Carroll, Hossain y Keller, 1994) han encontrado una relación negativa entre el por ciento de proteína en la dieta y la reproducción, lo cual sugiere que otros factores tales

como la producción de leche, el estado energético del animal y el manejo reproductivo pueden contribuir a mitigar los efectos nocivos del exceso de proteína.

1.2.2.2. Condición corporal

Comúnmente, con el propósito de predecir y controlar el comportamiento productivo y reproductivo de las vacas lecheras, se ha tomado como referencia diferentes tipos de mediciones corporales, entre las que se destacan los cambios en el peso vivo y el perímetro torácico; sin embargo, se ha visto que estas mediciones mantienen un grado de correlación variable con los principales indicadores de la eficiencia productiva y reproductiva de las vacas y su verdadera disponibilidad de reservas corporales de energía (López, 1995).

Por otra parte, el peso vivo no muestra la verdadera condición del animal, es decir, dos animales pueden tener el mismo peso vivo, pero una amplia variabilidad con respecto al grado de reservas de energía disponible (Reinoso y Simón, 2000). Sin embargo, la CC es un método que permite estimar la cobertura de tejidos graso y muscular en el animal vivo, independientemente de la talla y el peso corporal. Esta cobertura de tejidos constituye un indicador muy preciso de las reservas de energía disponible en el animal (López, 1995).

A su vez, muchos autores plantean que existe una estrecha relación entre los valores de la CC y el comportamiento productivo (Waltner, McNamara y Hillers, 1993; Álvarez, 1997; Casanova y Machado, 2000) y reproductivo de los animales (Domínguez, Martínez, Labrador, Risso y López, 1996; Martínez, Escobar, López, Combellas y Gabaldon, 1996; Morrison, Spitzer y Perkins, 1999); es por eso que esta metodología constituye una herramienta útil y práctica, con un nivel de precisión que asegura la adopción, con cierto margen de seguridad, de medidas encaminadas a corregir las prácticas de manejo y alimentación del rebaño (Ferguson, Galligan y Thomson, 1994; Hady, Domecq y Kaneene, 1994).

La CC es un método subjetivo, que indica la cantidad de grasa corporal que cubre a un animal (García-Paloma, 1991), como expresión de la energía de reserva útil que dispone, y muestra el plano nutricional al que está expuesto por un período de tiempo razonable. Puede medirse visualmente con una alta reproducibilidad y repetibilidad entre especialistas y las observaciones que se realizan en el animal (Álvarez, 1999).

Se ha encontrado que las vacas con valores de CC mayores de 2,5 (rango de 1-5 puntos) tienen un IPS e IPG mucho menor que aquellas que presentan valores entre 1,5 y 2 (Domínguez et al., 1996). De igual forma, estos intervalos están incrementados para las vacas que pierden más de una unidad de CC después del parto (López, 1995); así como también se ha reportado un menor por ciento de gestación, un aumento del anestro posparto (Martínez et al., 1996) y un incremento en la cantidad de animales que repiten el celo (Braun y Donovan, 1984).

Se plantea que este comportamiento se asocia al hecho de que cuando las vacas tienen una CC al parto inferior a 2,5 presentan inhibición de los pulsos hipotálamicos de GnRH, lo que determina una disminución en la liberación de LH por la hipófisis (Zambrano, García, Álvarez y Leyva, 1995; Wright, Rhind y White, 1992; Pedroso y Bonachea, 1995). También estas vacas poseen ovarios con un menor peso y un cuerpo lúteo más pequeño, pero son capaces de liberar una mayor cantidad de LH después del tratamiento con GnRH, en comparación con las vacas de CC moderada y obesa (Chalupa y Ferguson, 1988).

Al respecto Houghton, Lemeniger y Horsman (1990) encontraron que las vacas flacas al parto poseen un alto nivel de metaencefalina, opioideo peptídico localizado en el área preóptica del cerebro que, como es conocido, reduce la síntesis o liberación de GnRH por el hipotálamo.

En trabajos de carácter experimental se ha podido demostrar que el mecanismo probable mediante el cual la CC afecta el comportamiento reproductivo, está vinculado con el balance de energía y sus efectos en la liberación de la LH. Las vacas con buena CC tienen una mayor frecuencia de pulsos de LH, un período de anestro más corto y una cantidad de folículos superior (Prado, Rhind, Wright, Russel, McMillen, Smith y McNeilly, 1990).

Por su parte, Blanco y Rolo (1997), en un trabajo de campo desarrollado con la finalidad de comprobar la eficacia de la evaluación de la CC para pronosticar el anestro posparto en la vaca Siboney (5/8 Holstein x 3/8 Cebú), encontraron que en 48 hembras calificadas con 2 ó 2,5 de CC ninguna mostró actividad ovárica, mientras que las de mejor condición (3 ó 3,5) presentaron dinámica ovárica en el 33,3 y 66,6 % de los casos, respectivamente.

Las vacas con una mejor CC tienen un número de folículos estrógeno-activos potencialmente ovulatorios 10 veces mayor que los hallados en aquellas con baja CC, principalmente a las nueve semanas posparto (Prado et al., 1990). Este hallazgo puede explicar el alargamiento que ocurre en el período de anestro posparto en las vacas con peor CC (Pedroso y Bonachea, 1995).

Con relación a esto, en un trabajo desarrollado por Wright et al. (1992) la CC estuvo correlacionada negativamente con la duración del anestro posparto y observaron que por cada unidad de incremento en la CC decrece en 21,8 días el período parto-primer celo.

Los estudios efectuados por Wright et al. (1992) mostraron que la concentración de LH y la frecuencia y amplitud de sus pulsos, aumentaron con el tiempo posparto y el incremento de la CC. Además, ello estuvo asociado a un incremento en la secreción de estrógenos por los folículos estrógeno-activos.

A su vez McClure (1995) plantea que las vacas con una CC al parto superior a 2,5 presentan el celo en un tiempo mínimo; sin embargo, las que pierden 10 % del peso vivo después del parto retrasan la reanudación del celo hasta 19 días. De igual forma las pérdidas de CC, en más de una unidad, ocasionan el retraso de la primera ovulación.

El alargamiento del intervalo interpartal está condicionado por múltiples factores, entre los que se encuentra el síndrome de repeticiones de celo (SIREC) (Pedroso y Roller, 1996), y este fenómeno a su vez está altamente correlacionado con el estado de reservas corporales de las vacas al concluir el período puerperal. De esta forma, Reinoso y Simón (2000) obtuvieron que el mayor porcentaje de vacas con SIREC se diagnosticó en aquellas con CC por debajo de 2 y por encima de 4 unidades, con valores de 40 y 22 %, respectivamente.

El comportamiento reproductivo también es afectado cuando las vacas son sobrealimentadas durante el período seco y paren con una CC superior a 4. Dobbelaar (1995) refiere los siguientes efectos debidos a la obesidad al parto: distocias, retención placentaria, paresia puerperal y cetosis. También otros autores (Gearhart, Curtis, Erb, Smith, Sniffen, Chase y Cooper, 1990) sostienen que las vacas obesas presentan mayores probabilidades para padecer metritis, quistes ováricos y otros trastornos reproductivos que las que arriban al parto con una CC óptima.

En Cuba los estudios realizados por Mendoza, Figueredo, Rivero, Agüero, Vicens y Vázquez (1999), evidenciaron que más de un 30 % de los animales con CC desfavorable tienen edad superior a los 10 años, con relación a aquellos de CC favorable, y de 25, 13 y 8 % referente a anemia, lactancias prolongadas y enfermedades, respectivamente.

También se ha encontrado que la pérdida de la CC aumenta con el incremento de la paridad de las vacas desde 0,3 en la primera lactación hasta 0,9 unidades en la cuarta lactación o en las siguientes (Waltner et al., 1993; Padrón, Cheli, Senatore, Baroli y Rizzi, 1993).

Por último, debe destacarse que la CC es una metodología muy importante para evaluar los trastornos reproductivos de los rebaños. Así, cuando las vacas con CC óptima tienen más de un 90 % de gestación, esto es un indicador de que otros factores como enfermedades reproductivas, problemas de manejo, etc., probablemente no son limitantes para que se produzca la preñez. Por tanto, mejorar la CC de las vacas flacas podría ayudar a incrementar los porcentajes de gestación. La rutina de usar la calificación de la CC en cada rebaño aportará la información necesaria para mejorarlos adecuadamente y así obtener producciones altas de terneros y rentabilidad en la explotación (Kunke, Sand y Rae, 1999).

Al evaluar la CC como un indicador de valor pronóstico para el futuro desempeño reproductivo del rebaño, se informó (Sepulveda, Monsalve, Oberg, Neuman y Montecinos, 1993; Vargas, 1993) lo siguiente:

- ♦ Las vacas con CC satisfactoria al parto, a la primera inseminación o en el pico de producción evidenciaron un IPS e IPG dentro de los rangos considerados como normales.
- ♦ Las vacas que ganaron condición durante el período seco y al parto, tuvieron mejor producción al compararlas con las de CC baja.
- ♦ Las que mantuvieron una condición estable, incluso baja, durante el tiempo que transcurrió desde el parto hasta la primera inseminación artificial (IA), expresaron un mejor desempeño reproductivo que las que ganaron en condición.
- ♦ Las vacas que parieron con una baja condición o que fueron inseminadas en estas condiciones, tuvieron una tendencia clara al anestro más prolongado.

La capacidad de un animal para ajustarse a un balance nutricional negativo dependerá del volumen de sus reservas corporales disponibles, de ahí la estrecha interrelación de los perfiles metabólicos y la determinación de la condición corporal de las vacas. Por el contrario, la adaptación a un balance positivo dependerá de su capacidad metabólica para almacenar reservas (Álvarez, 1999).

1.2.3. Determinación del perfil metabólico en vacas lecheras

La utilización de los nutrientes por parte del organismo es el eslabón fundamental en el que se estructura el fisiologismo animal y donde tienen lugar la mayoría de los procesos metabólicos: entran por un lado los productos absorbidos y los elementos de los órganos corporales de reserva y, por otro, salen los metabolitos destinados para las funciones de mantenimiento, reproducción y producción de leche. El flujo de nutrientes dirigido hacia estas dos últimas funciones es sumamente variable (Wattiaux, 1998).

Según Álvarez (1999), las enfermedades de la producción son trastornos metabólicos en un grupo de animales de la producción, inducidos por medidas de selección o manejo, y reconoce como etiología el desbalance entre los ingresos de uno o más nutrientes, su biotransformación y los egresos. Al analizar las posibles causas de enfermedad en esta definición, puede observarse que las alteraciones metabólicas pueden aparecer en las siguientes circunstancias:

- Cuando los egresos exceden a los ingresos:** generalmente, por una disminución neta de nutrientes ingeridos, como sucede en las enfermedades carenciales o primarias; por aumento en los egresos, muy frecuente en los trastornos digestivos (vía heces fecales) y cuando se intensifican los procesos productivos (hipocalcemia) o reproductivos (toxemia gravídica). La patogenia del primer grupo de enfermedades, es decir, las deficiencias nutricionales primarias o secundarias, muy frecuentes en nuestro medio, se representan en la figura 1.1. Nótese que la reversión del proceso es fácilmente probable a partir de la alteración funcional, no así cuando se establece la lesión anatómica; de ahí la importancia del diagnóstico anticipado del desbalance.
- Cuando los ingresos de nutrientes superan los egresos:** tal es el caso de los efectos tóxicos directos que aparecen cuando la oferta de nutrientes es excesiva, o bien cuando el organismo produce otras sustancias en grandes cantidades, por ejemplo, la producción de urea por el hígado o de tiaminasa a nivel ruminal.
- Cuando se altera la biotransformación de determinado nutriente:** debido a una insuficiencia fisiológica, por ejemplo, del hígado, en el síndrome de movilización lipídica, o por insuficiencia patológica, establecida por daños de determinado órgano, como por ejemplo, las alteraciones hepáticas producidas por micotoxinas.
- Cuando se combinan los factores antes mencionados.**

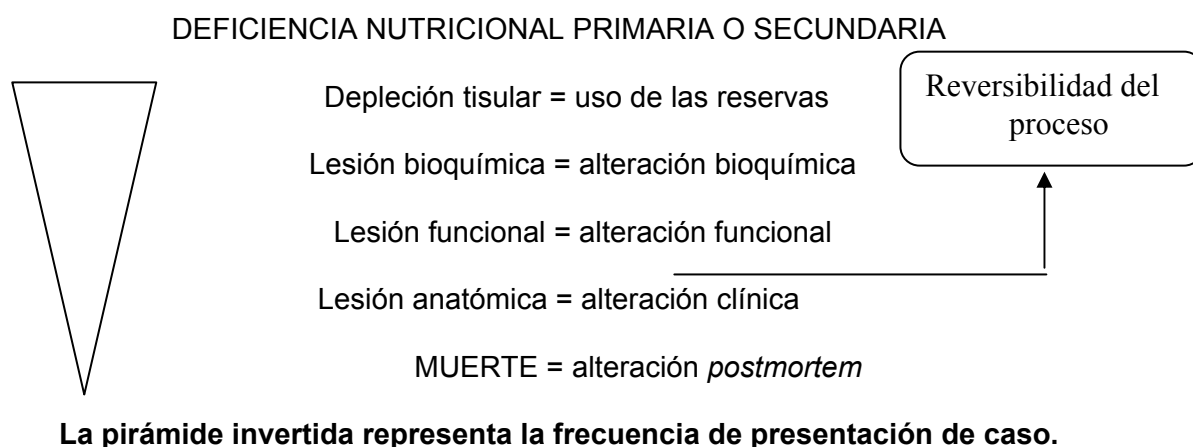


Figura 1.1. Patogenia de las enfermedades carenciales (tomado de Álvarez, 1999).

La concentración de los constituyentes sanguíneos es regulada, en muchos casos, por mecanismos homeostáticos, influidos por el nivel de absorción y la síntesis o liberación de estos elementos de los tejidos de reserva. Cuando la homeostasis falla y las reservas tisulares son inadecuadas, las fuentes dietéticas ejercen una mayor influencia en la concentración de los metabolitos de la sangre. Es en este momento debe realizarse el perfil metabólico para detectar los cambios en las concentraciones de estos elementos y poder corregir a tiempo las posibles deficiencias o excesos.

Según Álvarez (2001), el perfil metabólico se define como un examen paraclínico empleado en el diagnóstico de las enfermedades de la producción, mediante el cual se determina, en grupos representativos de animales, la concentración de varios constituyentes orgánicos, que son indicadores del balance de algunas vías metabólicas y se comparan sus resultados con los valores de referencia de la población.

El monitoreo de la vaca debe realizarse en el momento oportuno o, de lo contrario, la relación causa-efecto se pierde y los resultados del análisis pueden ser irrelevantes. La práctica ha demostrado que estos momentos son: los 7 ½ meses de gestación, entre los 10 a 20 días después del parto, los 2 meses posparto y las vacas “problemas” (Álvarez, 1999).

Para la realización de los muestreos se debe utilizar un mínimo de siete animales por grupo, para cada uno de los momentos señalados anteriormente, y los metabolitos seleccionados deben ser los principales representantes del metabolismo energético (glucosa y β -OH butirato), proteico (albúminas y urea) y mineral (calcio, fósforo, cobre y selenio).

Todo lo anteriormente expresado indica que, tanto la realización de los balances alimentarios como el monitoreo metabólico y la evaluación de la CC de las vacas, constituyen herramientas muy valiosas que utilizan los profesionales, en el campo de la reproducción animal, para descubrir las deficiencias en la alimentación y el manejo de los rebaños lecheros.

Capítulo II. Metodología Experimental

2.1. Ubicación del área experimental

El estudio se desarrolló en una vaquería perteneciente a la Empresa Pecuaria Genética de Matanzas, en el período comprendido de julio del 2000 a junio del 2001, la cual se encuentra situada geográficamente en los 23 ° de latitud norte y los 80 ° 30' de longitud oeste, a 70 m de altura sobre el nivel de mar, y se ubica en zonas aledañas al poblado de Guanábana, perteneciente al municipio de Matanzas.

2.2. Características edafoclimáticas

El suelo de la vaquería es Pardo con Carbonatos (Academia de Ciencias de Cuba, 1979). El relieve es ligeramente ondulado. La temperatura media anual es de 23 °C, con una media de 21 °C y 27 °C en el invierno y el verano, respectivamente. La precipitación media anual es de 1 300 mm, con un promedio de 1 000-1 200 mm en la época de lluvia y de 200-400 mm en la época de seca (Academia de Ciencias de Cuba, 1989).

2.3. Descripción de la vaquería y su manejo general

Es una vaquería típica de 120 animales, con una capacidad cubierta de 80 vacas y un área total de 47 ha para una carga de 1,7 animales/ha, compuesta por 37 cuarterones de aproximadamente 1,1 ha cada uno.

El ordeño se realizó dos veces al día, a las 5:00 a.m. y 2:00 p.m. con un equipo mecanizado Alfa Laval tipo espina de pescado de cuatro posiciones.

La masa fue dividida para su manejo en tres grupos: vacas de alta producción, vacas de baja producción y vacas secas.

Las especies de pasto mejorado que predominaron fueron *Panicum maximum* cv. Likoni y *Cynodon nlemfuensis* cv. Jamaicano, y como leguminosa *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con dos años de establecida, una distancia media entre surcos de 5,5 m y una densidad promedio de 10 000 plantas/hectárea.

El tiempo de ocupación de los cuarterones fue de un día en la época de lluvia y de 1,5 a 2 en la de seca, con lo que se garantizó un tiempo de reposo al pasto de 28 a 33 y 49 a 66 días para cada época.

2.4. Características de los animales

En la vaquería se explotaron hembras de la raza Mambí ($\frac{3}{4}$ Holstein y $\frac{1}{4}$ Cebú), que entraron a la unidad con 7 $\frac{1}{2}$ meses de gestación y un peso aproximado de 420 kg.

Estas hembras tuvieron como promedio una edad a la incorporación a la reproducción de 32 meses con 299 kg y un intervalo incorporación-gestación de 200 días, mientras que la edad al primer parto fue de 49 meses.

2.5. Alimentos complementarios y suplementarios

Durante todo el año de evaluación se le ofertó al grupo de vacas en ordeño 0,460 kg de concentrado/animal/día y 100 g de sales minerales para toda la masa de animales. Además, en los meses de diciembre a abril se les brindó una suplementación alimentaria con caña molida (13 kg/animal/día) a todos los animales.

2.6. Mediciones que se realizaron en el pastizal

2.6.1. Composición química del suelo

Se realizó un muestreo de suelo y se enviaron muestras al laboratorio para analizar su composición química. Se determinó el pH, el contenido de materia orgánica (MO), nitrógeno total (NT) y el contenido de minerales: calcio, fósforo, zinc, cobre, sodio, potasio y magnesio.

2.6.2. Disponibilidad del pasto

Se estimó por el método alternativo propuesto por Martínez, Milera, Remy, Yepes y Hernández (1990), que consiste en la estimación de la disponibilidad de pasto utilizando la altura media del pastizal. Los muestreos se realizaron todos los meses y se tomaron 80 observaciones por cuarterón. Paralelamente a los muestreos de disponibilidad, pero con una frecuencia bimestral, se tomaron muestras (300 g) para estimar su calidad nutritiva (AOAC, 1990), simulando con la mano la selección que hace el animal en pastoreo.

2.6.3. Disponibilidad de *L. leucocephala*

Se recolectó manualmente las hojas y los tallos tiernos comestibles, simulando el ramoneo que realizan los animales, en 10 de los árboles establecidos en el cuartón hasta una altura de 2 m. Además, se tomaron muestras cada dos meses para determinar su composición bromatológica (AOAC, 1990).

2.6.4. Composición botánica del pastizal

Se estimó por el método de los pasos descrito por Anon (1980); para ello se dividió el cuartón en dos franjas y se caminó por cada una de ellas. Cada dos pasos el observador clasificó la especie de pasto que coincidía con la punta de su zapato izquierdo. Esta medición se realizó al inicio y al final de cada época del año.

2.6.5. Altura de *L. leucocephala*

Se determinó la altura de las plantas al inicio, a mediados y al final del experimento en el 100 % de los cuarteones con el empleo de una regla graduada.

Cuando las plantas alcanzaron más de 3,0-3,5 m de altura, se procedió a podar de forma estratégica este árbol en el período poco lluvioso, tomando en consideración que los animales estuvieran en los cuarteones y que la poda se realizara en todas las rotaciones dentro de esa época del año.

2.6.6. Diámetro a la altura del pecho (DAP) de *L. leucocephala*

Se midió con un pie de rey el diámetro del fuste de la planta (cm) a una altura de 1,30 m, en el 100 % de los cuarteones, al inicio, a mediados y al final del experimento.

2.6.7. Densidad de plantas de *L. leucocephala*

El número de plantas se calculó al inicio y al final del experimento, para lo cual se contó la cantidad de plantas existentes en 30 m, en tres surcos de cada cuartón.

2.7. Análisis de laboratorio

Luego de efectuar cada muestreo se enviaron muestras representativas de pasto al laboratorio para determinar la composición química del alimento. Los indicadores medidos fueron: materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) y calcio (Ca), que se determinaron por las técnicas descritas por la AOAC (1965), y el fósforo (P) por espectrofotometría de absorción atómica (Amaral, 1972).

2.8. Mediciones que se realizaron a los animales

2.8.1. Condición corporal

Se realizó el monitoreo de la condición corporal (escala 1-5 puntos) de todos los animales, mensualmente, según la metodología descrita por Álvarez (1997), donde: 1) emaciada, 2) flaca, 3) media, 4) condición pesada y 5) gruesa.

2.8.2. Estimación del peso vivo

Se realizó a partir de la medición del perímetro torácico de todos los animales, con ayuda de una cinta métrica, según la metodología propuesta por Menéndez (1985). De igual forma, a los terneros se les estimó el peso vivo al nacer.

2.8.3. Cálculo del balance alimentario instantáneo

Se calculó el balance alimentario instantáneo para las vacas en producción en los seis bimestres y las dos épocas del año, mediante el programa de computación ANALIT, versión 3.0, elaborado por el Instituto de Ciencia Animal (ICA).

2.8.4. Producción de leche

La producción de leche se controló a través de pesajes individuales al 100 % de las vacas en ordeño, con una frecuencia mensual; además, diariamente se determinó la producción de leche total.

2.8.5. Otros indicadores de producción de leche

Se calcularon, a partir de los registros de la vaquería y la granja, la producción por vaca por día de lactancia y la duración de la lactancia. Los porcentajes de grasa se tomaron de los análisis periódicos realizados por el laboratorio de calidad de la leche de la Empresa Pecuaria Genética de Matanzas.

2.8.6. Determinación de los indicadores reproductivos

Se determinaron los intervalos parto-primer servicio y parto-gestación, el número de servicios por gestación y el peso de los terneros al nacer en un total de 104 animales, a partir de la tarjeta de control reproductivo y utilizando hojas de cálculo del programa Excel sobre Sistema Operativo Windows' Milenium, Office 2000.

2.8.7. Determinación de los indicadores de perfil metabólico

Para ello se emplearon dos grupos de 28 animales, uno en cada época, los que a su vez estaban conformados por cuatro grupos de siete animales cada uno, según la metodología propuesta por Álvarez (1999): 1) novillas de 8 meses de gestación, 2) vacas de 10 a 20 días de lactancia, 3) vacas con dos meses de lactancia, y 4) "vacas problemas", a las que se les extrajo sangre por punción de la vena yugular, en el horario de la mañana; una parte (5 mL) se colectó en tubos de ensayo de cristal con anticoagulante (heparina 50 µL) para la determinación de hemoglobina y la otra parte (20 mL) se colectó en tubos de cristal sin anticoagulante. Posteriormente a la formación del coágulo, se centrifugó la fracción líquida y el suero obtenido se depositó en viales de 1,5 mL, que se guardaron en congelación a -30 °C hasta su análisis para la determinación de urea, por el método colorimétrico según la norma cubana 74-36 (Anon, 1986).

2.9. Análisis estadístico de los resultados

Para el análisis estadístico de los resultados de producción de leche, condición corporal e indicadores reproductivos se utilizó el modelo lineal generalizado perteneciente al paquete estadístico SAS (1987).

Los datos se adaptaron al siguiente modelo:

$$Y_{jk} = \mu + E_j + B_k + e_{jk}$$

$$Y_{jk} = \log Y_{jk}$$

μ =constante común a todas las observaciones

E_j =log E_j , efecto de la j-ésima época de entrada.

B_k =log B_k , efecto del k-ésimo bimestre de entrada.

e_{jk} =log e_{jk} , error residual normal e independiente distribuido con media cero y varianza σ^2

La concentración de grasa en la leche, la duración de la lactancia, el peso de los terneros al nacer, así como el hematocrito y la concentración de urea en sangre, se analizaron mediante un diseño de clasificación simple y se utilizó como prueba de comparación de media la dócima de Duncan (1955). Para la interpretación de los resultados se utilizó el programa Clasificación simple y Estadígrafos, versión 1.2, elaborado por el ICA.

2.10. Análisis económico

El análisis económico se realizó con información de la vaquería y la granja y se calcularon los siguientes indicadores:

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

Capítulo III. Resultados experimentales

Al caracterizar los suelos de la unidad al inicio del experimento (tabla 3.1), se encontró que el pH fue neutro, con un porcentaje de materia orgánica adecuado para la siembra de pastos y una aceptable proporción de minerales en su composición.

Tabla 3.1. Caracterización química del suelo de la unidad.

Indicadores	\bar{X}
pH	6,5
Materia orgánica (%)	4,3
Nitrógeno total (mg/100 g)	280
Ca (%)	10,4
P (ppm)	74
Cu (ppm)	7
Zn (ppm)	6,2
Mg (%)	0,58
Na (ppm)	1608
K (ppm)	438,3

El análisis de la composición química de los alimentos mostró el alto contenido de proteína bruta y calcio presente en la leucaena (tabla 3.2), los cuales no presentaron diferencias entre épocas, y además superaron las concentraciones de estos mismos nutrientes observadas en las gramíneas, representadas por los pastos mejorados (pasto estrella y guinea) y la caña de azúcar.

Los valores de FB no difirieron entre épocas en ninguno de los alimentos evaluados y la menor concentración se encontró en la leguminosa; sin embargo, el porcentaje de fósforo fue similar en todos los alimentos y en ambas épocas del año.

La cascarilla de cítrico presentó un alto contenido de MS y su por ciento de proteína fue favorecido por la adición de la urea.

Tabla 3.2. Composición bromatológica de los alimentos ofertados durante el estudio.

Alimentos	Nutrientes (%)									
	MS		PB		FB		Ca		P	
	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI
Pastos mejorados	33,5	27,5	9,7	11,9	31,5	31,9	0,8	0,9	0,15	0,14
Leucaena	30	25,4	26	27	19	20	1,4	1,6	0,18	0,17
Concentrado	88	90	11	11	-	-	1,8	1,7	0,2	0,2
Caña de azúcar	26	-	5,8	-	24	-	0,6	-	0,1	-
Cascarilla + urea	83	-	12	-	22	-	1,7	-	0,2	-
S- Seca										
LI- Lluvia										

La composición botánica del pastizal se muestra en la tabla 3.3; la gramínea que predominó en el sistema fue el pasto estrella, seguida por la guinea y los pastos naturales.

La especie que mostró mejor adaptación fue la estrella, al incrementar su población en 8 unidades; sin embargo, la guinea y los pastos naturales mantuvieron una estabilidad y las leguminosas volubles tuvieron una tendencia a disminuir su población con el pastoreo de los animales.

Las malezas no prosperaron durante el período experimental y se observó una ligera disminución al concluir el año de evaluación.

Tabla 3.3. Composición botánica del pastizal (%).

Especies	Mayo 2000	Noviembre 2000	Mayo 2001
Leguminosas volubles	7,8	2,65	3,23
Pasto estrella	37,6	36,7	46,03
Guinea	22	21,8	23,84
Malezas	8,5	10,1	6,06
Pastos naturales	24,1	28,7	20,68

La altura promedio de las plantas de leucaena en el pastizal no superó los 3,6 m (tabla 3.4). El diámetro tuvo un incremento de 0,7 cm, como consecuencia del desarrollo de las plantas, y la densidad de árboles por hectárea presentó una ligera disminución (10 585 vs 9 969) en el período analizado.

Tabla 3.4. Caracterización de *Leucaena leucocephala* en el pastizal.

Indicadores	Mayo 2000	Mayo 2001
Altura (cm)	357	357
Diámetro (cm)	3,6	4,3
Densidad (plantas/ha)	10 585	9 969

En la tabla 3.5 aparece la disponibilidad y la oferta de materia seca por animal por día para cada bimestre y por época del año; existió una alta disponibilidad de pasto durante todo el año, que tuvo su máximo valor en el bimestre julio-agosto y el mínimo en marzo-abril.

En cuanto a la época, hubo una mayor disponibilidad en la de lluvia, aunque en ambas fue alta, con valores superiores a 3 t de MS/hectárea/rotación.

En el caso de la oferta de materia seca (kg/animal/día) también fue elevada, pues en todos los bimestres estuvo por encima de 40, y en el bimestre julio-agosto alcanzó el valor más alto (58 kg/animal/día).

En general, la oferta de materia seca siguió la misma tendencia que la disponibilidad durante el año, lo que se debe a que existió muy poca variación en el promedio de animales por bimestre y/o por época del año.

Tabla 3.5. Disponibilidad y oferta de materia seca por bimestre y por época del año.

Efectos	Niveles	Disponibilidad (t MS/ha/rotación)	Oferta de MS (kg/animal/día)
Bimestre	Enero-febrero	3,5	52,2
	Marzo-abril	2,9	40,9
	Mayo-junio	3,1	41,9
	Julio-agosto	4,1	58,0
	Septiembre-octubre	3,5	48,6
	Noviembre-diciembre	3,2	48,0
Época	Seca	3,2	47,3
	Lluvia	3,6	49,5

En la figura 3.1 aparece representado el balance alimentario instantáneo de las vacas en producción, expresado a través del porcentaje en que se cubren los requerimientos en cada uno de los bimestres del año. Como se puede observar, en todos los casos existió un exceso de calcio y PB que excedió a los requerimientos en un 90 y 20-40 %, respectivamente.

Con respecto a la energía metabolizable (EM), las necesidades de los animales no fueron cubiertas al 100 % en ninguno de los casos; el bimestre más bajo fue marzo-abril, con una deficiencia de 9,3 % de los requerimientos, mientras que el mejor fue mayo-junio con solo un 1 % de deficiencia.

En cuanto al fósforo, en todos los bimestres se cubrieron los requerimientos de las vacas y los excesos estuvieron en un rango entre 3 y 24 %.

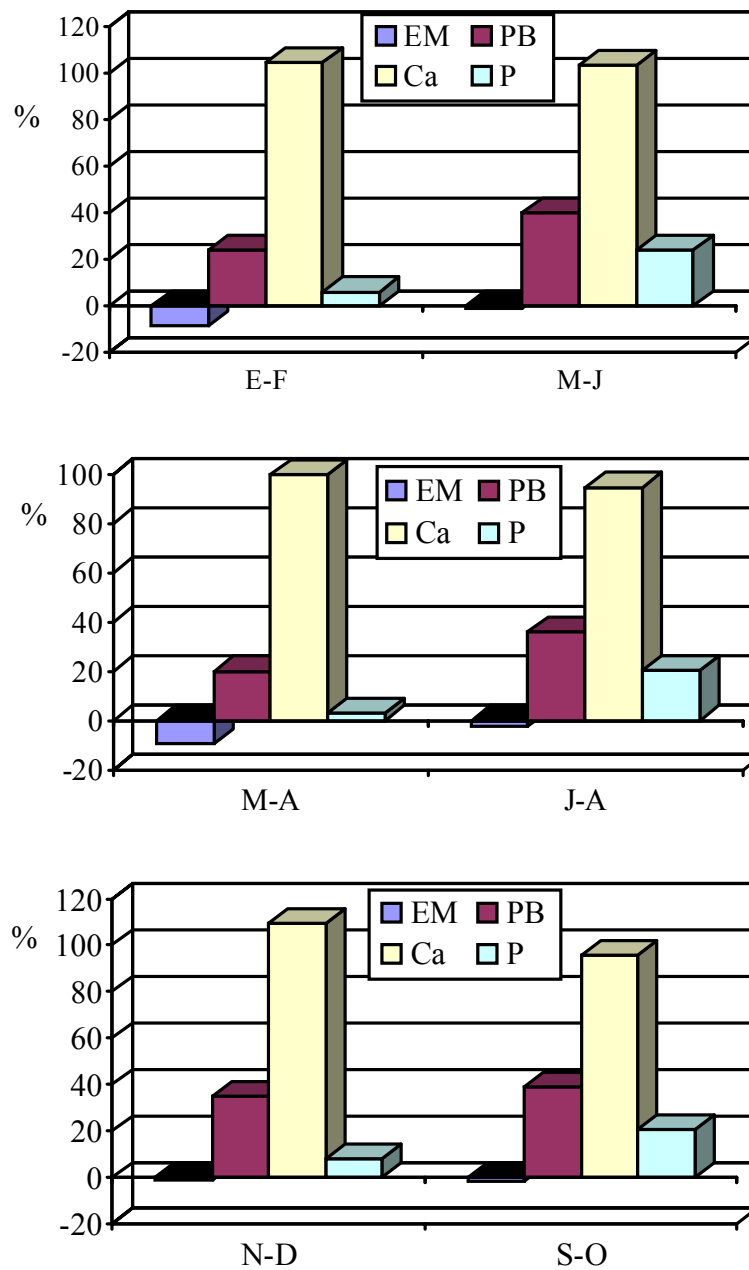


Fig. 3.1. Balance alimentario por bimestre del año.

Los datos relativos al peso vivo de los animales, la producción de leche diaria por vaca y la concentración de grasa en la leche, que se usaron para la realización de los balances alimentarios en cada uno de los seis bimestres y las dos épocas del año se presentan en el anexo 1.

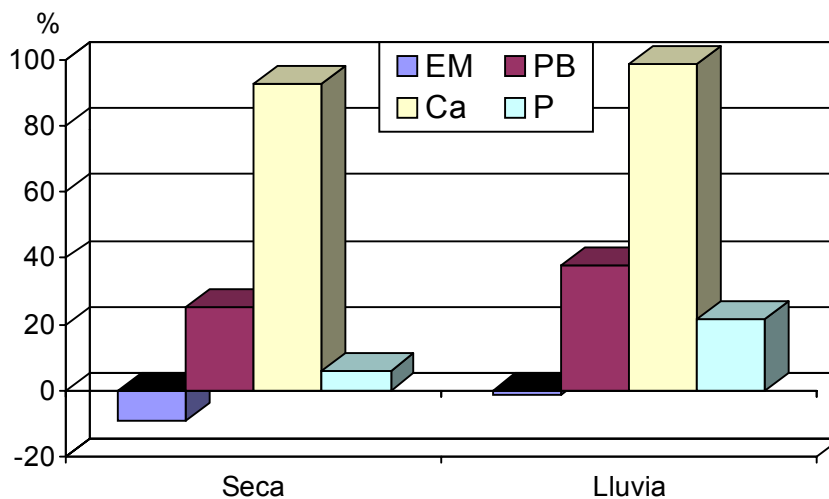


Fig. 3.2. Balance alimentario por época del año.

En la figura 3.2 se representa el balance alimentario para las vacas en producción en las dos épocas del año. Es de notar que existió exceso de Ca en más de un 90 % de los requerimientos de los animales, para ambas épocas del año. De igual forma, hubo un exceso de PB, en alrededor de un 25 % para la época de seca y de 38 % para el caso de la lluvia.

La energía presentó deficiencias en las dos épocas, y fue más marcada en la seca, con un 9 %; mientras que en la lluvia fue de solo un 1,4 % con respecto a las necesidades de los animales.

En cuanto al fósforo, se cubrieron los requerimientos nutricionales al 100 % en ambas épocas, e incluso hubo excesos que fueron menores en la seca y llegaron a un 20 % en la lluvia.

Los resultados del comportamiento de la CC de los animales, desde su entrada al sistema silvopastoril hasta los 240 días de lactación, se representan por bimestres en la figura 3.3. Como se puede apreciar, las hembras entraron a la unidad con una CC aceptable durante todo el año (2,9 a 3,1 unidades de acuerdo con el bimestre de entrada) y no existieron diferencias significativas entre los resultados de la CC presentada por los distintos grupos.

Es de notar también que en todos los casos existió un incremento de la CC, entre la entrada a la unidad y el parto, que varió con los bimestres. El bimestre con menor incremento fue mayo-junio, con 0,2 unidades; mientras que los bimestres julio-agosto y noviembre-diciembre manifestaron un aumento de 0,4 unidades. Los restantes bimestres presentaron un incremento promedio de 0,3 unidades.

En el momento del parto se encontró que las hembras incorporadas a la unidad en el bimestre julio-agosto presentaron una CC significativamente superior ($P < 0,05$) a la encontrada en los bimestres marzo-abril y mayo-junio. A su vez, las hembras que entraron al sistema en el bimestre marzo-abril manifestaron el peor comportamiento de la CC al parto con 3,1 unidades; este valor fue significativamente inferior al encontrado en los bimestres julio-agosto y noviembre-diciembre, que fueron los de más altos rangos.

A los 30 días después del parto no se encontraron diferencias entre los distintos bimestres. Sin embargo, a partir de los 60 y hasta los 120 días de lactancia existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la CC manifestada por las vacas en los distintos bimestres de entrada al silvopastoreo.

Las vacas que entraron al sistema en el bimestre julio-agosto, a los 60 días posparto, presentaron el mejor comportamiento de la CC (3,5), la cual fue superior estadísticamente ($P < 0,05$) a la que tuvieron los restantes bimestres de entrada.

También a los 90 y 120 días posparto el mejor comportamiento de la CC correspondió a las vacas que fueron introducidas al silvopastoreo en julio-agosto, mientras que para el primer caso el peor bimestre fue mayo-junio y los bimestres marzo-abril, septiembre-octubre y noviembre-diciembre tuvieron valores intermedios, en tanto que a los 120 días posparto los bimestres marzo-abril, mayo-junio y septiembre-octubre resultaron ser los períodos en los que los animales manifestaron la menor CC.

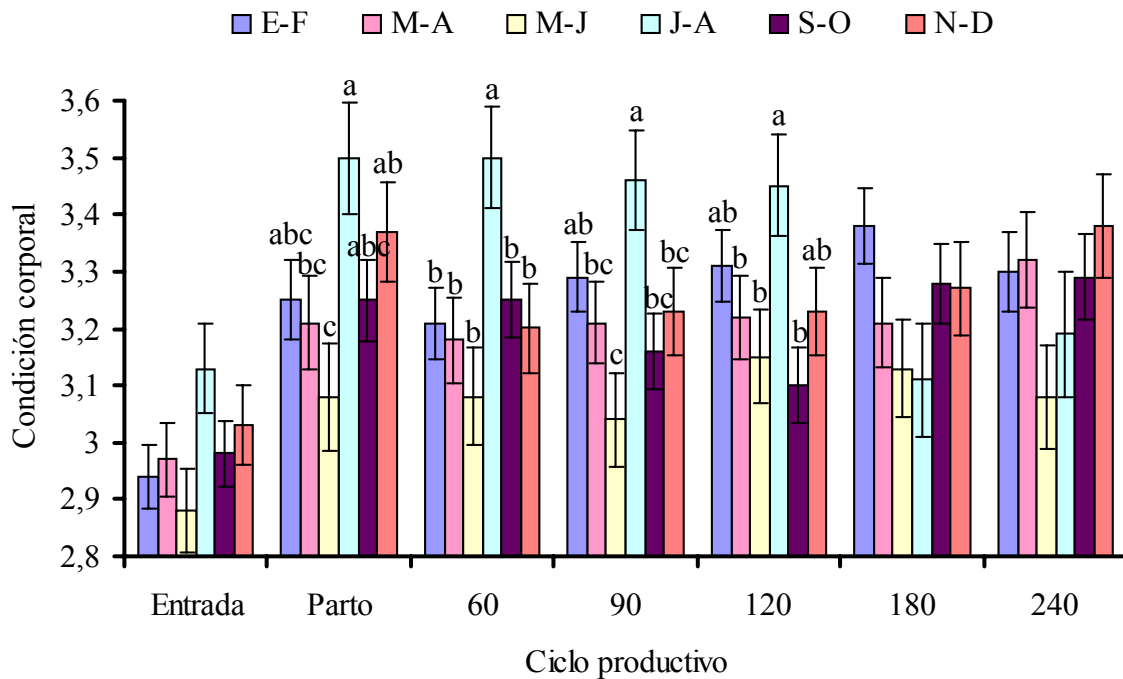


Fig. 3.3. Comportamiento de la condición corporal de las hembras, a través del ciclo productivo, según el bimestre de entrada al sistema.

* $P < 0,05$

Como se puede observar en la figura 3.4, los animales en el momento de su entrada a la unidad y al parto mostraron una CC similar en las dos épocas, la que fue de 3 para el primer caso y alrededor de 3,3 para el segundo. Desde el parto y hasta los 150 días de lactación las vacas se mantuvieron para ambas épocas de entrada al sistema entre 3,2 y 3,3 unidades de CC. A partir de los 180 días de lactación existió una diferencia de 0,1 unidades, que se mantuvo hasta los 240 días; sin embargo, esa diferencia no fue significativa.

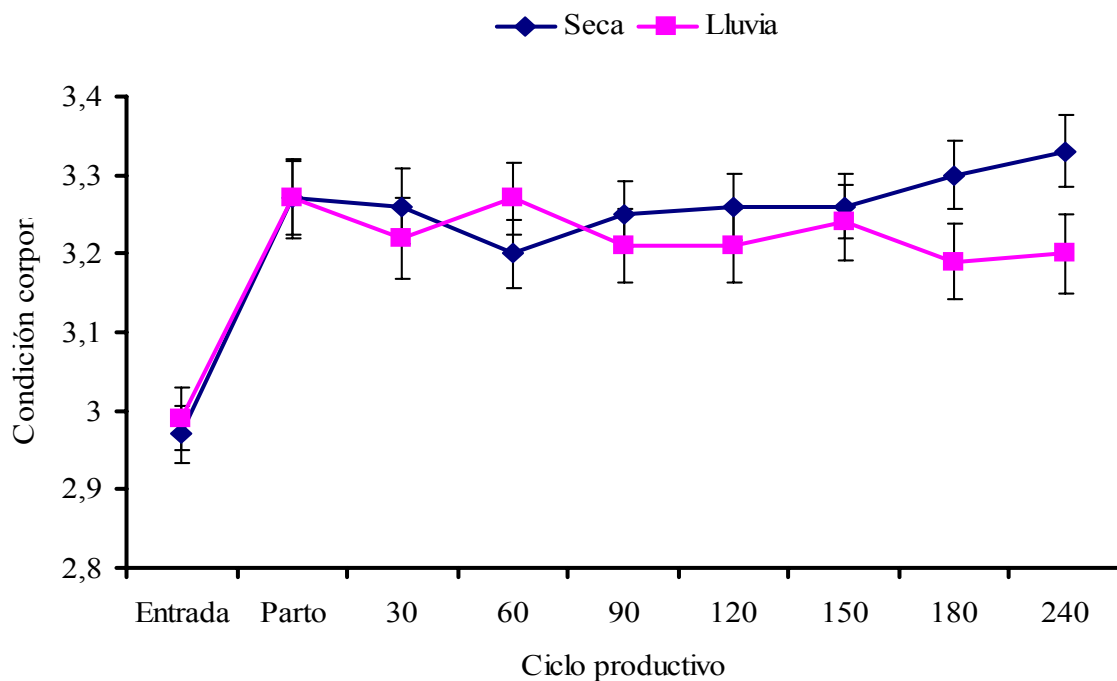


Fig. 3.4. Efecto de la época de entrada de los animales al sistema silvopastoril sobre su condición corporal a lo largo del ciclo productivo.

El análisis de la producción de leche, por bimestres del año, a través de la lactancia (fig. 3.5), evidencia que se encontraron diferencias significativas ($P<0,001$) a los 30 días; en este caso los de mayor producción fueron mayo-junio y julio-agosto (11,2 y 10,2 kg/vaca/día, respectivamente); mientras que el bimestre de menor producción fue noviembre-diciembre (7,2 kg/vaca/día). El resto de los bimestres tuvo una producción intermedia y similar entre ellos, pero que difirió de los mejores bimestres y también del peor.

A los 60 días de lactancia se encontraron diferencias ($P<0,05$) para el bimestre mayo-junio, que resultó ser también el mejor en este caso, con respecto a los restantes que no difirieron entre ellos y presentaron una producción aceptable (entre 8,5 y 9,3 kg/vaca/día).

Debe señalarse además que se produjo una disminución en el nivel de producción de las vacas que entraron al sistema en los bimestres mayo-junio, julio-agosto y, en menor grado, en septiembre-octubre. En los restantes la tendencia, por el contrario, fue a aumentar.

A los 3 meses posteriores al parto las vacas tuvieron valores similares de producción, que estuvieron entre los 8,3 y 9,9 kg/vaca/día. Sin embargo, a los 120 días se encontró que las vacas introducidas al sistema en enero-febrero produjeron significativamente más leche (9,5 kg/vaca/día) que las que lo hicieron en septiembre-octubre (7,5 kg/vaca/día).

A partir de los 150 días de lactancia y hasta los 240 días, las vacas tuvieron producciones similares para los distintos bimestres de entrada al silvopastoreo, con valores que fluctuaron entre 8,5 y 5,5 kg/vaca/día.

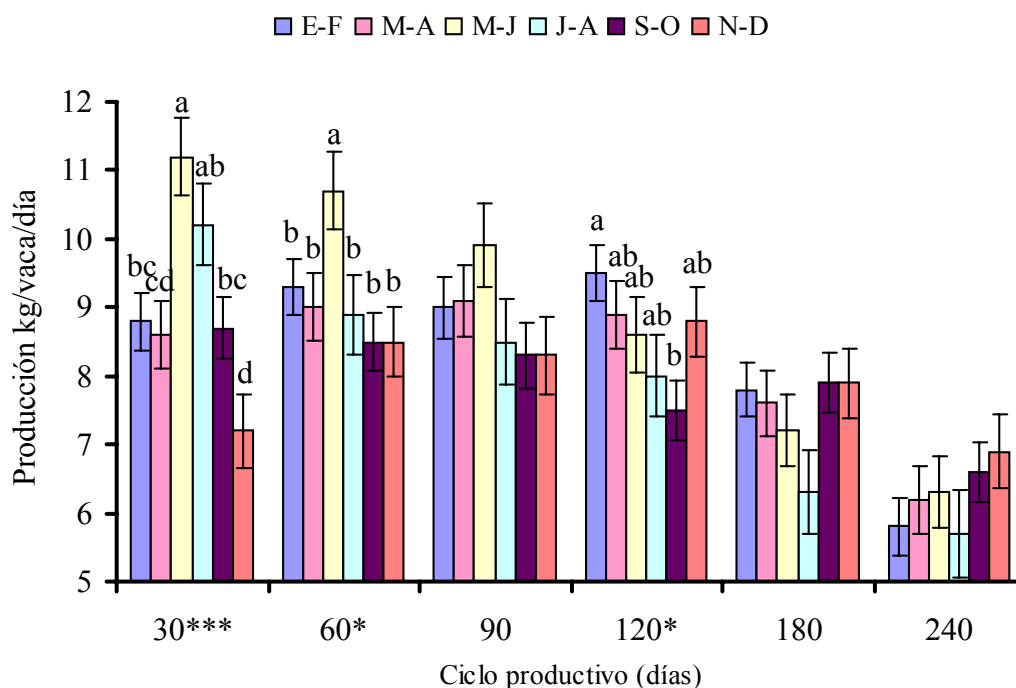


Fig. 3.5. Comportamiento de la producción de leche durante la lactancia en función del bimestre de entrada de las vacas al sistema silvopastoril.

* $P<0,05$

*** $P<0,001$

El comportamiento de la producción de leche, por época de entrada de las hembras al sistema silvopastoril, que aparece resumido en la figura 3.6, muestra que las hembras que entraron al sistema en la lluvia tuvieron una producción de leche a los 30 días significativamente superior ($P<0,001$) a las que lo hicieron en la seca (9,8 vs 8,3 kg/vaca/día).

A partir de los 60 días el nivel de producción fue similar para ambos grupos de animales, excepto a los 120 días donde nuevamente hubo diferencias, pero en este caso para ($P<0,01$) y con un mejor comportamiento en la época de seca (9,2 vs 8,0 kg/vaca/día).

Después de los 120 días, los animales en ambas épocas de entrada manifestaron valores de producción similares, que fueron decreciendo paulatinamente con el incremento de los días de lactancia. Así, a los 150 días la producción estuvo entre 8,2 y 8,3 kg/vaca/día y terminó a los 240 días por encima de los 6 kg/vaca/día en ambas épocas.

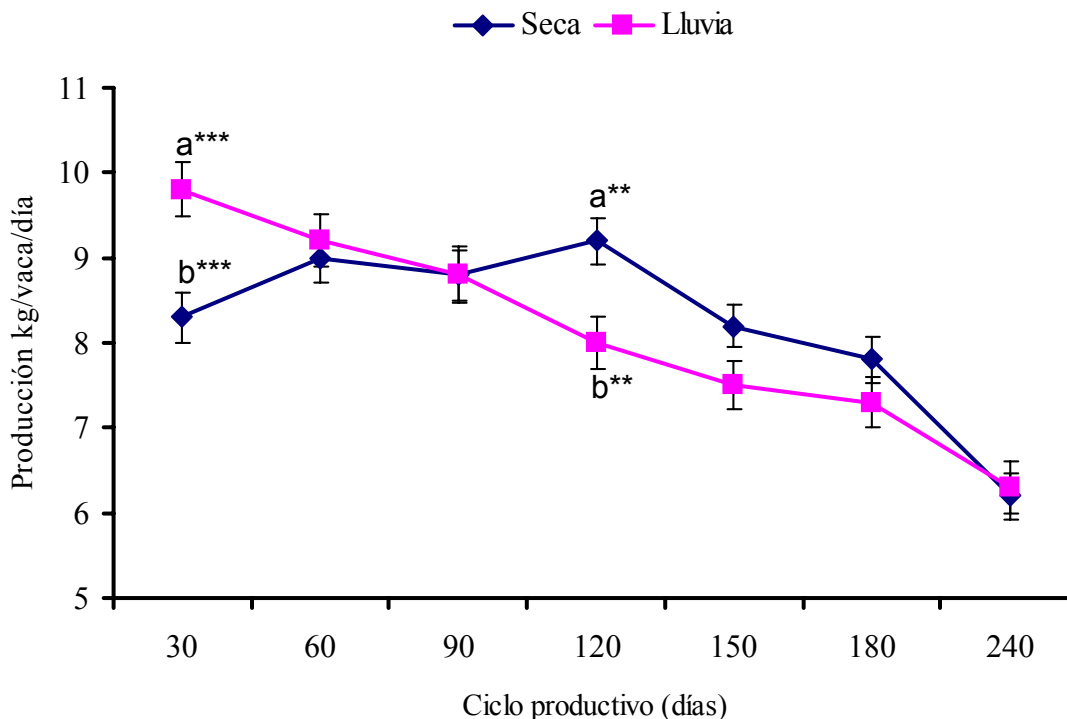


Fig. 3.6. Efecto de la época de entrada de las hembras al sistema en la producción de leche durante la lactancia.

** $P<0,01$

*** $P<0,001$

En la figura 3.7 se representa el efecto del bimestre en que entraron las hembras al sistema en la producción de leche promedio por día de lactancia y la duración total de esta. En el análisis estadístico de los resultados de la producción de leche se encontraron diferencias significativas ($P<0,05$) entre los distintos bimestres; el mejor fue mayo-junio y el peor julio-agosto.

Sin embargo, para la duración promedio de la lactancia no se hallaron diferencias significativas entre los distintos bimestres de entrada de los animales al silvopastoreo.

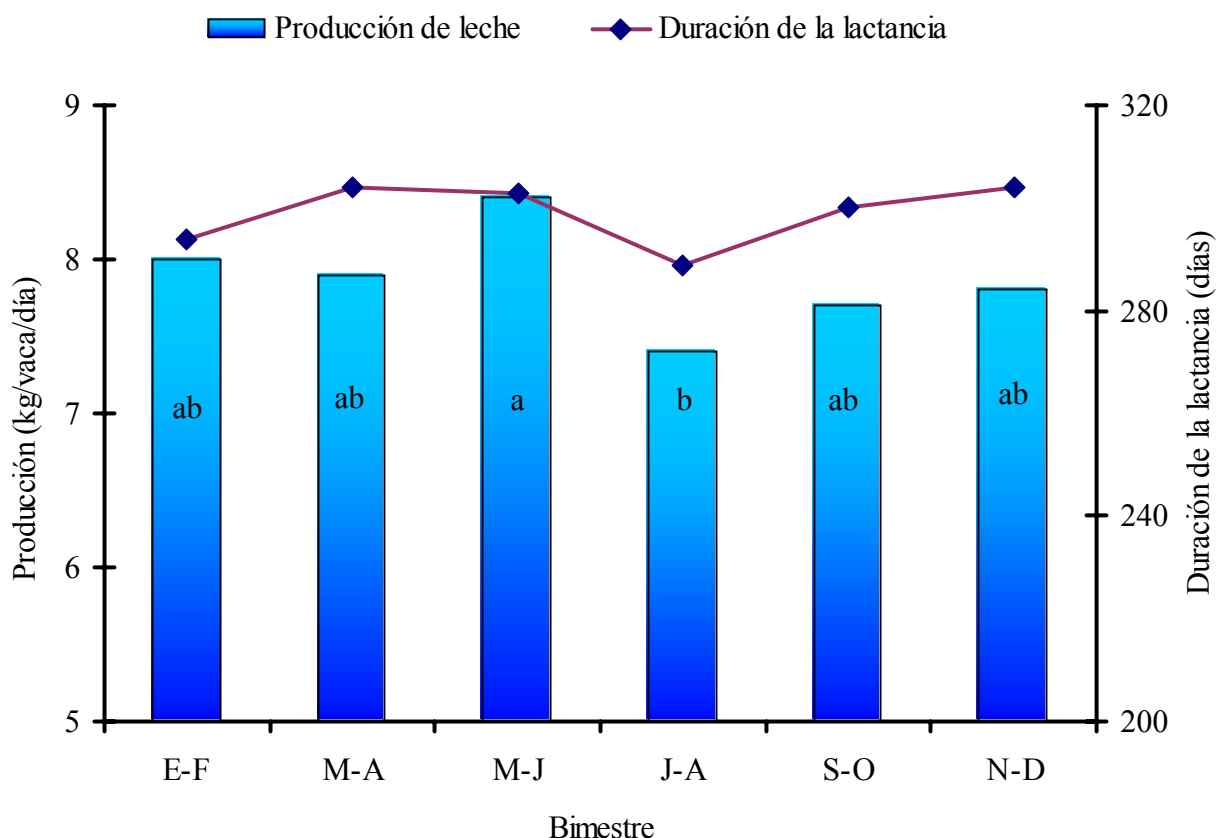


Fig. 3.7. Producción de leche (kg/vaca/día) y promedio de la duración total de la lactancia por bimestre del año.

* $P < 0,05$

En la tabla 3.6 aparece el comportamiento de la producción promedio por día de lactancia y su duración, pero en este caso analizado por época del año. Como se puede apreciar, no se encontraron diferencias estadísticas para ninguno de los dos indicadores analizados, los que presentaron valores muy similares en lluvia y seca.

Tabla 3.6. Comportamiento por época de la producción promedio por día de lactancia y su duración.

Época	Producción de leche (kg/vaca/día)	ES [±]	Duración de la lactancia (días)	ES [±]
Seca	7,9	0,2853	302	10,2132
Lluvia	7,9	0,3121	294	11,4336

La producción de grasa en la leche (tabla 3.7) presentó diferencias significativas entre épocas ($P < 0,001$) y los mejores resultados de este indicador se obtuvieron en la seca (3,8 % de grasa) con relación a la lluvia (3,6 %).

Tabla 3.7. Efecto de la época del año en la producción de grasa en la leche.

Época	% de grasa en la leche	ES [±]
Seca	3,8 ^a	0,021***
Lluvia	3,6 ^b	0,020***

*** $P < 0,001$

El análisis de varianza demostró que la curva de lactancia tuvo un buen ajuste ($P<0,001$) y que los animales alcanzaron el pico de producción a los 30 días posteriores al parto (figura 3.8).

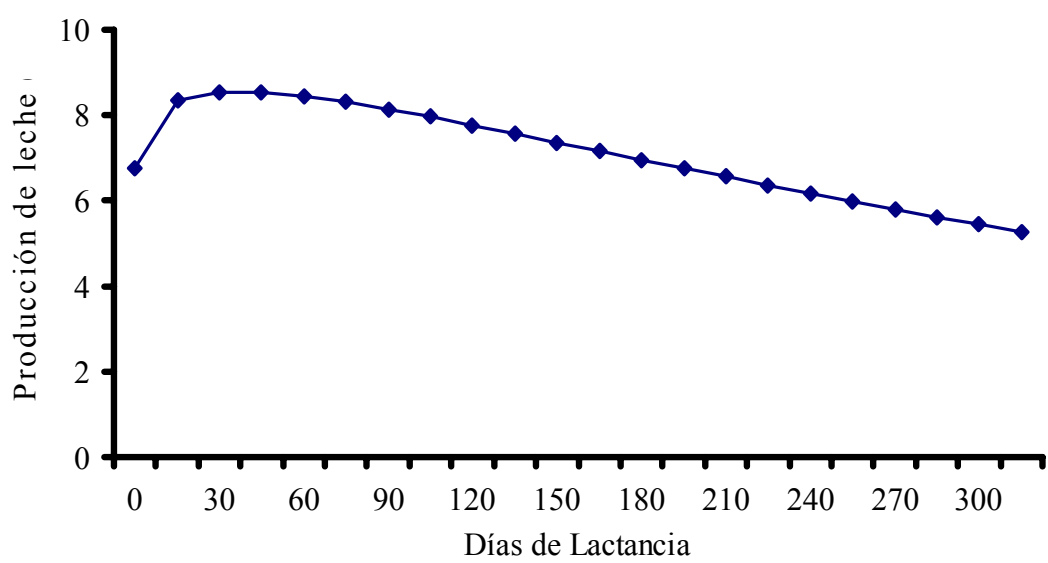


Fig. 3.8. Curva de lactancia.
*** $P<0,001$

El efecto de los distintos bimestres en el peso de los terneros al nacer (fig. 3.9) indica que existieron diferencias significativas entre ellos ($P<0,001$). En este caso los mejores pesos de los terneros se alcanzaron cuando sus madres eran introducidas al silvopastoreo en los bimestres septiembre-octubre y noviembre-diciembre; mientras que los peores se obtuvieron en el caso de las madres incorporadas al sistema en mayo-junio. Los restantes bimestres no difirieron en el peso de los terneros con respecto a los mejores o al peor bimestre.

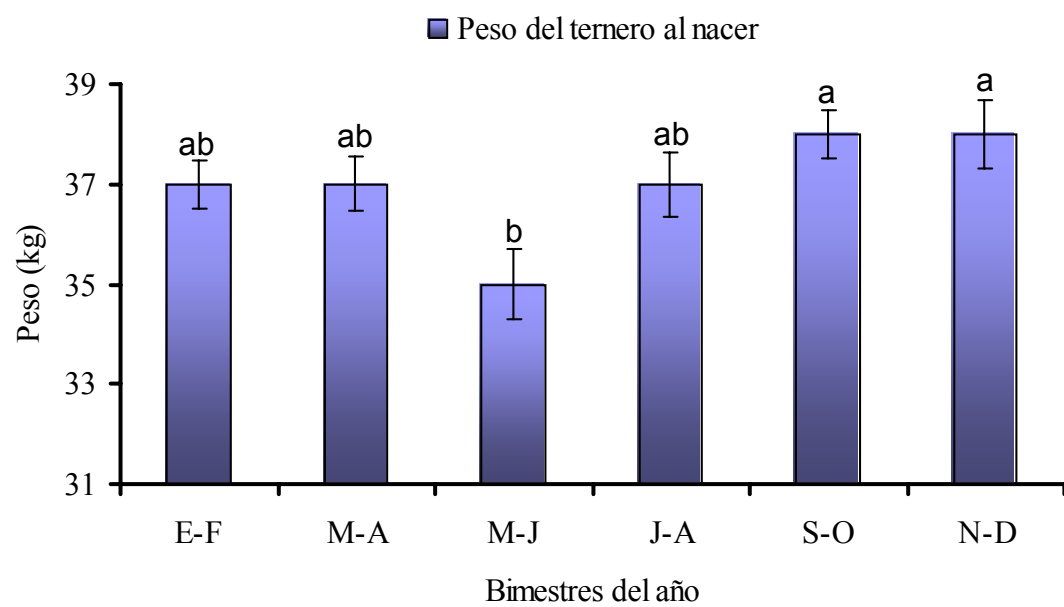


Fig. 3.9. Efecto del bimestre de entrada de las hembras al sistema en el peso de los terneros al nacer.
* ($P<0,05$)

En cuanto al efecto época, no se encontraron diferencias significativas en el peso de los terneros nacidos en seca y lluvia (tabla 3.8). De igual forma, las novillas con diferente edad al parto no mostraron diferencias en el peso de los terneros al nacer.

Tabla 3.8. Efecto de la época y la edad de las vacas al parto en el peso de los terneros al nacer.

Efectos	Niveles	Peso del ternero al nacer (kg)	ES [±]
Época	Seca	37,3	0,300
	Lluvia	36,7	0,390
Edad de las vacas al parto	< 40 meses	36,7	0,673
	40-50 meses	37,2	0,344
	> 50 meses	37,5	0,397

En la figura 3.10 se representa el comportamiento de los intervalos parto-primer servicio y parto-gestación de acuerdo con el bimestre de entrada de las hembras al sistema silvopastoril. Como se puede ver, existieron diferencias significativas entre los valores encontrados en los distintos bimestres del año para ambos indicadores reproductivos.

En el caso del IPS se encontró que las hembras que entraron al silvopastoreo en el bimestre mayo-junio tuvieron un intervalo entre el parto y el primer servicio significativamente superior ($P<0,05$) a las que lo hicieron en los restantes bimestres del año.

El IPG también presentó diferencias significativas ($P<0,05$) entre los distintos bimestres de entrada al sistema; en este caso el bimestre marzo-abril fue el de peor comportamiento para ese indicador, con un promedio de 216 días entre el parto y la gestación.

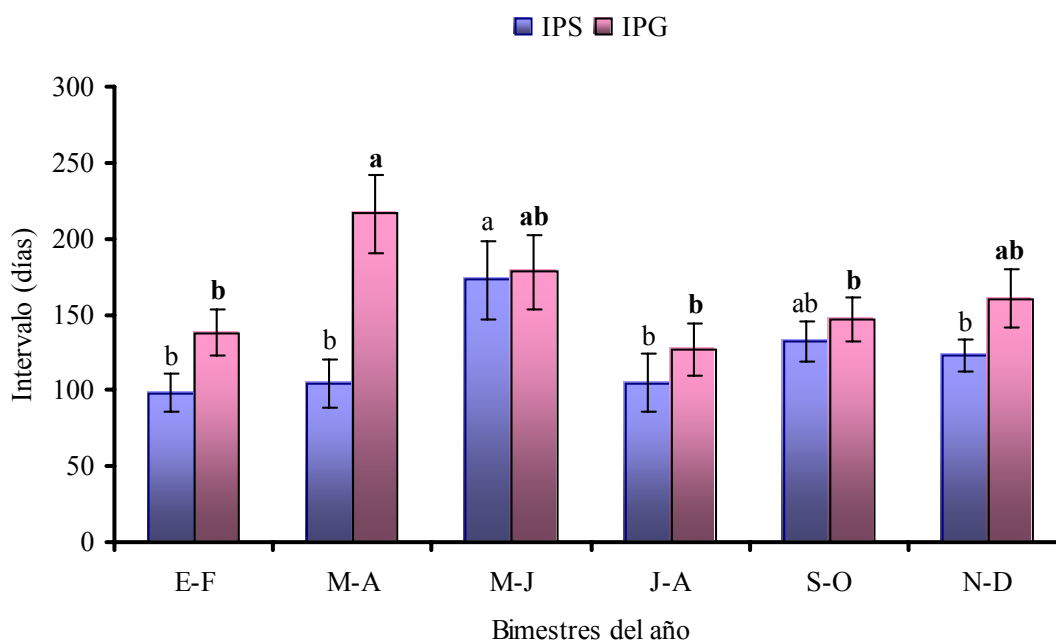


Fig. 3.10. Efecto del bimestre de entrada de los animales al sistema en los intervalos parto-primer inseminación y parto-gestación.

* $P<0,05$

En la figura 3.11 se puede apreciar que existieron diferencias significativas ($P<0,05$) para los valores del intervalo parto-primer servicio encontrados en las dos épocas del año, con un mejor comportamiento para el caso de la seca. Sin embargo, el intervalo parto-gestación de las vacas en ambas épocas mostró valores semejantes.

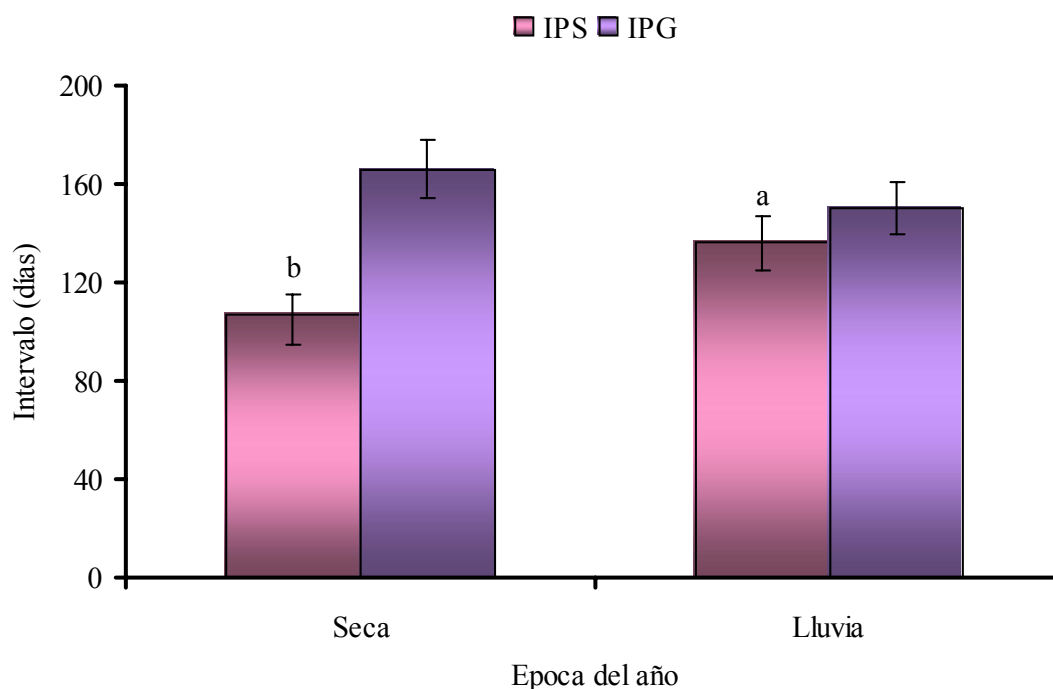


Fig. 3.11. Comportamiento por época de los intervalos parto-primera inseminación y parto-gestación.

* $P < 0,05$

En la tabla 3.9 aparece el número de servicios por gestación a través del análisis por bimestre y por época. Para el primer caso no se encontraron diferencias significativas entre grupos, mientras que para el caso de la época hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) a favor de la lluvia con respecto a la seca.

Tabla 3.9. Efecto del bimestre y la época de entrada de las hembras en los servicios por gestación de las vacas.

Efectos	Niveles de los efectos	Servicios x gestación	ES [±]
Bimestre	Enero-febrero	1,62	0,1697
	Marzo-abril	2,00	0,2016
	Mayo-junio	1,15	0,2306
	Julio-agosto	1,42	0,2400
	Septiembre-octubre	1,50	0,1772
	Noviembre-diciembre	1,67	0,2147
Época	Seca	1,75 ^a	0,1109**
	Lluvia	1,38 ^b	0,1210**

** $P < 0,01$

En la tabla 3.10 se presentan los resultados del hematocrito y la urea, analizados por época del año y por fases del ciclo productivo de los animales. Como se puede apreciar, en el caso del hematocrito no se encontraron diferencias entre las dos épocas del año en cuanto a este indicador, pero sí entre las distintas fases productivas de las vacas; en este caso los 8 meses de gestación fue el momento del ciclo con mayor valor (30,9), el cual fue significativamente superior ($P < 0,05$) al de las vacas problema (27,3).

Por el contrario, la urea plasmática no presentó diferencias entre las distintas fases del ciclo productivo de las hembras; mientras que en el caso de la época, la lluvia tuvo significativamente ($P<0,001$) menor valor de urea sanguínea que la seca.

Tabla 3.10. Comportamiento de los valores de hematocrito y urea sanguínea por época del año y fase del ciclo productivo de las vacas.

Efecto	Tratamientos	Hematocrito (g/L)	ES [±]	Urea (mg/dL)	ES [±]
Época	Seca	28,8	0,624	32,9 ^a	1,338***
	Lluvia	29,7	0,587	15,5 ^b	1,258***
	8 meses de gestación	30,9 ^a	0,830*	27,0	1,780
Fases	20 días de lactancia	29,7 ^{ab}	0,886*	21,1	1,899
	2 meses de lactancia	29,5 ^{ab}	0,924*	25,2	1,982
	Vacas problema	27,3 ^b	0,788*	23,5	1,677

* $P<0,05$

*** $P<0,001$

En la tabla 3.11 aparece la evaluación de los indicadores económicos de la unidad en el año que duró el período experimental. Es importante destacar que, como promedio, el precio de un litro de leche fue dos veces superior a lo que costó producirlo. Además, los ingresos brutos fueron muy superiores a los gastos totales, por lo que la relación beneficio-costó dio un valor elevado (\$ 4,51).

Tabla 3.11. Indicadores económicos de la unidad.

Indicadores económicos	Pesos (\$)
Ingresos brutos	235 602,10
Gastos totales	52 136,05
Flujo de caja	190 612,60
Gastos/ha	1 109,30
Gastos/vaca	734,30
Ganancia/ha	4 055,60
Ganancia/vaca	2 684,70
Relación beneficio/costo	4,51
Costo de 1 kg de leche	0,32
Precio de la leche	0,94

Capítulo IV. Discusión

El contenido de materia orgánica encontrado en el suelo de la unidad (4,3 %) fue superior al informado por Hernández, Cabrera y Berra (1986) y por la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes INRA (1975), cuyos valores fueron 2,2 y 2,65 %, respectivamente.

El pH del suelo fue de 6,5, lo que lo ubica en su clasificación en cuanto a este aspecto dentro del grupo de suelos de pH neutro (García-Trujillo, Monzote y Menchaca, 1989).

Este valor de pH de 6,5 fue ligeramente superior al reportado por Hernández et al. (1986) en este tipo de suelo, quienes encontraron valores de 6,2 como promedio; sin embargo, es inferior al informado por la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes INRA (1975), que fue de 7,2, lo que sugiere que dichos valores fueron normales, por estar dentro del rango referido por la literatura consultada.

El resto de los elementos analizados, tanto nitrógeno total como macro y microelementos, se encontraron en una proporción adecuada para este tipo de suelo y para las necesidades de las plantas que en ellos se cultivan actualmente (Paretas, 1990).

Estas características del suelo favorecen el crecimiento y desarrollo de las especies de gramíneas (pasto estrella y guinea) y leguminosas (leucaena) que se explotan en la vaquería (ver tabla 3.4 y anexos 2 y 3), pues estas se adaptan bien a suelos calcáreos (dentro de ellos los suelos Pardos con Carbonatos), con buen drenaje superficial, pH neutro y un adecuado porcentaje de materia orgánica (Paretas, 1990; García-Trujillo et al., 1989; Clavero, 1998^b; Murgueitio, Rosales y Gómez, 2001).

El contenido de proteína bruta (PB) encontrado en la leucaena no difirió entre épocas (26 vs 27 % para seca y lluvia, respectivamente) y tuvo un valor similar al encontrado por Cáceres y González (1998); Lamela et al. (1999) y Pinto, Ramírez, Ku-Vera, Hernández, Sánchez y Saucedo (2000) en sistemas de bancos de proteína, los cuales señalaron valores entre 23 y 26 % para ese indicador.

De igual forma, el contenido de PB señalado anteriormente (26-27 %) fue similar al reportado por Brunet, Moreno, Almaguer y Espinosa (2002) en sistemas donde se inoculó la leucaena con rizobio (24,2 %) y con rizobio más fosforina (24,2 %).

A su vez, los pastos tampoco mostraron diferencias entre épocas en el contenido de PB y, en sentido general, tuvieron valores adecuados para este indicador (tabla 3.2) al compararlos con los informados por otros autores (Lamela, Matías, Fung y Valdés, 1998; Gutiérrez, Delgado, Oramas y Cairo, 2000).

La elevada calidad nutricional encontrada en los pastos, sobre todo en cuanto a su contenido de PB, se debe a la presencia de la leucaena, con una alta densidad, en el pastizal, que como todos los árboles leguminosos tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo, a través de la simbiosis con los rizobios, que a su vez es aprovechado por las gramíneas presentes en el sistema (Tang, 1996; Hernández, 1998).

También el incremento de los compuestos nitrogenados en las gramíneas asociadas con especies arbóreas puede ser una respuesta adaptativa a la reducción de la luz, que ocurre como consecuencia de la sombra proyectada por los árboles, lo cual repercute en el fisiologismo de estas plantas que responden disminuyendo los valores de FB e incrementando los de PB (Pentón, 2000).

En el caso de la fibra bruta (FB), los mayores valores se encontraron en los pastos y la caña de azúcar, y fueron iguales al informado por Anon (2000) para las gramíneas en condiciones tropicales (entre 28 y 36 %). En la leucaena el contenido fue menor (18,5 %) que en las gramíneas, lo cual coincide con lo señalado por Iglesias (1996), Clavero (1998^a) y Gutiérrez et al. (2000), quienes obtuvieron valores entre 16 y 22 % para ese indicador.

En cuanto al calcio, es apreciable que no hubo diferencias entre épocas y los mayores valores se encontraron en la leucaena y la cascarilla de cítrico; mientras que las gramíneas mostraron menores concentraciones que las primeras y similares entre ellas. Sin embargo, en todos los casos las concentraciones de este mineral estuvieron dentro de los rangos considerados normales para estas especies (Clavero, 1997; Combellas, 1998; Gutiérrez et al., 2000). Dichos valores pueden considerarse adecuados para satisfacer los requerimientos de vacas de mediano potencial lechero cuando se consumen estos alimentos en cantidades suficientes (NRC, 2001).

El contenido de fósforo en todos los alimentos fue bajo, debido a que su concentración estuvo por debajo de 0,33 %, valor recomendado por el NRC (2001) para vacas lecheras, lo que motivó la necesidad de suplementar con sales minerales para evitar el déficit de este mineral.

La composición botánica del pastizal (tabla 3.3) mostró que el por ciento de pasto mejorado, durante el período de evaluación, se mantuvo por encima del 67 %, con un porcentaje de incremento en un año de un 6 %, lo que evidenció la persistencia y adaptación de estas especies a las condiciones de explotación de la unidad.

Dentro de las especies mejoradas hubo un predominio, en el pastizal, del pasto estrella con respecto a la guinea. Además, se produjo un incremento del primero al final del período en más de 8 unidades porcentuales. Este comportamiento pudo estar relacionado con la agresividad manifiesta del pasto estrella (Paretas y Rivero, 1990) y con la selección realizada por los animales al pastar, ya que se conoce la preferencia de los rumiantes por los pastos con una mayor proporción hoja:tallo, como la guinea (García-Trujillo, Pérez-Infante, García y Basulto, 1980).

Los pastos naturales tuvieron una proporción media dentro de la composición botánica y se pudo observar que primero presentaron una tendencia a incrementarse, pero finalmente tuvieron una ligera disminución en el área, lo que pudiera estar influenciado por su estacionalidad o por la invasión del pasto estrella, que aumentó su área cubierta dentro del sistema.

Las leguminosas volubles (*Neonotonia wightii* y *Teramnus labialis*) aparecieron de forma espontánea en los cuarterones y se desarrollaron debido al reposo en la etapa de establecimiento y a la protección ejercida por los árboles que les sirvieron de tutores a muchas de ellas, protegiéndolas del consumo de los animales (Simón, 1998). Sin embargo, su población se redujo durante el tiempo de evaluación, lo que se debió a su alto consumo.

Por su parte, las malezas (*Dichrostachys cinerea* y *Acacia farnesiana*) presentaron una población baja y manifestaron el mismo comportamiento que los pastos naturales, aunque en este caso la disminución se debió principalmente a su control a través de la chapea.

El comportamiento de la leucaena evidenció que hubo un aumento en el diámetro del fuste de las plantas, motivado por su desarrollo. Sin embargo, la altura se mantuvo constante debido al efecto ejercido por la poda de los árboles en este indicador morfológico. De igual forma, la densidad de árboles tuvo muy poca variación durante la etapa experimental; solo se constató una ligera reducción, que pudo deberse a la desaparición de las plantas más pequeñas como consecuencia de un mayor consumo por los animales y/o de la sombra proyectada por los árboles de mayor altura (Pezo e Ibrahim, 1999).

La disponibilidad total de gramíneas y leguminosas durante el año (tabla 3.5) fue alta, con valores superiores a 3 t de MS/hectárea/rotación para las dos épocas y los seis bimestres, excepto en marzo-abril, que fue menor (2,9 t de MS/ha/rotación), aunque se puede considerar elevada para esa época del año (seca) si se compara con la de pastizales de gramíneas sin fertilizar (2 t de MS/ha/rotación) y manejados con cargas parecidas a las del presente trabajo (Guevara, 1999).

Aunque la disponibilidad de pasto, en sentido general, fue alta, se observó un efecto de los distintos bimestres en este indicador, que fue menos marcado para los correspondientes a la época de seca, lo cual se debió a que en el período poco lluvioso disminuyen las precipitaciones, la radiación solar y las temperaturas, factores que influyen en el crecimiento de las plantas (Crespo, Suárez, Ramos y Herrera, 1980).

La oferta total de materia seca en ambas épocas fue elevada, con valores superiores a 47 kg/animal/día, y además tuvo poca variación entre ellas. Este nivel de oferta se encuentra dentro del rango recomendado para los pastos tropicales, donde los animales pueden realizar una buena selección y alcanzar producciones de leche de alrededor de 8 kg/vaca/día a base de pasto como único alimento, cuando estos se encuentran fertilizados. (Stobbs, 1977; Milera, Martínez, Cáceres y Hernández, 1986).

Sin embargo, en pastizales donde esté presente la leucaena con las leguminosas volubles y las gramíneas hojosas, como la guinea, los valores de disponibilidad no requieren pasar de los 25 kg de MS/vaca/día para que se alcancen altos volúmenes de producción de leche (Hernández, Carballo, Mendoza y Fung, 1994).

Por el contrario, entre los bimestres se encontró una mayor variación en cuanto a este indicador; el menor valor fue para el bimestre marzo-abril (40,9 kg de MS/animal/día) y el mayor para julio-agosto (58 kg de MS/animal/día). A pesar de dicha variación, la oferta de materia seca fue alta para todos los bimestres, pues estuvo por encima de 40 kg de MS/animal/día (Hernández, Carballo y Reyes, 1998).

Al realizar un análisis del balance alimentario de las vacas a través de los bimestres, se encontró que en todos los casos la proteína excedió las necesidades de las vacas en producción, con un

mayor porcentaje en los bimestres mayo-junio, julio-agosto y septiembre-octubre (o sea, los correspondientes a la época de lluvia).

Por otra parte, se demostró que en todos los bimestres los animales tuvieron un exceso de calcio en la ración, que fue superior al 90 % de sus requerimientos. Dicho exceso se debió, por un lado, a la alta concentración de calcio que presentaron los alimentos ofertados en la dieta (ver tabla 3.2), y por otro, al incremento en el consumo de sales minerales para satisfacer las necesidades de fósforo.

Las deficiencias energéticas encontradas en el balance se debieron a la baja concentración de energía de la ración en todos los bimestres (entre 2 y 2,1 Mcal/kg de MS), por lo que se hace necesario suplementar con un concentrado energético o de lo contrario la producción de leche estará limitada por este nutriente, además de sus graves efectos en la reproducción (Wattiaux, 1998).

Las necesidades de fósforo fueron cubiertas en todos los bimestres gracias a la oferta de sales minerales a voluntad durante todo el año, con lo cual se evitó la deficiencia de este importante mineral.

Los excesos de PB encontrados en el balance alimentario (realizado a los animales en producción) en las dos épocas del año se debieron, en primer lugar, a la relativamente alta concentración proteica del pasto y la leucaena, y en segundo lugar, al incremento del consumo de estos voluminosos en un intento por cubrir sus requerimientos energéticos.

Los excesos de proteína bruta son degradados a amoníaco por los microorganismos ruminales y posteriormente absorbidos y llevados al hígado por la circulación portal, donde es convertido en urea. Este proceso de detoxificación requiere un consumo de energía, la cual es importante en todo momento, pero más crítica en el caso de tratarse de vacas lecheras de mediana o alta producción al inicio de la lactancia. Dicha conversión le cuesta al animal alrededor de 12 kcal/g de nitrógeno (Canfield et al., 1990; Arias y Nesti de Alonso, 1999).

La energía, a su vez, presentó las mayores deficiencias en la época de seca, pues solo se cubrieron los requerimientos de los animales en un 91 %; mientras que en la lluvia estuvo muy cerca del balance, ya que fueron cubiertas las necesidades en un 98,6 %.

Según Álvarez (1991), una deficiencia de energía metabolizable de hasta un 5 % es normal en el balance alimentario de vacas lecheras cuando no hay excesos de proteína bruta en la dieta; sin embargo, aunque en el presente trabajo la deficiencia de energía encontrada en el balance durante la época de lluvia fue baja (1,4 %), hubo un exceso de PB de un 38 % que intensificó el BEN existente.

La deficiencia de energía en la dieta conlleva una mala utilización de la proteína. Cuando no hay disponibilidad de energía en el rumen, los microorganismos degradan las proteínas de las plantas a ácidos grasos volátiles, para de esta forma obtener sus fuentes de energía (Leng, 1991). Este es un proceso sumamente costoso que agrava aún más el balance energético negativo (BEN) existente, debido a la necesidad de eliminar el amoníaco obtenido en el proceso de desaminación de los aminoácidos, utilizándose 4 moles de ATP para formar cada mol de urea que ha de ser excretado por el riñón.

En relación con los minerales, se cubrieron los requerimientos tanto de calcio como de fósforo; sin embargo, el calcio estuvo en exceso en más de un 90 % de las necesidades de los animales.

Además de la importancia que tiene cubrir los requerimientos de Ca y P de una ración, también la relación entre ellos presenta una importante significación, pues se sabe que deben estar en una proporción 2:1, con preferencia por una relación 1,3-1,4:1 (Cappa, 1993).

De acuerdo con lo anterior, esta relación calcio-fósforo encontrada en la dieta de los animales no fue adecuada, pues tuvo una proporción 2,5:1 y 2,8:1 para lluvia y seca, respectivamente, aun cuando para ambas épocas la relación Ca:P de los requerimientos fue 1,6:1.

A pesar de esto, se ha observado una actividad reproductiva normal con relaciones entre 1,5:1 y 5:1. Por tanto, resulta que la relación Ca:P es menos importante que el nivel de integración entre ellos (Cappa, 1993).

Teniendo en cuenta lo anterior, es evidente que las mayores dificultades se presentaron en la seca. De todas formas, una ración debe ser siempre balanceada tomando en consideración los requerimientos de calcio y fósforo y no la relación entre ellos.

El rápido incremento de la CC de las novillas entre la entrada al silvopastoreo y el parto que se observa en todos los bimestres (fig. 3.3) es el resultado del mejoramiento de la calidad de la

ración en animales sometidos a planos bajos de alimentación en sistemas con gramíneas sin fertilizar.

Después del parto y hasta los 240 días de lactancia los animales, en todos los bimestres de entrada, presentaron una CC promedio por encima de 3, lo que indica que este sistema brinda alimento suficiente para mantener una CC favorable durante toda la lactancia.

En el período posparto, en todos los casos existió una tendencia a mantenerse la CC de las vacas hasta los 60 días de lactancia, excepto para el bimestre noviembre-diciembre donde disminuyó casi 0,2 unidades. Esto se debió a que las vacas parieron en el bimestre enero-febrero y llegaron a los 60 días de lactancia en marzo-abril, que es el bimestre con menor disponibilidad y oferta de materia seca en todo el año (ver tabla 3.5). No obstante, esa disminución en la condición de los animales es normal, pues en vacas de mediano y alto potencial lechero se aceptan hasta 0,5 unidades de pérdida de CC entre el parto y el pico de lactancia (Butler, 2000^b).

El mayor valor de CC al parto encontrado en las hembras que entraron al silvopastoreo en el bimestre julio-agosto, con respecto a las que lo hicieron en marzo-abril y mayo-junio, se debió a que en el primer caso los animales tuvieron un mayor incremento de CC entre la entrada a la unidad y el parto (0,4 unidades), lo cual es consecuencia de la elevada disponibilidad de MS durante ese bimestre del año.

La diferencia de CC en las hembras a los 60 días de lactancia entre el bimestre julio-agosto y los restantes bimestres de entrada al silvopastoreo se debió, fundamentalmente, a que para el primer caso no hubo variación de la CC de los animales entre el parto y los dos meses de lactancia, mientras que en los bimestres enero-febrero y noviembre-diciembre se constató una ligera disminución, ya que llegaron a esa etapa del ciclo productivo en los bimestres que tuvieron relativamente una menor oferta de alimento en el año (marzo-abril y mayo-junio).

El comportamiento similar de la CC durante todo el período productivo en los animales que entraron al silvopastoreo tanto en lluvia como en seca (fig. 3.4), es el producto de la estabilidad que existió en la producción de alimentos de buena calidad nutricional, en este sistema, durante todo el año (ver tabla 3.5). Por tanto, la inclusión de los árboles es una buena opción para mantener una adecuada CC en los animales, pues, en sentido general, las leguminosas arbóreas incrementan el rendimiento de los pastos que viven en asociación con ellas (Iglesias, 1998^b).

En relación con este indicador, en el presente trabajo más del 90 % de los animales presentaron una CC de 3 a 3,5 entre el parto y los 120 días de lactancia. Estos resultados son superiores a los informados por Reinoso (2002), quien encontró alrededor de un 50 % de las vacas en dicho rango de CC durante ese período de la lactancia, lo cual pudo deberse a una menor disponibilidad de alimentos en este sistema, que impidió que los animales realizaran una adecuada selección del pasto para consumir (Lamela et al., 1999).

En la figura 3.5 se observó que a los 30 días de lactancia la mayor producción de leche la alcanzaron las hembras que entraron en el sistema silvopastoril en los bimestres mayo-junio y julio-agosto, o sea, los bimestres con menor y mayor rango de CC, respectivamente, en esa fase de la lactancia; ello sugiere que la CC de las vacas no fue el factor limitante de la producción de leche, sino la alimentación, pues los animales que entraron en mayo-junio alcanzaron los 30 días de lactancia en el bimestre julio-agosto, que se correspondió con el de mayor disponibilidad y oferta de alimento durante el año.

De forma similar, las hembras correspondientes al bimestre de entrada enero-febrero tuvieron significativamente mayor producción de leche a los 120 días de lactancia que las del bimestre septiembre-octubre, lo cual se debió a que las primeras llegaron a los 120 días de lactancia en el bimestre julio-agosto, mientras que las segundas lo hicieron en marzo-abril.

Como se pudo apreciar en la figura 3.6, a los 30 días de lactancia se encontraron diferencias altamente significativas para la producción de leche entre las dos épocas de entrada al silvopastoreo, aun cuando la CC fue similar para ambos momentos (fig. 3.4), y se conoce que existe una alta correlación, al inicio de la lactancia, entre la CC de las vacas y su nivel de producción (Waltner et al., 1993).

Sin embargo, en este caso las vacas presentaron en ambas épocas rangos adecuados de CC (entre 3,2 y 3,3). Por lo tanto, se puede inferir que las diferencias en producción de leche no se debieron a este efecto, sino a una mayor deficiencia de energía en la seca que se evidenció a través del balance alimentario (fig. 3.2) y del incremento en el nivel de urea sanguínea en esa época del año (tabla 3.10).

Entre los 30 y 60 días de lactancia la producción promedio de leche en las dos épocas fue de 9,1 kg/vaca/día, similar a lo reportado por Reinoso (2002), quien encontró en vacas Siboney de Cuba en sistemas silvopastoriles una producción de 9 kg/vaca/día.

Sin embargo, a los 90 días de lactancia la producción fue similar para ambas épocas de entrada al silvopastoreo y mantuvo un rango, para los dos casos, entre los 8,8 y 9,2 kg/vaca/día.

A los 120 días de lactancia se encontraron diferencias significativas, pero en este caso para ($P<0,01$), y la mejor época de entrada resultó ser la seca, con 9,2 kg/vaca/día. Esto se debió a que los animales alcanzaron esa duración de la lactancia en el período lluvioso, cuando hubo un mejor balance de energía; mientras que los animales introducidos en la lluvia produjeron solo 8,0 kg/vaca/día, pero alcanzaron esa fase de la lactancia en el período de seca, que tuvo una deficiencia de energía de un 9 % en el balance alimentario de los animales.

El incremento en la producción de leche cuando se utilizan árboles forrajeros de alto valor proteico se debe, quizás, a que la parte de la proteína que es asimilada se utiliza con una alta eficiencia; además, entre los compuestos antinutricionales existen algunos beneficiosos, como los taninos, que protegen la proteína de la fermentación ruminal, la que se libera en condiciones de alta acidez en el abomaso, contribuyendo así a evitar pérdidas de nitrógeno por degradación. De esta manera, la proteína de los árboles forma complejos con las proteínas provenientes de otros alimentos, y así pasan directamente a las zonas bajas del tracto digestivo (intestinos) donde son aprovechadas más eficientemente (Ojeda, 1996).

Después de los 150 días de lactancia y hasta los 240 días, las vacas introducidas al silvopastoreo en lluvia y seca tuvieron producciones de leche similares, que fueron superiores a los 7 kg/vaca/día entre los 150 y 180 días de producción, y por encima de 6 kg/vaca/día en el intervalo de 180 a 240 días de lactancia. Estos resultados son semejantes a los informados por Reinoso (2002), que obtuvo en el genotipo Siboney producciones entre 5,8 y 6,3 kg/vaca/día a partir de los 210 días de lactancia.

En la figura 3.7 se muestra la situación por bimestres de la producción promedio por lactancia, así como la duración media de esta. Es de notar que las vacas mantuvieron durante todo el año una duración promedio de su lactancia superior a los 285 días, sin que se encontraran diferencias entre los distintos bimestres de entrada al sistema.

Estos resultados fueron superiores a los reportados por la Empresa Genética de Matanzas (274 días) en ese mismo período de tiempo (DNG, 2000), lo que indica que los sistemas silvopastoriles mejoran no solamente la producción de leche diaria, sino que también ejercen un efecto positivo en la duración de la lactancia de las vacas.

Por otra parte, se encontró que las vacas que entraron al silvopastoreo en el bimestre mayo-junio produjeron significativamente ($P<0,05$) más leche que las que lo hicieron en julio-agosto (8,4 vs 7,4 kg/vaca/lactancia). Esto se debió a que las vacas introducidas al sistema silvopastoril en mayo-junio tuvieron una alta producción de leche al inicio de la lactancia, que les permitió realizar un gran acumulado de leche; mientras que a mediados y al final de la lactancia presentaron valores promedio con respecto a los restantes bimestres.

Sin embargo, aunque las vacas correspondientes al bimestre de entrada julio-agosto comenzaron con una alta producción (superior a los 10 kg/vaca/día), tuvieron una gran caída en la producción al segundo mes y a partir de ese momento continuó descendiendo hasta terminar por debajo de los 6 kg/vaca/día a los 240 días de lactancia.

Al analizar estos mismos indicadores, pero bajo la influencia del efecto época (tabla 3.6), existió un comportamiento similar en las dos épocas, tanto para la producción de leche por lactancia como para la duración de la lactancia. Esto fue el resultado del mantenimiento de una oferta alimentaria aceptable durante todo el año y de la realización de adecuadas prácticas de manejo de los animales.

La duración de la lactancia lograda por los animales en el presente estudio tuvo un comportamiento superior al informado para el mismo período en los genotipos Holstein, Siboney y Mambí de Cuba a nivel nacional, los cuales promediaron 274, 266 y 269 días, respectivamente (CENCOP, 2000).

El contenido de grasa en la leche (tabla 3.7) indica que se encontraron diferencias altamente significativas ($P<0,001$) para este indicador entre las dos épocas del año, y el valor fue mayor en la seca (3,8 %) que en la lluvia (3,6 %).

Las diferencias encontradas en el porcentaje de grasa en la leche se debieron a que este indicador presentó un coeficiente de variación menor que el observado en el rendimiento lácteo

(18,6 vs 30,9 %), lo que coincide con lo informado en la literatura, que señala para el primero valores del CV entre 18 y 19 % y para el segundo de 22 a 40 %, en dependencia del racial de los animales, ya que se conoce que los menores valores se encuentran en las razas *Bos taurus* y los mayores en las *Bos indicus* (Mahadevan, 1973; Lamela, 1976).

La curva de lactancia (figura 3.8) tuvo un ajuste altamente significativo ($P < 0,001$) y además los animales alcanzaron el pico de producción de leche en el primer mes de lactancia, lo que se corresponde con las características productivas de las vacas de primer parto que reciben una alimentación adecuada (Ribas, 1988).

Además, se pudo apreciar que la producción de leche se incrementó hasta alcanzar el pico de producción a los 30 días (8,5 kg/vaca/día) y decreció linealmente con el incremento de los días de lactancia. También se produjo una alta persistencia de la lactancia, que es característico de las vacas de esta especie en su primer parto (Lamela, 1976).

El peso de los terneros al nacer por bimestre de entrada de las hembras al sistema, que aparece representado en la figura 3.9, indica que las crías nacieron con un rango de peso promedio entre los 35 y 38 kg, y que además se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los bimestres, con un mayor valor del peso al nacer en septiembre-octubre y noviembre-diciembre y el menor valor para dicho indicador en mayo-junio.

La disminución en el peso de los terneros al nacer en el bimestre mayo-junio pudo deberse a que ese fue el bimestre de entrada en que las hembras tuvieron un menor incremento de CC desde su incorporación al silvopastoreo hasta el momento del parto, además del efecto ejercido por la radiación solar durante esos meses en que, como se conoce, existe una mayor duración del día e intensidad de radiación solar, que tiende a provocar estrés por calor en las vacas.

Según Bell, McBride, Slepatis, Early y Currie (1989), la talla reducida de las crías al nacer en las ovejas está correlacionada con el pequeño tamaño de las placentas, y el peso de la placenta se ha reducido hasta en un 54 % por la exposición de las ovejas al calor. Por lo tanto, estos autores llegaron a la conclusión que un feto pequeño es el resultado de una placenta de talla reducida, lo cual pudo deberse a los cambios hormonales provocados por el estrés por calor.

En el caso de la época, el comportamiento del peso de las crías al nacer fue similar para la lluvia y la seca (36,7 y 37,3 kg, respectivamente). Además, estos resultados fueron superiores a los reportados por Ruiz, López, Schonmuth, Seeland y Planas (1991) para el cruce Holstein x Cebú en Cuba (32 kg), y también fueron ligeramente superiores a los informados por López (1985) para los cruzamientos en el trópico (30-35 kg).

Por otra parte, dichos resultados fueron similares a los hallados por Reyes, García y Jordán (1998) cuando se utilizaron niveles medios de alimentación preparto en vacas Holstein comerciales (37, 8 kg/animal).

En la tabla 3.8 se evidencia que la edad de las vacas al parto no tuvo influencia en el peso de los terneros al nacer, lo cual es característico de las vacas de primer parto, de una misma raza, cuando han alcanzado un desarrollo y peso corporal cercano al de los animales adultos.

Las diferencias encontradas en el IPS entre los bimestres julio-agosto y mayo-junio indican que, a pesar de que la CC no fue un factor limitante para la producción de leche al inicio de la lactancia, sí lo fue para la expresión del potencial reproductivo de los animales, pues las hembras con mayor CC al parto y durante el primer tercio de la lactación (bimestre julio-agosto) tuvieron un intervalo entre el parto y el primer servicio menor (105 días) que las hembras con menor CC (bimestre mayo-junio) en ese mismo período (173 días).

Al analizar los resultados del IPS por época del año, hubo un mejor comportamiento de este indicador en la seca que en la lluvia (107 vs 136 días). Estos resultados difieren de los reportados por otros autores en cruces Holstein x Cebú en el trópico. Por ejemplo, Reinoso (2000) obtuvo en la raza Siboney, explotada en un sistema silvopastoril, un IPS mayor en la seca que en la lluvia (123 vs 99 días), debido a que en ese sistema el incremento del IPS en la seca estuvo más bien relacionado con la deficiencia de nutrientes en esa época del año que con el efecto estacional.

El incremento del valor del IPS en lluvia pudo deberse a una disminución en la detección del celo en esa época del año, pues como se sabe el incremento de la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar tienden a provocar estrés por calor, sobre todo en las vacas lecheras de mediano y alto potencial lechero, con lo cual se incrementa la frecuencia de celos silentes (Varner, 1992), así como su expresión en las horas nocturnas que se corresponden con el momento más fresco del día (Wattiaux, 1998), pero también donde no se hace labor de detección.

Es posible que la causa de no detectar el celo a muchas vacas sea la existencia de un verdadero fallo en la función ovárica y la consiguiente ausencia de estro. Pero es más frecuente, cuando existen temperaturas ambientales elevadas, que el origen sea una reducción de la frecuencia de montas entre vacas; esto hace que el ganadero pierda muchos celos en sus observaciones periódicas durante los meses en los que perdura esta climatología. También puede ocurrir, y es un hecho que siempre hay que tener en cuenta, que el ganadero tenga los dos problemas al mismo tiempo (Shearer, Bray y Bucklin, 1999).

Otro factor que potencia el incremento del IPS en lluvia es el mal manejo del toro recelador, pues esta es la época del año en que las vacas tienen una mayor expresión de celos silentes no detectados por el hombre, por lo que se precisa de una mayor eficiencia en el uso del toro para reducir al mínimo posible las consecuencias de este efecto negativo.

Por otra parte, la mayor duración del IPS en la lluvia con respecto a la seca pudo haber estado relacionada con el efecto que ejercen los factores estresantes medioambientales en el animal, los cuales tienden a exacerbar el daño ocasionado por el incremento en el consumo de proteína y el consiguiente aumento del nitrógeno ureico plasmático (NUP), lo que genera un gasto extra de energía y un balance energético aun más negativo (Ferguson, 1996).

El aporte limitado de energía en la dieta tiene un efecto en la función ovárica de las hembras antes y después del parto, por lo que se produce una reducción del diámetro folicular y de la persistencia del folículo dominante (Murphy y Pescador, 1997), así como la demora en el inicio del crecimiento de los folículos de gran talla (Perry, Corah, Cochran, Beal, Stevenson, Minton, Simms y Bretour, 1991), todo lo cual genera un proceso de anestro posparto que demora la aparición del primer celo.

El IPS promedio del año fue de 121 días, un valor elevado para este indicador si se tiene en cuenta que debe estar entre 60 y 90 días. Sin embargo, estos resultados son semejantes a los obtenidos en la Empresa Genética de Matanzas (126 días) con ese genotipo y en el mismo período de evaluación (CENCOP, 2000).

El IPG mostró un comportamiento similar en las dos épocas del año, con valores para la seca y la lluvia de 167 y 150 días, respectivamente. Esto evidencia que la variación estacional no tuvo una gran influencia en este indicador.

Sin embargo, aunque el IPG promedio durante todo el año de evaluación fue de 160 días, inferior al obtenido en la Empresa Genética de Matanzas (195 días) y en los rebaños genéticos Mambí a nivel nacional con 216 días (CENCOP, 2000), representa un valor elevado para ese indicador si se compara con los IPG que se consideran adecuados (<120 días) a nivel mundial (Blanco, 2000). Por tanto, el incremento del valor de ese intervalo por encima de los valores normales estuvo relacionado con la deficiencia de energía en el balance alimentario durante la época de seca y con los excesos de proteína correspondientes a la de lluvia.

Los efectos del incremento de la proteína en la dieta varían ampliamente, pero todas las etapas del ciclo reproductivo, desde el retorno de los ciclos estrales después del parto hasta la supervivencia del embrión, pueden ser afectadas (Laven y Drew, 1999).

Por otra parte, los excesos de proteína en la ración de las vacas lecheras provocan un incremento en los niveles de urea en sangre, lo cual tiene varios efectos perjudiciales en la reproducción, ya que puede retrasar la primera ovulación, el primer servicio y, en consecuencia, el período de servicio (Saloniemi, 1993); además, se ha comprobado que reduce la actividad ovárica y las concentraciones de progesterona (P_4) sérica.

Otro efecto que pudo incrementar el valor del IPG es el relacionado con los altos niveles de calcio presentes en la ración (ver figura 3.2). Según Wattiaux (1998), los excesos de calcio, fósforo y molibdeno, en la dieta, han estado asociados, frecuentemente, a casos de fertilidad reducida en los bovinos.

La ausencia de diferencias encontrada en los distintos bimestres, para los servicios por gestación, pudo deberse a un pequeño tamaño muestral en el análisis de un indicador que requiere un mayor número de individuos para que revele las diferencias.

Sin embargo, el análisis por época evidenció que los animales incorporados al silvopastoreo en la lluvia necesitaron un menor número de servicios para lograr la gestación (1,38) que aquellos introducidos al sistema durante la seca (1,75).

Este comportamiento pudo estar asociado a la mayor deficiencia energética que presentaron las vacas en el período de seca, lo cual incrementa la magnitud e intensidad del balance energético

negativo (BEN) posparto y, por tanto, también disminuye el número de ovulaciones previas a la primera inseminación.

Según Cappa (1993), existe una correlación lineal y positiva entre el número de ovulaciones que ocurren antes del primer servicio y el porcentaje de gestación en la primera inseminación.

Por otra parte, la deficiencia de energía reduce el desarrollo folicular y el nivel de producción de 17 β -estradiol en el folículo, y además aumenta el número de folículos atrésicos y los ciclos anovulatorios; en otros casos se reduce el tamaño del cuerpo lúteo, el nivel de secreción de progesterona (Schillo, 1992; Pedroso, González, Lavandeira y Ruiz, 1994) y la concentración de glucosa en el fluido uterino, afectando de esta forma la supervivencia del embrión en las primeras etapas de su desarrollo (Pedroso y Roller, 1996).

Otra causa del aumento del número de servicios por gestación en la época de seca puede haber sido la elevada concentración de urea plasmática encontrada durante ese período del año, ya que los resultados del presente trabajo coinciden con los informados por Gómez, Charmandarian, Figallo, Marini, Torresi y Castillo (2000), quienes encontraron un incremento significativo ($P < 0,01$) en los servicios por gestación de las vacas con una concentración de urea lactea superior a 20 mg/dL.

Según Ferguson et al. (1993) las concentraciones de urea plasmática por encima de 19 mg/dL han estado relacionadas con la reducción del porcentaje de gestación en vacas lecheras, debido a un efecto tóxico directo sobre el óvulo, los espermatozoides y los embriones jóvenes; y por otra parte, a que el amoníaco influye en las concentraciones sanguíneas de glucosa y lactosa.

Estos fenómenos, unidos a otras causas de origen infeccioso o factores climáticos estresantes provocan un síndrome de repetición de celos que se manifiesta en la ausencia de fecundación, la muerte embrionaria y los abortos, que condicionan un incremento en el número de servicios por gestación.

Asimismo, se encontró que el número de servicios por gestación promedio para las dos épocas en el período de evaluación (1,6), fue inferior al reportado para los rebaños genéticos Siboney y Mambí de Cuba en el año 2000 (2,61 y 2,17, respectivamente) (DNG, 2000), y similar al informado por Caballero, Novoa, Casanova, Valera y Machado (2002) en vacas mestizas Siboney en un sistema de pastoreo rotacional utilizando el pasto cultivado king grass CT-115, quienes obtuvieron un promedio de 1,5 servicios por gestación.

En este sentido, el número de servicios por concepción obtenido en la unidad (1,6) se corresponde con el planteado por Bouisset (citado por Blanco, 2000) como ideal, en su modelo teórico, para rebaños con un 60 % de fertilidad, y en el que se fundamenta la posibilidad de hasta un 6 % de vacas repetidoras en el hato.

No obstante, a pesar de que todos los efectos citados anteriormente pudieron afectar, en mayor o menor grado, la eficiencia reproductiva de las vacas, es necesario destacar que en general esas hembras tuvieron como promedio una edad de incorporación de 32 meses, con un intervalo incorporación-gestación de 200 días y una edad al primer parto de 49 meses, por lo que presentan daños irreversibles en su aparato reproductor que no mejorarán significativamente aun cuando consuman una dieta balanceada (Álvarez, 1999).

Según este mismo autor, las novillas que no se alimenten bien antes de gestarse, aunque reciban una alimentación óptima durante el parto, no producen la misma cantidad de leche y presentan irregularidad en sus ciclos estrales.

Los valores de hematocrito en los animales estuvieron dentro de los parámetros normales (32 ± 4 %) y fueron similares en lluvia y seca (29,7 vs 28,8%). La ausencia de diferencias en cuanto a este indicador sanguíneo de las vacas en las dos épocas, obedeció al mantenimiento de una aceptable oferta de materia seca de buena calidad (sobre todo en relación con la proteína bruta) durante todo el año, que garantizó un adecuado proceso de hematopoyesis.

Según Álvarez (1999), los valores de hemoglobina y hematocrito constituyen un buen indicador del consumo proteico, aunque los cambios que se deriven en uno por el efecto de otro se producen, generalmente, de forma lenta. Así, cuando existe deficiencia de proteínas, disminuyen las concentraciones sanguíneas de estos indicadores y el fallo resultante es un cuadro de anemia.

En los bovinos, el organismo no dispone de un fuerte mecanismo de homeostasis para mantener constantes los niveles de urea en sangre, por lo que su variación está sujeta a los cambios que tengan los animales en la dieta (Álvarez, 1999).

Cuando en el monitoreo metabólico de los animales las concentraciones de urea son altas, pueden relacionarse con: el aumento en el consumo de proteína; el suministro de proteínas

fácilmente digestibles o un alto nivel de nitrógeno no proteico, que motivan una mayor absorción de amoníaco en el rumen y, por consiguiente, un aumento en la síntesis hepática de urea; y por último, con los reducidos consumos de energía, que provocan una disminución en la síntesis de proteína microbiana y favorecen la elevación del pH ruminal con incrementos en la absorción de amoníaco (Álvarez, 2001).

El incremento en el valor de urea plasmática de los animales en la época de seca (32,9 mg/dL) se debió al efecto combinado de varios factores. En primer lugar, al consumo de urea en la ración que incrementó directamente el nivel de proteína digestible en rumen (PDR); en segundo lugar estuvo el elevado consumo de leucaena, que constituye otra fuente de proteína fácilmente fermentable en rumen, y por último el incremento del balance energético negativo en esa época del año.

Se ha establecido que la concentración de urea a nivel sanguíneo se eleva cuando los animales consumen dietas ricas en proteína verdadera fácilmente degradable o nitrógeno, pero la relación entre la proteína de la dieta y la urea en sangre depende, en muchos casos, del balance energía:proteína (Lascano, 1996).

Las concentraciones de urea en sangre pueden variar considerablemente debido a varios factores. Entre los más importantes se encuentran el consumo de proteína en la dieta, el consumo de energía y el nivel de excreción a través de la orina. Por tanto, el consumo de dietas con alto contenido de proteína puede resultar en un incremento en el nivel de urea en sangre. De igual forma la disminución en el consumo de energía puede conllevar al incremento de los valores de este metabolito en sangre (Ferguson, 1998).

El análisis de los resultados económicos indicó que los ingresos totales fueron altos, debido fundamentalmente al elevado precio de la leche (tabla 3.11). Además, los gastos totales se debieron, mayormente, al salario de los trabajadores de la unidad, que fue de \$1 200 como promedio en el año.

En el período de evaluación se logró una relación beneficio-costos de \$4,51, así como un alto precio del litro de leche (\$0,94) gracias a su calidad tanto higiénica como nutricional; mientras que el costo de un litro de leche fue solo de \$0,32, lo cual se debió al bajo uso de insumos producidos fuera del sistema.

En general estos resultados son superiores a los referidos por Guevara (1999), quien alcanzó, para el mejor año de evaluación, ingresos totales de \$132 563,0, con un costo de producción de \$0,61 y una relación beneficio-costos de \$0,76.

De igual forma, este autor obtuvo una relación negativa para varios indicadores. Entre ellos, el flujo de caja (ingresos-egresos) fue de \$-31 176,61, lo que trajo como consecuencia pérdidas por área y por vacas. Por el contrario, en nuestra unidad se logró una ganancia promedio por hectárea, en el período, de \$4 055,60.

Los resultados económicos favorables alcanzados en el presente trabajo se deben, fundamentalmente, a la siembra de la leucaena en más de un 95 % del área de pastoreo y a la utilización de gramíneas mejoradas, que usan para su crecimiento el nitrógeno fijado por la leguminosa, con lo cual mejoran considerablemente su calidad nutritiva.

También se mantuvo una oferta de materia seca, durante todo el período, superior a los 40 kg/animal/día, que garantizó una buena producción de leche y un satisfactorio comportamiento reproductivo.

Además, se practicó un manejo adecuado, tanto de los animales como del pastizal, que permitió el mantenimiento y la sostenibilidad del sistema a través del tiempo que duró el experimento.

Conclusiones

- ✚ El sistema silvopastoril mantuvo una alta disponibilidad de pasto durante todo el año, superior a las 2,9 t/ha/rotación, que garantizó ofertas de materia seca entre 40 y 58 kg/vaca/día, con un alto contenido de proteína bruta, tanto en los pastos mejorados (9,7-11,9 %) como en la leucaena (26-27 %).
- ✚ Los alimentos ofertados cubrieron los requerimientos nutricionales de PB, Ca y P de los animales en producción, y existió un notable exceso de los dos primeros nutrientes en un 32 y 95 %, respectivamente. Sin embargo, la energía metabolizable presentó deficiencias que fueron mayores en seca (9 %) que en lluvia (1,4 %).
- ✚ Las vacas mantuvieron una condición corporal entre 3,2 y 3,3 durante toda la lactancia, un valor superior al que tenían las hembras en el momento de su entrada en la unidad (3); además, el sistema permitió un peso aceptable de los terneros al nacer (37 kg/animal durante todo el año).
- ✚ Con la utilización del silvopastoreo se logró una aceptable producción de leche, que estuvo hasta los 120 días de lactancia por encima de 8 kg/vaca/día, y fue superior a 6 kg/vaca/día hasta los 240 días del ciclo productivo, lo que permitió lograr una producción promedio por día de lactancia de 7,9 kg/vaca en ambas épocas del año.
- ✚ El sistema permitió alcanzar un mejor intervalo parto-primer servicio para las hembras que entraron al silvopastoreo en seca (107 días) que en lluvia (136 días); mientras que el intervalo parto-gestación fue de 167 y 150 días para las épocas de lluvia y seca, respectivamente, sin que se encontraran diferencias estadísticas entre ellas.
- ✚ Las hembras que entraron al sistema silvopastoril en la época de lluvia necesitaron un menor número de servicios para lograr una gestación (1,38) que las que lo hicieron en seca (1,75).

Recomendaciones

- ✚ Implementar un adecuado sistema de manejo del toro recelador.
- ✚ Estudiar el uso de nuevas fuentes de suplementación para suplir el déficit de energía de la ración.
- ✚ Extender el uso de los sistemas con multiasociación de leucaena y gramíneas mejoradas para la producción de leche con hembras Mambí, ya que se obtienen resultados productivos y reproductivos satisfactorios.

Bibliografía

- Academia de Ciencias de Cuba. 1979. Clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana, Cuba. p. 14
- Academia de Ciencias de Cuba. 1989. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía-ACC. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana, Cuba. p. VI. 1.1
- Altieri, M.A. 1990. Sistemas agroforestales. En: Proyectos agrícolas en pequeña escala en armonía con el medio ambiente. CETAL Ediciones. Valparaíso, Chile. p. 117
- Álvarez, J. L. 1991. Efecto de la dieta sobre el estado metabólico, desarrollo corporal y de los órganos reproductivos de futuros sementales Holstein. Tesis presentada en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Veterinarias. CENSA. La Habana, Cuba
- Álvarez, J.L. 1997. La condición corporal en la hembra bovina. **Rev. Salud Anim.** 19 (1):37
- Álvarez, J.L. 1999. Regularidades en los ciclos reproductivos. En: Sistema integral de atención a la reproducción. (Ed. Álvarez, J.L.). CENSA. La Habana, Cuba. p. 29-33
- Álvarez, J.L. 2001. Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 201 p.
- Amaral, A. 1972. Técnicas analíticas para evaluar macronutrientes en ceniza de caña de azúcar. Nutr. Caña. Sc. Quím. Univ. de La Habana.
- Anon. 1980. Muestreo de pastos. Taller del IV Seminario Científico de la EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Anon. 1986. Determinación de la urea en materias primas y piensos para el consumo animal. En: Normas cubanas 74:36. La Habana, Cuba
- Anon. 2000. Tablas de valor nutritivo y requerimientos para el ganado bovino. **Pastos y Forrajes.** 23 (2):105
- AOAC. 1965. Official methods of analysis. 9th ed. Association of Official Agriculture Chemistry. Washington, D.C.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Agriculture Chemistry. Washington, D.C.
- Aquiles, E. 1993. Novedades en los sistemas de alimentación del ganado destinado a la producción de leche en América Latina y el Caribe. **Rev. ACPA.** 1:5
- Arias, J. & Nesti de Alonso, A. 1999. Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero. **Rev. Fac. Agron.** 16 (5):553
- Barton, B.A.; Rosario, H.A.; Anderson, G.W.; Grindle, B.P. & Carroll, D.J. 1996. Effects of dietary crude protein, breed, parity, and health status on the fertility of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 79:2225
- Beam, S.W. & Butler, W.R. 1997. Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. **Biol. Reprod.** 56:133
- Beam, S.W. & Butler, W.R. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. **J. Reprod. Fertil. Suppl.** 54:411
- Bell, A.W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. **J. Anim. Sci.** 73:2804
- Bell, A.W.; McBride, B.W.; Slepatis, R.; Early, R.J. & Currie, W.B. 1989. Chronic heat stress and prenatal development in sheep. I. Conceptus growth and maternal plasma hormones and metabolites. **J. Anim. Sci.** 67:3289
- Berry, S.L. 1997. Incentivos para mejorar la reproducción reduciendo los días abiertos. Universidad de California, USA. p. 1-3
- Blanco, G.S. 2000. Solución de problemas reproductivos en la vaca. UNAH. La Habana, Cuba. 296 p.
- Blanco, G.S. & Rolo, R.R. 1997. Evaluación de la condición corporal y su relación con el anestro posparto de la vaca Siboney. Fac. Med. Vet. ISCAH. La Habana, Cuba
- Bloxham, P.S. 1980. A bovine herd fertility scheme. **Veterinary Record.** 107:558
- Braun, R.K. & Donovan, G.A. 1984. Importance of body condition scoring in dairy cattle. **The Bovine Proceeding.** 19:122
- Britt, J.H. 1992. Influence of nutrition and weight loss on reproduction and early embryonic death in cattle. Roc. XVII World Buiatrics Congr. 2:143

- Brown, J.R. 1994. State and transition models for rangeland management: performance criteria for testing models. **Tropical Grasslands**. 28:206
- Brunet, Elisa N.; Moreno, Y.; Almaguer, J. & Espinosa, W. 2002. Estudio de los biofertilizantes Rhizobium y fosforina en Leucaena. AGRONAT'2002 "Encuentro Internacional de Instituciones y Organizaciones Promotoras de la Agricultura Sostenible". Universidad de Cienfuegos, Cuba. Cd-Rom
- Budowski, G. 1981. Agroforestry in Central America. Proceedings of the Agroforestry Seminar. (Eds. Heuveldop, J. & Lagermann, J.). CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 142
- Budowski, G. 1990. Agroforestería en Costa Rica y su relación con el manejo de los suelos. Conferencia. Universidad de Costa Rica. 5 p.
- Bustamante, J. & Romero, F. 1991. Producción ganadera en un contexto agroforestal: Sistemas silvopastoriles. Carta de Rispal No. 20. p. 3
- Butler, W.R. 1998. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 81:2533
- Butler, W.R. 2000^a. Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in postpartum dairy cows. **J. Anim. Sci.** 79:840
- Butler, W.R. 2000^b. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. **Anim. Reprod. Sci.** 60-61:449
- Butler, W.R.; Calaman, J.J. & Beam, S.W. 1996. Plasma and milk urea nitrogen to pregnancy rate in lactating dairy cattle. **J. Anim. Sci.** 74:858
- Butler, W.R. & Smith, R.D. 1989. Interrelationships between energy balance on postpartum reproductive function in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 72:767
- Caballero, C.R.; Novoa, R.; Casanova, E.; Valera, R. & Machado, Gelsy. 2002. Nuevas alternativas de manejo con la gramínea CT-115 para la obtención de rebaños lecheros sostenibles. AGRONAT'2002 "Encuentro Internacional de Instituciones y Organizaciones Promotoras de la Agricultura Sostenible". Universidad de Cienfuegos, Cuba. Cd-Rom
- Cáceres, O. & González, E. 1998. Potencial alimenticio de árboles y arbustos forrajeros tropicales para los ovinos. Resúmenes. Tercer Taller Internacional Silvopastoril "Los Árboles y Arbustos en la Ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 50
- Canfield, R.W.; Sniffen, C.J. & Butler, W.R. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 73:2343
- Cappa, V. 1993. Alimentación y fertilidad en los bovinos (I). **Mundo Ganadero**. 6:45
- Cappa, V. & Vazhapilly, P. 1991. Influencia del balance energético sobre la actividad reproductora de las vacas. **Veterinaria en Praxis**. 6 (3):74
- Carroll, D.J.; Barton, B.A.; Anderson, G.W. & Smith, R.D. 1988. Influence of protein intake and feeding strategy on reproductive performance of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 71:3470
- Carroll, D.J.; Hossain, F.R. & Keller, M.R. 1994. Effect of supplemental fish meal on the lactation and reproductive performance of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 77:3058
- Casanova, R.R. & Machado, I. 2000. Condición corporal y su influencia en la producción de leche. En: Resúmenes. I Congreso Internacional sobre Mejoramiento Animal. CIMA. La Habana, Cuba. p. 403
- CENCOP (Centro Nacional de Control Pecuario). 2000. Resumen de indicadores productivos y reproductivos. Proyecto Mambí de Cuba. MINAGRI. La Habana, Cuba. 4 p.
- Chalupa, W. & Ferguson, J. D. 1988. La importancia de la nutrición en la reproducción de la vaca alta productora. Memorias del Seminario Internacional. "La importancia de la nutrición en la reproducción de bovinos". Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. p. 41-49
- Cipagauta, Matilde. 2000. Sistemas agrosilvopastoriles en el proceso de recuperación de áreas degradadas en zonas ganaderas de la amazonia colombiana. Memorias. IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 405
- Clark, R.; Orr, W.N. & Davison, T.M. 1985. Influence of level of nitrogen fertilizer and protein supplementation on reproductive performance. Proceedings of the Conference of the Australian and New Zealand Society of Animal Production. Albury, Wodonga, Australia
- Clavero, T. 1993. Las leguminosas arbóreas: una alternativa de forraje para la Cuenca del Lago de Maracaibo. En: III Curso de Producción e Investigación en Pastos y Forrajes. (Ed. Clavero, T). La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela

- Clavero, T. 1996. Las leguminosas forrajeras arbóreas: sus perspectivas para el trópico americano. En: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. (Ed. Clavero, T.). Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. p. 1-10
- Clavero, T. 1997. *Leucaena leucocephala*. Cuadernos Técnicos. Serie: Árboles Forrajeros. Centro de Transferencia de Tecnologías en Pastos y Forrajes. Facultad de Agronomía. Maracaibo, Venezuela. p. 3
- Clavero, T. 1998^a. Alternativas para la alimentación animal: *Leucaena leucocephala*. Centro de Transferencia de Tecnologías en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. 78 p.
- Clavero, T. 1998^b. Condiciones ecológicas para el desarrollo de la *Leucaena*. En: Alternativa para la alimentación: *Leucaena leucocephala*. Refolit. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. 78 p.
- Clavero, T.; Obando, O. & van Pragg, R. 1995. The effect of *Gliricidia sepium* supplement on dairy cows. **J. Anim. Sci.** 73 (1):23
- Combellas, Josefina. 1998. Comportamiento productivo de ovinos que pastorean asociaciones de gramíneas y leguminosas arbustivas. En: Memorias. Tercer Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 278
- Crespo, G.; Suárez, J.J.; Ramos, N. & Herrera, R. 1980. Producción y calidad de los pastos y forrajes. Mesa Redonda. Jornada XV Aniversario del ICA. La Habana, Cuba. p. 188
- Dávila, C. & Urbano, D. 1996. Leguminosas arbóreas en la zona Sur del Lago de Maracaibo. En: Clavero, T. (Ed.). Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. (Ed. Clavero, T.). Maracaibo, Venezuela. p. 101-113
- DNG (Dirección Nacional de Genética). 1999. Análisis de los resultados en rebaños genéticos. MINAGRI. La Habana, Cuba. 50 p.
- DNG (Dirección Nacional de Genética). 2000. Resultados en los rebaños genéticos del país. MINAGRI. La Habana, Cuba. 20 p.
- Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes INRA. 1975. Características químicas de las arcillas y loams negros y pardos calcáreos. En: Suelos de Cuba. Editorial Orbe. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. p. 95
- Dobbelaar, P. 1995. Body condition of cows. **Veepro Holland**. 23:12
- Dohoo, I.R.; Martin, S.W.; Meek, A.H. & Sandals, W.C.D. 1983. Disease, reproduction and culling in Holstein Friesian cows. I. The data. **Prev. Vet. Med.** 1:321
- Domínguez, C.; Martínez, N.; Labrador, C.; Risso, J. & López, S. 1996. Effect of strategic feed supplementation with multinutrient blocks on productive and reproductive performance in dual purpose cows. Development of supplementation strategies for improving ruminant on small-holder in Latin America through the use of immunoassay techniques. IAEA, Vienna. Tec. Doc. 877. p. 97
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple f test. **Biometrics**. 11:1
- Echeverría, N. & Rodríguez, F. 1978. Nota técnica. Estudio de sistemas de producción de leche basados en gramíneas y leguminosas. **Ciencia y Técnica en la Agricultura**. 1 (3):125
- Elrod, C.C. & Butler, W.R. 1993. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. **J. Dairy Sci.** 71:694
- Escobar, A.; Romero, E. & Ojeda, A. 1998. *Gliricidia sepium*: el matarratón un árbol multipropósito. Fundación Polar. Editorial ExLibris. Caracas, Venezuela. 78 p.
- FAO. 2001. Protección de los recursos naturales en sistemas ganaderos: los sistemas agroforestales pecuarios en América Latina. FAO, Roma-Embrapa Ganado de Leche, Brasil. 38 p.
- Ferguson, J.D. 1996. Diet, production and reproduction in dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**. 59:173
- Ferguson, J.D. 1998. Milk Urea Nitrogen. Typical concentrations of urea found in milk [en línea]. Disponible en: http://cahpwww.nbc.upenn.edu/mun/mun_info.html [Consulta: octubre 27 de 1998]
- Ferguson, J.D.; Blanchard, T.; Galligan, D.T.; Hoshall, D.C. & Chalupa, W. 1988. Infertility in dairy cattle fed a high percentage of protein degradable in the rumen. **Journal of the American Veterinary Medical Association**. 192:659

- Ferguson, J.D. & Chalupa, W. 1989. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:746
- Ferguson, J.D.; Galligan, D.T.; Blanchard, T. & Reeves, M. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: The usefulness of test information. *J. Dairy Sci.* 76:3742
- Ferguson, J.D.; Galligan, D.T. & Thomson, Neal. 1994. Principal descriptors of BCS in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77 (9):2695
- Fernández, R.; Chávez, M. & Virguez, D. 1997. Uso de la Leucaena en pastoreo restringido para la suplementación de vacas lecheras. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5 (1):129
- Fetrow, J.; Stewart, S. & Eicker, S. 1997. Reproductive health programs for dairy herds: analysis of record for assessment of reproductive performance. En: Current Therapy in Large Animal Theriogenology. (Ed. Youngquist, E.). 1^{er} ed. Saunders Company.
- FIRA. 1978. Memoria área tropical. Banco de México. FIRA. Morelos, México. p. 17
- Flores, J.F.; Stobbs, T.H. & Minson, D.J. 1979. *J. Agric. Sci.* 92:351
- Fredriksson, G.; Kindahl, H.; Alemus, S.; Carlsson, U.; Cort, N.; Edquist, L.E. & Uggla, A. 1990. Uterine infection and impaired reproductive performance mediated through prostaglandin release. I.F.S. and Swedish International Program on Animal Reproduction, Joint Seminar on Animal Reproduction. Montevideo and Paisandú, Uruguay
- Funes, F. & Jordán, H. 1987. Leche. En: Leucaena: una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtrópico. (Eds. Ruiz, T. E. & Febles, G.). ICA. MES. La Habana, Cuba. p. 129-143
- Gallego, M.I. 1998. Evaluación reproductiva del ganado lechero. En: Reproducción animal: métodos de estudio en sistemas. (Eds. Ruiz, M. E.; Rivera, B. & Ruiz, A.). IICA_RISPAL. San José, Costa Rica. p. 111-128
- García, María. 1982. Evaluación de un sistema combinado de leucaena y gramíneas para la producción de leche. Trabajo de Diploma. Ing. Pec. Facultad Pecuaria. ISCAH. La Habana, Cuba. 64 p.
- García-Bojalil, C.M.; Staples, C.R.; Risco, C.A.; Savio, J.D. & Thatcher, W.W. 1998. Protein degradability and calcium salts of long-chain fatty acids in the diets of lactating dairy cows: Productive responses. *J. Dairy Sci.* 81:1385
- García-López, R.; Jordán, H.; Elías, A. & Hernández, Yolanda. 1990. Seminario Científico Internacional. XXV Aniversario del Instituto de Ciencia Animal. Palacio de las Convenciones. La Habana, Cuba. p. 88
- García-Paloma, J.A. 1991. El método de la condición corporal en vacuno lechero: propuesta de una metodología unificadora. *Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.* 5:121
- García-Trujillo, R.; Monzote, Marta & Menchaca, M.A. 1989. Tecnologías para la ganadería vacuna. Principales resultados científico-técnicos. La Habana, Cuba. 130 p.
- García-Trujillo, R.; Pérez-Infante, F.; García, F. & Basulto, R. 1980. Velocidad de consumo de algunos pastos tropicales. *Pastos y Forrajes.* 3 (2):297
- Garmendía, J. 1998. Suplementación estratégica en la reproducción de vacas de doble propósito. En: Estrategias de alimentación para la ganadería tropical. (Ed. Clavero, T.). Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. p. 47
- Gearhart, M.A.; Curtis, C.R.; Erb, H.N.; Smith, R.D.; Sniffen, C.J.; Chase, L.E. & Cooper, M.D. 1990. Relationship of changes in condition score to cow health in Holstein. *J. Dairy Sci.* 73:3132
- Gómez, M.L.; Charmandarian, A.; Figallo, R.; Marini, P.; Torresi, S. & Castillo, A. 2000. Indicadores reproductivos, urea láctea y condición corporal en vacas Holando en condiciones de pastoreo. *Rev. Fac. Agron.* 17 (5):551
- Grings, E.E.; Roffler, R.E. & Deitelhoff, D.P. 1991. Response of dairy cows in early lactation to addition of cottonseed meal in alfalfa-based diets. *J. Dairy Sci.* 74:2580
- 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
- Gumén, J.; Jiménez, G.; Soto, Lorena; Nahed, J.; Ochoa, Susana & Grand, D. 1996. Uso de árboles y arbustos forrajeros con potencial silvopastoril en el norte de Chiapas, México. En: Resúmenes II Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles en los sistemas de producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 54

- Gutiérrez, Odilia; Delgado, Denia; Oramas, A.; & Cairo, J. 2000. Consumo y selección animal de vacas en pastoreo de gramíneas con o sin bancos de proteína. Resúmenes. IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 119
- Gutteridge, R.C. & Shelton, H.M. 1994. Forage tree legumes in tropical agriculture. Queensland, Australia. 385 p.
- Hady, P.J.; Domecq, J.J. & Kaneene, J.B. 1994. Frequency and precision of body condition scoring in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 77:61
- Henke, L.A.; Morita, K.; Otagaki, K. & Nordfelt, S. 1950. Koahaole (*Leucaena glauca*) as the sole roughage feed to milking cows. *Hawaii. Sta. Progress.* 60:1
- Hernández, A.; Cabrera, P. & Berra, E. 1986. Los suelos dedicados a la producción de pastos. En: Los pastos en Cuba. Tomo I. Producción. (Eds. Sistachs, M.; Crespo, G.; Febles, G.; Herrera, R. S. & Ruiz, T. E.). ICA. La Habana, Cuba. p. 47
- Hernández, C.A.; Alfonso, A. & Duquesne, P. 1986. Producción de carne basada en pastos naturales con leguminosas arbustivas y herbáceas. 1. Ceba inicial. *Pastos y Forrajes.* 9 (1):79
- Hernández, D.; Carballo, Mirta; Mendoza, C. & Fung, Carmen. 1994. Estudios del manejo de *Chloris gayana* cv. Callide para la producción de leche. I. Efecto de la oferta diaria de materia seca. *Pastos y Forrajes.* 17 (3): 245
- Hernández, D.; Carballo, Mirta & Reyes, F. 1998. Sistema silvopastoril multiasociado: una alternativa para la producción de leche y carne en Cuba. Monografía. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 14 p.
- Hernández, D.; Reyes, F.; Carballo, M. & Mendoza, C. 1995. Sistemas de establecimiento y manejo de asociaciones en pastoreo. Informe Final. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. (Mimeo)
- Hernández, I.; Pino, Esther; Hernández, R. & Simón, L. 1994. Estudio preliminar sobre el uso de cercas vivas en las fincas campesinas. En: Resúmenes Taller Internacional "Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 47
- Hernández, I. & Simón, L. 1993. Los sistemas silvopastoriles: empleo de la agroforestería en las explotaciones ganaderas. *Pastos y Forrajes.* 16 (2):99
- Hernández, K.J.; Fuentes, C.E.; Gutiérrez, M.A. & Conrado, L.H. 1996. Caracterización de especies arbóreas y arbustivas nativas con potencial para la alimentación de bovinos en el Petén, México. I. Un estudio de caso. En: Resúmenes II Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles en los sistemas de producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. p. 15
- 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
- Houghton, P.L.; Lemeniger, R.D. & Horsman, L.A. 1990. Effect of body composition pre and post-partum energy level and early weaning gain. *J. Anim. Sci.* 68 (5):1428
- Humphreys, L.R. 1995. Diversity and productivity of tropical legumes. In: Tropical legumes in animal nutrition. (Eds. D'Mello, J. P. F. & Devendra, C.). CAB International. Wallingford, UK. p. 1-21
- Ibrahim, M.; Camero, A.; Pezo, D. & Esquivel, J. 1998. Sistemas silvopastoriles. En: Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. (Eds. Jiménez, F & Vargas, A). CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 289-314
- Iglesias, J.M. 1996. La utilización de la *Leucaena leucocephala* en un contexto silvopastoril para la producción bovina. Tesis presentada en opción al título de M.Sc. en Pastos y Forrajes. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 85 p.
- Iglesias, J.M. 1998^a. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal en el trópico. En: Estrategias de alimentación para la ganadería tropical. (Ed. Clavero, T.). Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. p. 111
- Iglesias, J.M. 1998^b. Uso de los árboles en potreros para la ceba de toros de diferentes tipos raciales. *Pastos y Forrajes.* 21:257
- Iglesias, J.M.; Pereira, E. & Fernández, E. 1991. Utilización de cultivos temporales conservados en forma de ensilaje en sistemas de secano para la producción de leche. *Pastos y Forrajes.* 14 (2):165

- Iglesias, J.M.; Simón, L.; Docazal, G.; Aguilar, A. & Duquesne, P. 1994. Asociaciones y/o banco de proteína: alternativas para la cría de hembras en desarrollo en condiciones de bajos insumos. **Pastos y Forrajes**. 17 (1):83
- Jones, R.J. 1979. **World Animal Review**. 31:13
- Jones, R.J. 1994. The role of Leucaena in improving the productivity of grazing cattle. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. (Eds. Gutteridge, R. C. & Shelton, H. M.). CAB International, UK. p. 232
- Jordán, H. 1992. Importancia de las leguminosas en el trópico. En: Pastoreo orgánico y utilización de forrajes en la alimentación de rumiantes en el trópico. Conferencias. Universidad de Colima. Colima, México. p. 18
- Kass, D.C.L. 1992. Agroforestales. Conferencia Curso Internacional "Desarrollo de Sistemas Agroforestales". CATIE. Turrialba, Costa Rica. 5 p.
- Kunke, W.E.; Sand, R.S. & Rae, D.O. 1999. Uso de la condición corporal en la toma de decisiones de manejo y suplementación. **Desarrollo Agropecuario**. 148:21
- Lamela, L. 1976. Estudio sobre la composición bioquímica de la leche en el cruce (Holstein-Cebú). Trabajo de Diploma. Universidad de La Habana. Facultad de Ciencias Agropecuarias. La Habana, Cuba. 56 p.
- Lamela, L. 1998. Balance forrajero y alimentario. En: Curso manejo y utilización de los pastos para la producción animal. (Ed. EEPF "Indio Hatuey"). p. 1-17
- Lamela, L.; Matías, C.; Fung, C. & Valdés, R. 1998. Efecto del banco de proteína en la producción de leche. En: Memorias. Tercer Taller Internacional Silvopastoril "Los Árboles y Arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 228
- Lamela, L.; Matías, C. & Gómez, A. 1999. Producción de leche en un sistema con banco de proteína. **Pastos y Forrajes**. 22 (4):339
- Lamela, L.; Sánchez, Tania; López, O.; Sánchez, Saray & Díaz, Magalys. 2001. Milk production in a silvopastoral system under commercial conditions. In: Second Congress on Agroforestry and Livestock Production in Latin America. International Symposium on Silvopastoral Systems. (Ed. Ibrahim, M.). CATIE. San José, Costa Rica. p. 341
- Lamela, L.; Valdés, R. & Fung, C. 1996. Comportamiento del banco de proteína para la producción de leche. En: Resúmenes. X Seminario Científico de Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 14
- La O, O.; Chongo, Berta; Ruiz, T.; Torres, Verena & Scull, I. 1997. Selección de constituyentes químicos importantes en once variedades de Leucaena leucocephala. **Rev. cubana Cienc. agríc.** 31 (1):105
- Lascano, C.E. 1996. Oportunidades y retos en la utilización de leguminosas arbustivas como forraje suplementario en sistemas de doble propósito. En: Leguminosas Forrajeras Arbóreas en la Agricultura Tropical. (Ed. Clavero, T.). Maracaibo, Venezuela. pp. 29-39
- Lascano, C.E.; Maas, B. & Kéller-Grein, G. 1995. Forage quality of shrub legumes evaluated in acid soils. En: Nitrogen fixing trees for acid soils. (Eds. Evans, D. & Szott, L. T.). Proceedings of a workshop held in CATIE, Turrialba winrock International & Nitrogen Fixing Trees Association. Morrilton, USA. p. 228-236
- Laven, R. A. & Drew, S.B. 1999. Dietary protein and the reproductive performance of cows. **Veterinary Record**. 145:687
- Leng, R.A. 1991. Feeding strategies for improving milk production of dairy animals managed by small-farmers in the tropics. In: Feeding dairy cows in the tropics. (Eds. Speedy, A & Sansoucy, R.). Proceedings of the FAO Expert Consultation held in Bangkok, Thailand. p.82
- López, Delia. 1985. Características productivas del ganado bovino en el trópico. Rasgos de crecimiento. **Rev. cubana Cienc. agríc.** 19 (1): 1
- López, R. 1995. Condición corporal. **Rev. ACPA**. (1 y 2):38
- Mahadevan, P. 1973. Variation in milk production. In: Breeding for milk production in tropical cattle. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. p. 26-51
- Martínez, H.A. 1989. El componente forestal en los sistemas de finca de pequeños agricultores. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido. Serie Técnica. Boletín Técnico No. 19. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 79 p.
- Martínez, H.L.; Hernández, Neice; Hernández, C.A.; Palmero, L. & Bécquer, C. 1992. Utilización de la Leucaena leucocephala con guinea común y otros pastos naturales, como banco de proteína en producción de leche. Resúmenes. IX Seminario Científico Nacional y I

- Hispanoamericano de Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 137
- Martínez, J.; Milera, Milagros; Remy, V.; Yepes, I. & Hernández, J. 1990. Un método ágil para estimar la disponibilidad de pasto en una vaquería comercial. **Pastos y Forrajes**. 13 (1):101
- Martínez, N.; Escobar, A.; López, S.; Combellas, J. & Gabaldón, L. 1996. Effect of strategic feed supplementation on productive and reproductive performance in dual purpose cows. Development of feed supplementation strategies for improving ruminant productivity on small-holder in Latin America through the use of immunoassay techniques. IAEA, Viena. Tec. Doc.877. p. 135
- Mascory, M.; Randel, P. & Riquelme, E. 1992. Suplementación de vacas lecheras mediante apacentamiento en *Leucaena leucocephala* por tres horas diarias durante la seca y la época lluviosa. **J. Agric. Univ. of Puerto Rico**. 76:83
- McClure, T.J. 1995. Infertilidad nutricional y metabólica de la vaca. 1^{ra} ed. Editorial Acribia. España. p. 46-47
- McCormick, M.E.; French, D.D.; Brown, T.F.; Cuomo, G.J.; Chapa, A.M.; Fernandez, J.M.; Beatty, J.F. & Blount, D.C. 1999. Crude protein and rumen undegradable protein effects on reproduction and lactation performance of Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 82:2697
- McGowan, M.R.; Veerkamp, R.F. & Anderson, L. 1996. Effects of genotype and feeding system on the reproductive performance of dairy cattle. **Livestock Production Science**. 46:33
- Mendoza, E.; Figueredo, J.M.; Rivero, R.; Agüero, F.; Vicens, R. & Vázquez, G. 1999. Factores de riesgo asociados a condición corporal desfavorable en vacas lecheras. **Rev. Salud Anim.** 21 (3):161
- Menéndez, A. 1985. Método simple para evaluar hembras lecheras. **Rev. ACPA**. 3:13
- Menéndez, A. 1993. Variabilidad genética del comportamiento reproductivo del vacuno. Revisión bibliográfica. **Rev. cubana Reprod. Anim.** 21 (1):3
- Milera, Milagros. 1991. Utilización del banco de proteína para la producción de leche. IV Reunión de Avances Agropecuarios Trópico'91. Universidad de Colima. Colima, México. p. 216
- Milera, Milagros; Iglesias, J.; Remy, V. & Cabrera, N. 1994. Empleo del banco de proteína de *Leucaena leucocephala* cv. Perú para la producción de leche. **Pastos y Forrajes**. 17 (1):73
- Milera, Milagros; Martínez, J.; Cáceres, O. & Hernández, J. 1986. Influencia del nivel de oferta en la producción de leche según los días de lactancia en la bermuda cruzada-1. **Pastos y Forrajes**. 9 (2):167
- Montagnini, Florencia; Prevetti, Laurel; Thrupp, Lori Ann; Beer, J.; Borel, R.; Budowski, G.; Espinosa, L.; Heuvelod, J.; Reiche, C.; Russo, R.; Salazar, R.; Alfaro, Marielos; Rojas, Isabel; Berstch, Floria; Fernández, E.; González, M.; Alvim, R.; Shaheduzzaman, M. & Nichols, D. 1992. Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para Estudios Tropicales (OET). San José, Costa Rica. 622 p.
- Morrison, D.G.; Spitzer, J.C. & Perkins, J.L. 1999. Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition. **J. Anim. Sci.** 77:1048
- Murgueitio, E.; Rosales, M. & Gómez, María E. 2001. Agroforestería para la producción animal sostenible. CIPAV. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Colombia. 67 p.
- Murphy, B.D. & Pescador, N. 1997. Control de la foliculogénesis bovina por factores endocrinos y paracrinós. VII Curso Internacional de Reproducción Bovina. Centro Médico Nacional. Siglo XXI. D.F. México.
- NRC (National Research Council). 2001. Water. In: Nutrients requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press. Washington, DC. p. 179
- Nolan, R.; O'Callaghan, D.; Duby, R.T.; Lonergan, P. & Boland, M.P. 1998. The influence of short-term nutrient changes on follicle growth and embryo production following superovulation in beef heifers. **Theriogenology**. 50:1263
- Norton, B.W. 1994. The nutritive value of tree legumes. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. (Eds. Gutteridge, R. & Shelton, M.). CAB International. Wallingford, UK. p. 177-191
- Ojeda, A. & Escobar, A. 1997. Manejo de vacas de doble propósito en potreros con asociación entre gramíneas y *Gliricidia sepium*. **Rev. Fac. Agron.** 14 (6):641

- Ojeda, F. 1996. Los árboles forrajeros para la producción de leche. En: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. (Ed. Clavero, T.). Centro de Transferencia de Tecnologías en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. pp. 81-90
- Padrón, O.; Cheli, F.; Senatore, E.; Baroli, D. & Rizzi, R. 1993. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters and milk fatty acid composition in dairy cows. **J. Dairy Sci.** 76:2528
- Paretas, J.J. 1990. Ecosistemas y regionalización de pastos en Cuba. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. MINAGRI. La Habana, Cuba. 178 p.
- Paretas, J.J. & Rivero, R. 1990. Metodología para la regionalización de gramíneas. En: Ecosistemas y regionalización de pastos en Cuba. (Ed. Paretas, J.J.). La Habana, Cuba. p. 140
- Pedroso, R. & Bonachea, Sara. 1995. Influencia de la condición corporal sobre el comportamiento reproductivo del ganado bovino. Revisión bibliográfica. **Rev. cubana Reprod. Anim.** 21 (2): 1
- Pedroso, R.; González, Noelia; Lavandeira, L. & Ruiz, Teresa. 1994. Diagnóstico y suplementación mineral del ganado de carne en zonas costeras. IX Forum de Ciencia y Técnica. CIMA-MINAGRI. La Habana, Cuba
- Pedroso, R. & Roller, Felicia. 1996. Problemática de las repeticiones del celo en la hembra bovina. Revisión bibliográfica. **Rev. cubana Reprod. Anim.** 22 (1):1
- Pentón, Gertrudis. 2000. Tolerancia del Panicum maximum cv. Likoni a la sombra en condiciones controladas. **Pastos y Forrajes.** 23:79
- Perry, R.C.; Corach, L.R.; Cochran, R.C.; Beal, W.E.; Stevenson, J.S.; Minton, J.E.; Simms, D.D. & Bretour, J.R. 1991. Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. **J. Anim. Sci.** 69:3762
- 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. Clavero, T.). Maracaibo, Venezuela. p. 113-140
- Pezo, D. 1997. Producción y utilización de pastos tropicales para la producción de leche. En: Estrategias de alimentación para la ganadería tropical. Centro de transferencia de tecnologías en Pastos y Forrajes. (Ed. Clavero, T.). La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. p. 53-72
- Pezo, D. & Ibrahim, M.A. 1996. Sistemas silvopastoriles: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. En: Primer foro internacional sobre "Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales". Veracruz, México. 39 p.
- Pezo, D. & Ibrahim, M.A. 1998. Sistemas Silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal. No. 2. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 258 p.
- Pezo, D. & Ibrahim, M.A. 1999. Sistemas silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2. CATIE-GTZ. Turrialba, Costa Rica. 275 p.
- Pinto, R.; Ramírez, L.; Ku-Vera, J.C.; Hernández, A.; Sánchez, F. & Saucedo, H. 2000. Evaluación químico-nutricional y degradabilidad ruminal de especies arbóreas del Centro de Chiapas, México. Memorias. Tercer Taller Internacional Silvopastoril "Los Árboles y Arbustos en la Ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 47
- Plucknett, D.L. 1970. Proc. XI Int. Grassld. Cong. Qld., Australia. p. 38
- Prado, R.; Rhind, S.M.; Wright, I.A.; Russel, A.J.F.; McMillen, S.R.; Smith, A.J. & McNeilly, A.S. 1990. Ovarian follicle populations, steroidogenicity and micromorphology at 5 and 9 weeks post-partum in two level of body condition. **Anim. Prod.** 51:103
- Razz, R.; Clavero, T.; Ferrer, O.; Rivero, Y. & Amaya, A. 1996. Contenido energético de dos ecotipos de *Leucaena leucocephala* bajo diferentes niveles de fertilización. **Interciencia.** 21:21
- Reinoso, M. 2000. Contribución al conocimiento del potencial lechero y reproductivo de sistemas de pastoreo racional arborizados empleando vacas Siboney de Cuba. Tesis presentada en opción al grado de Dr. en Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Las Villas. Villa Clara, Cuba. 99 p.
- Reinoso, M. 2002. Inclusión de *Leucaena leucocephala* en los pastizales: una opción agroecológica para reducir el déficit de nutrientes en vacas lecheras. AGRONAT'2002 "Encuentro Internacional de Instituciones y Organizaciones Promotoras de la Agricultura Sostenible". Universidad de Cienfuegos, Cuba. Cd-Rom

- Reinoso, M. & Simón, L. 2000. Condición corporal y desempeño productivo y reproductivo de vacas Siboney en un contexto silvopastoril. **Pastos y Forrajes**. 23 (1):47
- Reksen, O.; Gröhn, Y.T.; Havrevoll, Ø.; Bolstad, T.; Waldmann, A. & Ropstad, E. 2001. Energy balance and ovarian activity. **J. Dairy Sci.** 85:2046
- Reyes, J.; García, R. & Jordán, H. 1998. Efecto de la ganancia de peso vivo preparto en el comportamiento posparto de vacas Holstein comerciales. **Rev. cubana Cienc. agríc.** 32 (3):255
- Ribas, Miriam. 1988. Lactancias parciales en ganado de leche. EDICA. La Habana, Cuba.
- Rincón, E. 1995. Sistemas silvopastoriles. En: Producción en sistemas silvopastoriles. Helisar Libros. Maracaibo, Venezuela. p. 5-8
- Ruiz, Catalina; López, Delia; Schonmuth, G.; Seeland, G. & Planas, Teresa. 1991. Producción de carne vía rebaño lechero. 1. Peso al nacer, pérdidas perinatales y posnatales. **Rev. cubana Cienc. agríc.** 25 (2):139
- Ruiz, T.E.; Febles, G.; Jordán, H.; Castillo, E.; Zarragoitia, R.; Díaz, J.; Crespo, G. & Ramírez, R. 1991. Tecnología de explotación de bancos de proteína de leucaena para hembras en desarrollo y producción de leche y carne. En: Utilización de pastos y forrajes en la alimentación de rumiantes. Memorias. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Rukkwansuk, T.; Wensing, T. & Kruip, T.A.M. 1999. Relationship between triacylglycerol concentration in the liver and first ovulation in postpartum dairy cows. **Theriogenology**. 51:1133
- Saloniemi, H. 1993. Reproductive disturbances related to feeding. **Acta Vet. Scand.** 89:71
- Sánchez, M.D. 1999. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina tropical. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. (Eds. Sanchez, M. D. & Rosales, M.). FAO. Roma, Italia. p. 1-36
- Sánchez, M.H. & Chamorro, D. 2000. Evaluación de Leucaena leucocephala bajo pastoreo en un sistema de bovinos doble propósito en el Magdalena Medio colombiano. Memorias. IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 290
- Schillo, V. 1992. Effect of dietary energy on control of luteinizing hormone (LH) secretion in cattle and sheep. **J. Anim. Sci.** 70:1271
- Senra, A.; Ruiz, T.E.; Díaz, S. & Díaz, L. E. 1982. Producción de leche ramoneando leucaena. Informe interno. Dptos Leche y Pastos. ICA. La Habana, Cuba
- Sepulveda, N.; Monsalve, C.; Oberg, J.; Neuman, A. & Montecinos, A. 1993. Condición corporal al parto y comportamiento reproductivo posparto en vacas lecheras. **Ciencia e Investigación Agraria**. 20:87
- Shearer, J.K.; Bray, D.R. & Bucklin, R.A. 1999. The management of heat stress in dairy cattle: What we have learned in Florida?. In: Proc. Feed and Nutritional Management Cow College, Virginia Tech. p. 60-71
- Shelton, H.M. 1996. El género Leucaena y su potencial para los trópicos. En: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Fundación Polar. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. p. 17-26
- Shelton, H.M. & Jones, R.J. 1994. Opportunities and limitations in leucaena. In: Leucaena: opportunities and limitations. (Eds. Shelton, H.M.; Piggitt, C.M. & Brewbaker, J.L.). ACIAR Proceedings No.57. Australian Centre for International Agriculture Research. Canberra, Australia. p. 20
- Simón, L. 1998. Del monocultivo de pastos al silvopastoreo: la experiencia de la EEPF "Indio Hatuey". En: Los árboles en la ganadería. Tomo I. Silvopastoreo. (Ed. Simón, L.). EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 9-22
- Simón, L. & Cruz, Aida. 1998. Resultados económico-productivos de la validación del silvopastoreo. En: Los árboles en la ganadería. Tomo I. Silvopastoreo. (Ed. Simón, L.). EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 46
- Simón, L.; Iglesias, J.; Hernández, C.A.; Hernández, I. & Duquesne, P. 1990. Producción de carne a base de pastoreo combinado de gramíneas y leguminosas. **Pastos y Forrajes**. 13:179
- Simón, L.; Hernández, I. & Duquesne, P. 1994. Efecto del pastoreo de Albizia lebbek Benth (algarrobo de olor) en el comportamiento de hembras bovinas en crecimiento. En:

- Resúmenes Taller Internacional "Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 38
- Simón, L.; Hernández, I. & Ojeda, F. 1998. Protagonismo de los árboles en los sistemas silvopastoriles. En: Los árboles en la ganadería. Tomo I. Silvopastoreo. (Ed. Simón, L.). EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 23-35
- Simón, L.; Iglesias, R.; Cáceres, O. & Duquesne, P. 1994. Evaluación de la crianza de equinos en áreas de cítricos. En: Resúmenes Taller Internacional "Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 28
- Simpson, R.B.; Chase, C.C.; Spicer, L.J.; Vernon, R.K.; Hammond, A.C. & Rae, D.O. 1994. Effect of exogenous insulin on plasma and follicular insulin-like growth factor-I, insulin-like growth factor binding protein activity, follicular oestradiol and progesterone, and follicular growth in superovulated Angus and Brahman cows. **J. Reprod. Fertil.** 102:483
- Soler, P.; Chacón, E.; Arriojas, L.; Valles, A. & Rodríguez, O. 1996. Uso de bancos de leguminosas arbustivas en la producción de leche. En: Resúmenes II Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles en los sistemas de producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 78
- Spicer, L.J.; Alpizar, E. & Echternkamp, S.E. 1993. Effects of insulin, insulin-like growth factor-I, and gonadotropins on bovine granulosa cell proliferation, progesterone production, estradiol production and (or) insulin-like growth factor-I production. **J. Anim. Sci.** 71:1232
- Staples, C.R.; Thatcher, W.W. & Clark, H.J. 1990. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. **J. Dairy Sci.** 73:938
- Stobbs, T.H. 1972. **Trop. Grassland.** 6:67
- Stobbs, T.H. 1977. Short-term effects of herbage allowance on milk production, milk composition and grazing time of cows grazing nitrogen fertilized tropical grass pasture. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.** 17:892
- Suárez, S.; Rubio, J.; Franco, C.; Vera, R.; Pizarro, E. & Amezcua, M.C. 1987. Leucaena leucocephala: producción y composición de leche y selección de ecotipos con animales en pastoreo. **Pasturas Tropicales.** 9 (2):11
- Tang, M. 1996. Efecto de la inoculación natural en ocho leguminosas. **Pastos y Forrajes.** 19:131
- Vargas, C. 1993. Comportamiento reproductivo postparto de vacas Brahman. Suplementación, condición corporal. Peso y cambios corporales postparto. **Ciencia e Investigación Agraria.** 20:76
- Varner, M.A. 1992. Stress and reproduction. The National Dairy Database. Northeast IRM Manual. West Virginia. 4 p.
- Waltner, S.S.; McNamara, J.P. & Hillers, J.K. 1993. Relationship of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 76:3410
- Wattiaux, M.A. 1996. Manejo de la eficiencia reproductiva. En: El Instituto Babcock para Investigación y Desarrollo Internacional para la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison, Wisconsin. Resumen No 6:1-4
- Wattiaux, M.A. 1998. Manejando la eficiencia reproductiva del hato. Reproducción y selección genética. En: Guías técnicas lecheras. The Babcock Institute. Universidad de Wisconsin-Madison. Cd-Rom
- Westwood, C.T.; Lean, I.J. & Kellaway, R.C. 1998. Indications and implications for testing of milk urea in dairy cattle: a quantitative review Part 2. Effect of dietary protein on reproductive performance. **New Zealand Vet. J.** 46:123
- Wright, I.A.; Rhind, S.M. & White, T.K. 1992. A note on the effect of pattern of feed intake and body condition on the duration of the post-partum anoestrous period and LH profiles in beef cows. **Anim. Prod.** 54:143
- Zambrano, A.; García, F.; Álvarez, A. & Leyva, C. 1995. Condición corporal según plano nutricional y estado reproductivo en vacas lecheras. En: Resúmenes. X Jornada Científica por el XX Aniversario del CIMA. La Habana, Cuba. p. 54

Anexos

Anexo 1. Datos utilizados para la realización de los balances alimentarios en cada uno de los seis bimestres y las dos épocas del año.

Efectos	Niveles del efecto	Peso vivo (kg)	Producción de leche (kg/vaca/día)	Concentración de grasa (%)
Bimestre	E-F	442	7,2	3,8
	M-A	450	7,9	3,8
	M-J	450	7,6	3,6
	J-A	462	8,9	3,6
	S-O	467	8,8	3,6
	N-D	455	7,8	3,8
Época	Seca	448	7,6	3,8
	Lluvia	460	8,4	3,6

Anexo 2. Asociación de leucaena y pasto estrella.



Anexo 3. Asociación de leucena y guinea. a) Foto integral del sistema.



a)

