

Simulación-validación del efecto bioeconómico de estrategias de mejora de la base forrajera en función de la producción estacional de leche en vaquerías

Servando Soto Senra*, Raúl Guevara Viera*, Andrés Senra Pérez**, Guillermo Guevara Viera*, Aimy Otero y Lino Curbelo Rodríguez*

*Centro de Estudio para la Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey, Cuba

**Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba

servando.soto@reduc.edu.cu

RESUMEN

Con el objetivo de simular-validar posibles variaciones de los indicadores bioeconómicos en la producción de leche, en función de partos estacionales y según estrategias de mejora de la base forrajera, se estudiaron las diez vaquerías de Jimaguayú, Camagüey, Cuba, con mayores porcentajes de partos en abril-agosto. El estudio se realizó de abril de 2001 a marzo de 2006. Se simularon estrategias tecnológicas para mejorar la alimentación, tomando como base valores promedio de las variables de las 10 vaquerías. Las variantes utilizadas fueron: rehabilitación simple (RS) y convencional (RC), banco de proteína 30 % (BP 30 %) y banco de biomasa con CT-115 y *Leucaena leucocephala* (CT-115 + BP 30 %). Se validó el efecto de la mayor concentración de partos, agrupando las vaquerías en los siguientes patrones: P-I (48 al 57 % de los partos [vaquerías nos. 1, 2 y 5]); P-II (58 al 68 % de los partos [vaquerías nos. 4, 6, 7 y 9]) y P-III (69 al 79 % de los partos [vaquerías nos. 3, 8 y 10]). Se estimaron la composición botánica, los rendimientos de materia seca por hectárea y los balances forrajeros; se tuvo en cuenta indicadores físicos y contables para los análisis de eficiencia. En la simulación se incrementó la disponibilidad y aprovechamiento del forraje; la eficiencia del uso del concentrado alimentario y la eficiencia bioeconómica para todas las variantes. En la validación, la vaquería no. 8 demostró que el alto por ciento de parición en el periodo de mayor crecimiento de la hierba, mejora la producción de leche (216 766 kg), la eficiencia productiva (2 274 kg L/ha) y los costos (\$ 0,53 /kg leche).

Palabras clave: *simulación, pariciones, producción de leche, base alimentaria*

Simulation-Validation of the Bioeconomic Effect of Strategies to Improve Forage Availability Based on Milk Seasonal Production on Dairy Farms

ABSTRACT

Possible variations of bioeconomic indicators for milk production were simulated and validated taking into account seasonal calvings and also strategies to improve forage availability. To this end, ten dairy farms from Jimaguayú municipality, Camagüey province, Cuba, showing higher calving percentages from April through August were assessed, since April 2001 up to march 2006. A number of strategies to improve cattle feeding were simulated according to variables mean values for the ten dairy farms. Variables measured were simple rehabilitation, conventional rehabilitation, natural protein source (30 %), biomass source (CT-115), and *Lecaena leucocephala* (CT-115 + 30 %). The effect of highest calving percentages was validated by grouping the ten dairy farms into three patterns: P-I (48 %-57% calvings on farms 1, 2 and 5), P-II (58 %-68 % calvings on farms 4, 6, 7 and 9), and P-III (69 %-79 % calvings on farms 3, 8 and 10). Botanical composition, dry matter yield per hectare, and forage balance were estimated. Efficiency analyses included physical and financial indicators. Simulation increased forage availability and utilization, feedstuff consumption efficiency, and bioeconomic efficiency for every variable. Concerning validation, dairy farm 8 showed that the highest calving percentage registered at grass maximal growth period improved milk production (216 766 kg) and productive efficiency (2 274 kg milk/ha), and reduced costs (\$ 0,53/kg milk).

Key Words: *dairy farms, forage, simulation, seasonal production*

INTRODUCCIÓN

Las posibilidades de aprovechar el alto rendimiento y el valor nutritivo de los pastos tropicales para convertirlo en producto de origen animal en forma barata, son muy ciertas y lo han demostra-

do numerosos estudios realizados en Cuba con vacas lecheras de mediano potencial donde se logran producciones individuales superiores a 11 kg por vaca/día y más de 3 500 kg/ha/año (Senra, 2005) y lo más importante es que se pueden obtener costos de producción muy bajos en el orden

de 0,17 a 0,19 pesos y potenciales ahorros de varios millones de pesos, contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas (Jordán *et al.*, 1995; Guevara *et al.*, 2007).

En este sentido, el sistema estacional —que pudiera tomarse en cuenta en algunas zonas lecheras del país— se utiliza con éxito económico y biológico indiscutible en varios países como Nueva Zelanda, que puede llegar a producir la leche a base de pastos a más bajo costo del mundo (Holmes, 2006).

El desarrollo creciente de la producción ganadera en Cuba se relaciona con el crecimiento progresivo de los pastos y forrajes mejorados o cultivados, que a finales de la década del 1980 ocupaban cerca del 50 %; mientras que actualmente no sobrepasan el 20 % de la estructura varietal explotada en la ganadería (Soto, 2008). De esta manera, la introducción o modificación de cualquier tecnología de producción de leche en pastoreo debe incluir la revisión y mejora de la base forrajera, en este caso en función de la concentración de parición, que permita —como refiere Holmes (2006)— disponer de un sistema sencillo y robusto.

El objetivo de este trabajo fue simular-validar posibles variaciones en los indicadores bioeconómicos en razón a partos estacionales en producción de leche, según estrategias de mejora de la base forrajera en vaquerías de la cuenca de Jimaguá y Camagüey.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Empresa Triángulo I del municipio Jimaguá y, en la región central de la provincia de Camagüey, ubicada a los 21° Norte y 70° Oeste, a 106 m promedio sobre el nivel del mar.

El clima es de llanuras principalmente interiores con humedecimiento estacional, alta evaporación y elevada temperatura del aire. El comportamiento promedio de las temperaturas en el período estudiado fue de 22,6 ° para la época poco lluviosa y 26,1° para la lluviosa; los valores medios de la precipitación anual entre los 870 y 1 270 mm, con el 76 % entre los meses de mayo y octubre, según datos del Centro Meteorológico de Camagüey.

La topografía de la zona es llana o ligeramente ondulada. Los suelos predominantes pertenecen a la categoría agroproductiva III y se clasifican en Pardos típicos, Pardos sin carbonatos y Pardos grisáceos (Atlas de Camagüey, 1990).

Se tomaron informaciones de 10 UPL (vaquerías) con mayores niveles porcentuales de ocurrencia de partos en el período abril-agosto con relación a toda la época de lluvias, en una base de datos que comprendió el período entre abril de 2001 y marzo de 2006.

Análisis de la situación de la base forrajera de los patrones

-Composición botánica, rendimientos y balance forrajero por época anual.

La composición botánica se obtuvo según las tarjetas de campo de agrotecnia de la empresa y se verificaron probables variaciones en el tiempo, por el Método de los Pasos (Corbea y García Trujillo, 1982), al 10 % de las áreas de cada UPL.

Los rendimientos y el balance forrajero se realizaron según el procedimiento empleado por Soto *et al.* (2010).

Simulación de estrategias tecnológicas para mejorar la base alimentaria, en función de la concentración de parición hacia el período abril-agosto

Se analizó el efecto bioeconómico del empleo de estrategias para el mejoramiento del nivel de oferta y calidad del alimento a los animales en función de la concentración de parición en el período abril-agosto, tomando como base la caracterización de una UPL promedio, teniendo en cuenta las unidades estudiadas como base para simular estrategias de mejora de la base alimentaria, en función de la concentración de partos en escenarios lecheros.

Paso 1-Characterización de una UPL promedio como base para la simulación de estrategias de mejora de los recursos forrajeros

Recursos físicos y alimentarios de la UPL promedio

Se determinaron los recursos físicos y alimentarios para una UPL, promedio, de las 10 unidades agrupadas en los tres patrones estudiados (Cuadros 1, 2 y 3).

El área de pastizales se estaba explotando en régimen de pastoreo rotacional, con cinco cuarterones (10 días de tiempo de ocupación y 40 días de descanso). En relación a composición botánica, las leñosas presentes en el área de leñosas corresponden en más del 95 % a *Dychrostachys cinerea* (marabú) y para las leguminosas nativas *Calopogoneum coeruleum*, *Galactia striata*, *Centrosema pubescens*.

Cuadro 1. Recursos físicos y alimentarios de la UPL promedio

Indicadores	Cantidad
Área total (ha)	110,4
Cuartones (#)	5
Pasto nativo (ha)	63,96 ha
Pasto mejorado (ha)	18,61 ha
Área de caña (ha)	7,75 ha
Leñosas (ha)	15,24
Leguminosas nativas-mejoradas (ha)	2,03 ha
Carga global (UGM/ha)	1,12
Balance forrajero lluvia (t MS)	-16,06
Balance forrajero seca (t MS)	-70,82
Forraje anual/vaca (t MS)	4,06
Forraje/vaca/día (kg)	11,13
Norgold® (kg/vaca/año)	93
Alimento total/vaca (t MS)	4,44
Alimento total/día (kgMS)	12,1 kg
Concentrado anual/vaca (t MS)	0,67
FPPU (t MS/año)	487,66

Cuadro 2. Indicadores relativos a la estructura del rebaño, lactancia, reproducción y mortalidad de la UPL promedio

Indicadores	Valor
Total vacas/año (#) ¹	120
Vacas ordeño/año (#)	42,9
Lactancias Promedio (#)	+ 3
Vacas vacías/año (%)	10,8
Lactancia (días)	235
Natalidad (%)	56,7
IPP (días)	658
Mortalidad vacas (%)	0,52
Mortalidad crías(%)	1,43

¹ Vacas mestizas Holstein x Cebú: Siboney de Cuba

Cuadro 3. Indicadores de eficiencia productiva (EP) y financieros de la UPL promedio

Indicadores EP	Cantidad
Prod. leche total año (kg)	130 518
Prod./leche/ha/año(kg)	1 142,63
Prod. leche/UT/año(kg)	24 781,66
Prod. leche/vaca/año(kg)	4,43
Prod. ST/año(kg)	14 706,63
Prod. grasa/año(kg)	4 568,14
Prod. PB total/año(kg)	4 176,59
Prod. lactosa/año(kg)	5 873,32
Indicadores financieros	Valor
Gastos totales/año (\$)	93 245,71
Gastos/ha/año (\$)	844,62
Ingresos totales/año (\$)	131 767,54
Ingresos/ha/año (\$)	1 193,54
Ingresos-gastos/año	37 032,78
Ingresos-gastos/ha (\$)	355,44
Costo/kg/leche (\$)	0,88

Paso 2. Propuestas de tecnologías para mejorar la disponibilidad y calidad de la base forrajera, en período abril-agosto

Rehabilitación simple (RS): dos pases de grada ligera semiabierta para la dispersión de la semilla en campo y estimulación de rebrotes en el área de pasto mejorado (18,61 ha), según lo recomendado por Muñoz (2008). Incrementar hasta ocho cuartones.

Rehabilitación convencional (RC): limpieza mecanizada en área de leñosas (15,24 ha) y aplicación herbicida de Potrerón (3 l/ha). Grada media y arado en las áreas de leñosas y grada en pastos mejorados; 33,85 ha total (Muñoz, 2008). Incrementar hasta 12 cuartones.

Banco de Proteína en el 30 % del área (BP 30 %): la leguminosa seleccionada a partir de experiencias de cultivo y rendimientos promisorios en territorios de la provincia de Camagüey (Soto et al., 2006). Incrementar hasta 17 cuartones (12 de banco de proteína).

Banco forrajero con gramínea+banco de proteína (CT-115+BP 30 %): *Pennisetum purpureum cv. CT-115 + Leucaena leucocephala cv Perú* (33 ha). Para las labores de siembra en las variantes, se realizó la misma preparación del suelo. Se consideraron cinco labores: rotura, grada, cruce, grada y surcado (Soto, 2008). Para *Leucaena* se utilizó un marco de siembra de 5,00 m entre surcos y 1,00 m entre plantas y un gasto de semilla de la leguminosa de 1,0 kg/ha. Se estimó necesario realizar, además, tres labores de limpieza en cada caso (Soto et al., 2006). En el caso del Clon CT-115, se sembró en las calles entre los surcos de *Leucaena* a una distancia de 0,70 m entre surcos con una densidad de 1,0 t/ha (Soto, 2008). Incrementar hasta 17 cuartones (12 de la asociación).

En todos los casos simulados se incluyó la oferta de 2 kg de Norgold® (Base Fresca) y 1,72 kg (Base Seca), como suplemento para todo el año.

Paso 3. Balances forrajeros para las propuestas tecnológicas

En la confección de los balances forrajeros anuales para las variantes de mejora de la base alimentaria, se simuló el efecto de la aplicación de la tecnología en el balance forrajero, en función de la concentración de parición, donde se considera: Balance forrajero lluvia (t MS); Balance forrajero seca (t MS); Forraje anual (t MS/vaca); Forraje (kg MS/vaca/día) y FPPU (t MS/año). Se utilizó el procedimiento empleado por Soto et al. (2010).

El incremento de la disponibilidad para el caso de las labores de rehabilitación se estimó en un 40 y 50 % para la simple y la convencional, respectivamente para el primer año, según lo informado por Muñóz (2008), para gramíneas y leguminosas nativas rehabilitadas, con 50 % de aprovechamiento. Para las variantes donde se incluyen Bancos de Proteína al 30 %, el rendimiento de Leucaena utilizado fue de 0,8 t MS/ha en el período seco y 1,3 t MS/ha en el período lluvioso, con 60 % de aprovechamiento (Soto, 2008).

Paso 4. Balances alimentarios para las propuestas tecnológicas.

Se simuló la respuesta de la eficiencia productiva para las variantes tecnológicas: leche kg/v/día; leche kg/ha; leche kg/año; leche kg/ut; incremento leche kg/año. Para la confección de los balances alimentarios prospectivos, según variantes propuestas, se empleó el software CALRAC (1996) para la alimentación de rumiantes, para estimar el rendimiento individual de producción de leche para cada tecnología propuesta.

Composición química de los alimentos

Para las variantes donde se incluyen bancos de proteína al 30 %, la composición química de Leucaena utilizada fue de 33,3 % de MS, 2,1 Mcal/kg MS de EM, 28,0 % PB 26,1 2,30 calcio y 0,25 de fósforo. Los valores promedios de la composición química de la gramínea asociada al banco de proteína (*Pennisetum purpureum cv CT-115*) fueron de 23,2 % de MS; 10,0 % de PB; 1,81 Mcal/kg MS de EM; 0,56 % calcio y 0,14 % de fósforo (Soto, 2008).

Suplementación utilizada: se estimó necesario, para disminuir los efectos del incremento de la carga en el resto de las áreas por la aplicación de las variantes, ofrecer hasta 2 kg BF/UGM/día de Norgold®, con valor nutricional de 86 % de MS, 24 % de PB y 2,3 Mcal/kg de MS de energía metabolizable (NRC, 2001). Además, la oferta de 100 g de urea/vaca/día para suministro conjunto con caña forrajera (rendimiento informado de 13,5 t MS/ha, y disponibilidad de hasta 4,12 kg/vaca/día en seca y 52 % de aprovechamiento).

Se tuvo en cuenta que a partir del 20 % de sustitución del pastizal nativo por el mejorado, incrementa el rendimiento y la calidad de la oferta con mayor posibilidad de selección y valores nutricionales superiores (hasta 13,5 % de PB y 2,1 Mcal/kg MS de EM), y por lo tanto, el consumo se incrementa en 0,3 %. Se estimó también el pequeño incremento de la calidad de la gramínea nativa y de su producción de MS, por el mayor aporte de nitrógeno al ecosis-

tema, en la variante con Banco de Proteína al 30 % (Curbelo, 2004).

Paso 5. Análisis económico de las propuestas de mejora de la base alimentaria en función de la concentración de partos

Como método para estimar la factibilidad económica de la aplicación de las propuestas evaluadas, se utilizó el Análisis de Presupuesto Parcial (APP) para la determinación del Cambio Neto de Utilidades (CNU), según la estrategia evaluada, para Moneda Nacional (CUP) en correspondencia con la estructura financiera empleada por el MINAG para el sistema empresarial. Para ello se utilizó el Programa INVERFINCA (CEDEPA, 2003):

$$\text{CNU} = (\text{ITT} + \text{CET}) - (\text{IPT} + \text{CTP})$$

Donde:

ITT: ingresos totales/tecnología

CET: costos evitados/tecnología

IPT: ingresos perdidos/tecnología

CTP: costo de la tecnología propuesta

Indicadores: Gastos variables (GV: capacitación, poda, rehabilitación y otros gastos); gastos fijos (GF: Salarios); gastos totales (GV+GF); ingresos Leche (IL); ingresos por venta animal (IVA); ingreso total (IL+IVA) e ingreso neto (ingresos totales-gastos totales).

Validación de la mayor concentración de partos en función de la concentración de parición hacia el período abril-agosto

Se hizo un estudio de caso donde se eligió a la UPL 8 como la de mejor comportamiento productivo del P-III, con un por ciento de parición al inicio de la época lluviosa de 69 a 79 %, en base a la información institucionalizada.

Se analizó el comportamiento de los indicadores productivos y económicos para el estudio de caso, con respecto a los tres patrones estudiados (Patrón I: 48 a 57 %; Patrón II: 58 a 68 % y Patrón III: 69 a 79 %).

Indicadores evaluados

Indicadores productivos y de eficiencia: Producción leche (PL) total kg/año; PL kg/vaca/día; PL kg /ha/año; PL kg/ unidad de trabajo (ut)/año.

Indicadores económicos (\$): Ingresos totales; gastos totales; ingresos-gastos y costo/kg de leche producido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Balances forrajeros para las variantes simuladas como respuesta al período seco.

Las tecnologías propuestas para mejorar la disponibilidad y calidad de la oferta de forraje, responden al planteamiento de algunos autores (Ma-

chado y Seguí, 1997; y Olivera *et al.*, 2003), acerca de la necesidad de continuar los esfuerzos en la introducción, evaluación y explotación de nuevas formas nativas o mejoradas de pastos y forrajes, cuyos potenciales productivos, valor nutritivo, adaptación y tolerancia al ambiente, así como otros rasgos de interés, superen a las variedades locales e incidan positivamente en la producción.

En la mayoría de los casos, las áreas de pastoreo están constituidas por gramíneas nativas de baja calidad nutritiva, se encuentran mal manejadas y hay poca presencia de árboles y arbustos en los potreros; esta situación, conjuntamente con otros factores psico-sociales y tecnológicos, ha generado un déficit de 60 % en los rubros de leche y carne en la última década (Torres, 2007 y García *et al.*, 2008).

La implementación de tecnologías (Tabla 1), en dependencia de las posibilidades, características y recursos del entorno productivo, puede resultar en incrementos sensibles de la disponibilidad forrajera que mejoren el nivel de oferta de alimentos voluminosos, lo cuales pueden ser aprovechados eficientemente cuando coincide con el mayor por ciento de parición hacia el período de mayor crecimiento de la hierba. En definitiva, al incrementarse el nivel de oferta, existen más posibilidades de selección por parte de los animales (Soto, 2008), y de que estos cubran sus requerimientos.

Padilla y Cino (2003), encontraron que cuando se aplicaron diferentes labores de rehabilitación (fertilización nitrogenada, quema+grada+fertilización nitrogenada y quema+subsolador +fertilización nitrogenada) se alcanzaron por cientos de guinea de 53,9 a 57,7 en el área y rendimientos de hasta 3,5 t MS/ha, lo cual representó mejora sensible respecto al control (33,9 % y 1,0 t MS/ha). Esto valores fueron similares a los reportados por Sardiñas *et al.* (2005), con arado+grada+fertilización, pero se logran valores supe-

riores en el rendimiento de la guinea (*Panicum maximum cv Likoni*), hasta 3,43 t MS/ha.

Crespo y Fraga (2005), en trabajos realizados en el occidente de Cuba, informaron del efecto de métodos de rehabilitación (arado+grada) en la reducción de la presencia del espartillo (*Sporobolus indicus L.R.Br.*) y elevar hasta 79,7 % de guinea (*Panicum maximum cv Likoni*), con incrementos en los rendimientos de hasta 1,37 t MS/ha y calidad del pastizal.

En tal sentido, las labores de rehabilitación, según indican Crespo *et al.* (2006), se recomiendan para pastizales degradados de guinea (*Panicum maximum cv. Común*) con 40 % o menos de área cubierta, y se logran altos valores de los indicadores de la actividad biológica del suelo (50 mg CO₂).

La introducción de la tecnología de *Pennisetum purpureum CT-115* viene a dar respuesta a la problemática fundamental de nuestra ganadería: la alimentación en la época de seca, simplificar el trabajo en la vaquería y mejorar el consumo total de alimentos de sus vacas, novillas y machos en ceba, en ambas épocas.

En la utilización de las asociaciones (25 a 30 % del área de pastoreo), Soto (2008) recomendó, que para garantizar la disponibilidad de materia verde del estrato herbáceo, se debe disminuir la densidad de plantas de *Leucaena*/ha, razón por la cual el por ciento de inclusión de esta especie en la dieta de los bovinos no sobrepasa el 30 %, también regulado este consumo por el manejo y el tiempo de acceso a la leguminosa limitado (1 a 4 horas).

La disponibilidad de MS, mayor en Banco de Proteína al 30 % y asociación de *P. purpureum CT-115* con *L. leucocephala*, permite a las vacas mayor poder de selección del pasto a consumir y, en estos casos, se acerca a los 30 kg de MS/vaca/día, valor que se informó como el recomendado para vacas en pastoreo con ofertas de pastos tropicales (López, 2002; Soto, 2008).

Tabla 1. Efecto simulado de la aplicación de la tecnología en el balance forrajero, en función de la concentración de parición

Indicadores/variante propuesta	RS	RC	BP 30 %	CT-115 +BP 30 %
Balance forrajero P.Lluvioso (t MS)	70,00	90,00	226,00	273,00
Balance forrajero P.P. Lluvioso (t MS)	6,00	28,00	63,00	199,00
Forraje anual (t MS/vaca)	6,07	6,45	7,88	9,40
Forraje (kg MS/vaca/día)	16,63	17,67	21,58	25,75
FPPU (t MS/año)	720,00	775,00	946,00	1 129,00

Nota: Para 120 UGM (15 kg MS/UGM/día), necesidades totales de 279 t en el periodo lluvioso y 378 t en el periodo poco lluvioso

Comportamiento de los indicadores de eficiencia productiva por aplicación de la tecnología

No parece ser posible llegar a la producción sostenible de leche y carne bovina en el trópico, sin que los pastos, incluidas las leguminosas, desempeñen el rol protagónico (Hernández *et al.*, 2000). De esta manera, la posibilidad de mejorar el nivel de oferta a los animales, incluso con un nivel de excedente en ambas épocas del año, tiene su efecto en el incremento del consumo por parte de estos por el efecto de selección.

Varias opciones se pueden aplicar; algunas de ellas (Tabla 2), pueden contribuir a incrementar las aspiraciones productivas y de eficiencia en una finca lechera, al mejorar el nivel y la calidad de la oferta de forraje en función de la etapa de mayores requerimientos de alimento, en este caso (producción de leche, por parte del ganado).

Una simple rehabilitación, aplicando sólo pase de grada ligera semiabierta o, si se realiza esta rehabilitación de forma convencional, puede implicar un cambio sustancial en el rendimiento y calidad del pastizal, que incluya la sustitución de leñosas indeseables por gramíneas mejoradas. En tal sentido Curbelo (2004) consideró un incremento de la calidad del pastizal a partir del 20 % de sustitución del pastizal nativo por el mejorado, que produce un aumento del rendimiento y la calidad de la oferta con mayor posibilidad de selección y valores nutricionales superiores y, por lo tanto, el consumo se incrementa en 0,3 %.

La opción de implementar un banco de proteína en el 30 % del área, en unidades con altas concentraciones de parición en el período abril-mayo en la zona estudiada, tendría la probabilidad de lograr 9,0 kg/vaca/día aproximadamente, cifra muy cercana a los 9,5 kg/vaca/día reportados en Cuba por Lamela *et al.* (1998), en condiciones de pastoreo de asociaciones de Guinea+Pasto estrella+Leucaena+Glycine y una carga de 1,5; y a los resultados informados, en condiciones comerciales, por Lamela *et al.* (1999) con tecnología de manejo y explotación de *Panicum maximum cv Likoni* fertilizada con 70 kg de N/ha/año y banco de proteína de *L. leucocephala cv. Cunningham* y

glycine durante dos años, con producción de leche en vacas mestizas (HxC) de 9,0 y 9,3 kg/vaca/día para el primer y segundo año, respectivamente.

Resultados similares fueron reportados por Senra (2008) relacionados con el comportamiento productivo (alrededor de 8 kg de leche/vaca/día) y reproductivo, superiores para los sistemas de pastoreo que incluyen el componente arbóreo, en condiciones de bajos insumos, con el genotipo Siboney, al integrar armónicamente el manejo de este componente con el de las gramíneas, lo cual permitió una reducción importante del uso de concentrados.

Con la asociación simulada de *P. purpureum CT-115* con Leucaena, la producción individual simulada resultó superior a lo reportado por Carrasco *et al.* (2002) de 7,0 kg/vaca/día promedio entre las dos épocas en condiciones de secano y sin fertilización, e inferior a lo informado por Iglesias y Hernández (2005), que señalan niveles de producción en sistemas asociados con bajos insumos entre 9 y 12 kg/vaca/día; aunque es de esperar que se alcancen mejores resultados en el tiempo con el aporte de nitrógeno al suelo por la leguminosa y la contribución del Clon CT-115 para cubrir el déficit de las especies de pastos tradicionales, en secano (Martínez, 2001).

Resultados dados a conocer por Sánchez (2007) en asociaciones en toda el área de pastoreo de gramíneas y leguminosas tiene coincidencias con los resultados de las simulaciones para las variantes que incluyen leguminosas.

Fernández *et al.* (2005) concluyeron que la inclusión de Leucaena, en la alimentación de bovinos de leche, permitió reducir el uso de concentrado comercial (2 a 4 kg) y lograr mayor producción de leche (9,8 y 11,4 kg leche/vaca/día), similar a lo comunicado por Sánchez (2007), de 9 a 10 kg/vaca/día; esto confirma lo informado por Cáceres (1985), de que, el alto valor nutritivo de Leucaena sustituye una fracción importante de los requerimientos proteicos y energéticos de la ración, y el consumo se incrementa hasta niveles de alrededor de 100 g de MS/kg de P^{0,75}; mientras que en

Tabla 2. Comportamiento de la eficiencia productiva para las variantes tecnológicas simuladas

Tecnología	Leche kg/v/día	Leche kg/ha	Leche kg/año	Leche kg/ut	Incremento Leche kg/año
Rehabilitación	7,5	1 664	183 707	36 741	53 189
BP 30 %	9,0	2 064	227 900	45 580	97 382
CT-115+BP 30 %	8,0	1 797	198 438	39 687	67 920

algunos casos la digestibilidad se continúa elevando a niveles de oferta más altos.

Por su parte, Sánchez (2008) obtuvieron producciones de 2 744 a 3 025 kg/ha/año para vacas Mambí en pastoreo de gramíneas y leguminosas sin fertilizar en Cuba, que alcanzan la coincidencia entre la curva real y la potencial con eficiencia del 85 %, con mayores valores en el período lluvioso, donde los mejores resultados fueron en el bimestre de julio-agosto.

Estos resultados alcanzados en la simulación, tendientes a minimizar la dependencia de los concentrados y mejorar la eficiencia de su uso, adquieren importancia capital en la actualidad, particularmente en la eficiencia bioeconómica del proceso productivo. En tal sentido, Senra (2009) afirmó que la aplicación de estrategias que no se correspondan con las condiciones climáticas y socioeconómicas de Cuba, donde el uso de tecnologías con altos insumos externos demuestra gran insostenibilidad, conducen a la baja eficiencia en los sistemas de explotación de bovinos basados en pastoreo.

Análisis de presupuestos parciales

El impacto económico inicial de cualquier inversión posterior al año cero (período en que se ejecuta la inversión), resulta muchas veces decisivo en la aceptación de la tecnología por parte de los productores y demás factores involucrados en el proceso productivo (Tabla 3).

En Cuba, Senra (2005) evaluó los gastos de labores de rehabilitación como más factibles para áreas de ganadería vacuna de baja productividad del pastizal, en comparación con siembras nuevas, que son mucho más costosas y tienen vida útil entre 3 y 5 años, lo cual había sido precisado por Pérez Infante (2004) para Cuba y para otras zonas del trópico.

Las bondades del componente arbóreo han determinado que el árbol o arbusto, fundamentalmente de ramoneo y leguminoso, sea incluido en los sistemas de pastoreo más atractivos para el trópico y subtropical americano, conjuntamente

con la aplicación de los principios de manejo correspondientes a los métodos de alta densidad (Senra, 2008); y que han reportado ventajas en el tiempo en tres dimensiones: económica, ambiental y social, debido a que propician el desarrollo rural, protegen el entorno y contribuyen a la biodiversidad (Rois *et al.*, 2006; Soto *et al.*, 2008).

De igual manera, Sánchez (2008) recomendaron los sistemas silvopastoriles con leguminosas arbustivas como una opción para producir leche sin fertilizantes químicos y con la ventaja adicional de ser una vía para conservar el entorno; y los costos de su establecimiento pueden abarataarse, deducirse totalmente e incluso lograr ganancia cuando se integren cultivos de ciclo corto durante su establecimiento (Soto *et al.*, 2006 y 2008).

Estas tecnologías, cuando se implementan en conjunción con sistemas estacionales de producción de leche, permiten mejorar la eficiencia del uso de los recursos y así elevar la calidad de vida de la sociedad, en tanto garantiza el manejo adecuado de los recursos alimentarios para el ganado (Soto, 2010); lo que propiciaría que en el sector agropecuario se desarrolle una agricultura y ganadería sostenible, en el contexto socio-económico, productivo y ambiental cubano, ocupando, además, un lugar destacado en el producto interno bruto nacional (Guevara *et al.*, 2005a).

Validación

En la Tabla 4, se observa cómo el comportamiento del tercer año atípico (2003-2004) de la unidad 8 y a su vez la media de sus cinco años evaluados, es de mayor producción en el P-III, y se comporta con una superioridad de más de 100 000 kg de leche producida sobre los otros patrones evaluados en relación con su producción total por año, por hectárea, por unidad de trabajo y por vaca al día, lo cual nos da una respuesta muy concluyente sobre la importancia de agrupar las pariciones al principio del período lluvioso y de la utilización del pastizal, aumentando los in-

Tabla 3. Análisis del presupuesto parcial para determinar el cambio neto de utilidades (CNU) en moneda nacional (CUP, para el primer año, según tecnología para mejora de la base alimentaria en función de la concentración de las parición

Tecnología	CTP (CUP)	CET (CUP)	ITT (CUP)	IPT (CUP)	CNU	Tiempo de recuperar inversión (meses)
R. S	73 333,00	0	99 629,00	0	26 296,00	12
R C	76 328,87	0	99 629,00	0	23 300,13	12
BP 30 %	96 727,53	0	143 822,00	0	47 094,47	12
CT-115+BP 30 %	115 765,53	0	114 360,00	0	17 888,72	14

dicadores productivos y, en consecuencia, sus rendimientos. Resultados similares en Cuba se han obtenido por Guevara *et al.* (2005b), Mena *et al.* (2007) y Guevara *et al.* (2007).

En la Tabla 5, se aprecia que la UPL 8 posee mayor eficiencia económica. Los gastos totales fueron superiores para la unidad 8, tanto en la media de sus cinco años como en su mejor año de comportamiento productivo con respecto a los otros dos patrones, pero se observó a su vez un incremento muy superior en sus ingresos totales, lo cual nos lleva a ingresos-gastos a su vez superiores a los otros dos patrones de parición evaluados.

Esto refleja la influencia de la concentración de las pariciones al inicio del período lluvioso y el aprovechamiento superior del pastizal que se logra, alcanzando así una mayor producción de leche que conlleva a mayores ingresos de las unidades, como lo señala Pinheiro (1991), debido a la crisis energética se encuentra en Estados Unidos una conversión de estabulado a pastoreo con producción estacional, logrando para este modo productivo gran masa de productores con resultados favorables en el sistema, lo cual confirma su validez al maximizar la utilización del pastizal como recursos de nutrientes más baratos en la época más favorable de crecimiento (Murphy, 2000; Forgey, 2003).

La Fig. 1 muestra que la unidad 8 (de mayor producción de leche), que pertenece al patrón III, tiene menor costo de producción por kilogramo de leche tanto en su media de los cinco años evaluados como

en el mejor año atípico (2003-2004), los cuales fueron notablemente inferiores en sus costos con respecto a los otros dos patrones evaluados (I y II).

Este comportamiento de los costos para la UPL de mejores resultados, dentro del mejor patrón, nos refleja mejor aprovechamiento del pastizal cuando los partos son concentrados al principio del período lluvioso como lo indicaran Agüero *et al.* (2005) y similar a lo reportado por Guevara *et al.* (2005a), que encontraron valores por kilogramo de leche de 0,61 CUP, cuando los rebaños concentraron su parición al inicio del período lluvioso. Lo más importante es que se puedan obtener producciones a bajos costos y así contribuir a la sostenibilidad del sistema (Galetto *et al.*, 2000; Guevara *et al.*, 2001).

Los hallazgos encontrados en la validación de la UPL 8, consolida los resultados de este trabajo respecto al incremento de la eficiencia del proceso de producción de leche cuando se logran altas concentraciones de partos en el período abril-mayo, como modelo lechero estacional en condiciones de clima tropical, con dos épocas definidas, en la zona de la cuenca de Jimaguayú, Camagüey.

CONCLUSIONES

La introducción de las tecnologías propuestas a través de la simulación para mejorar la base forrajera, en función del patrón de parición, resultó en un incremento en la disponibilidad y aprovechamiento del forraje en la eficiencia del uso del concentrado y en la eficiencia bioeconómica en general.

Tabla 4. Comportamiento de los indicadores productivos para la UPL del estudio de caso (kg)

VARIABLES	Patrón I (48-56%)	Patrón II (58-68%)	Medias P-I y II	Patrón III (69-79%)	UPL 8 Patrón III	Mejor año UPL 8 2003-2004)
LecheTotal. /año	103 281	111 474	107 377	176 799	199 471	216 766
Leche/ha/año	851	1 050	950	1 526	1 785	2 274
Leche/ut/año	17 886	22 472	20 179	33 985	38 190	43 353
Leche/v/día	3,63	3,82	3,72	5,84	6,02	6,6

Tabla 5. Comportamiento de los indicadores económicos, para los patrones y la UPL del estudio de caso del P-III (CUP)

VARIABLES	Patrón I (48-56%)	Patrón II (58-68%)	Medias P-I y II	Patrón III (69-79%)	Unidad 8 Patrón III	Mejor año UPL 8 (2003-2004)
Ingresos Totales	102 422	111 786	107 104	181 093	188 075	197 817
Gastos Totales	82 379	85 878	84 128	111 479	115 486	116 450
Ingresos-Gastos	20 043	25 908	22 975	69 614	72 589	81 367

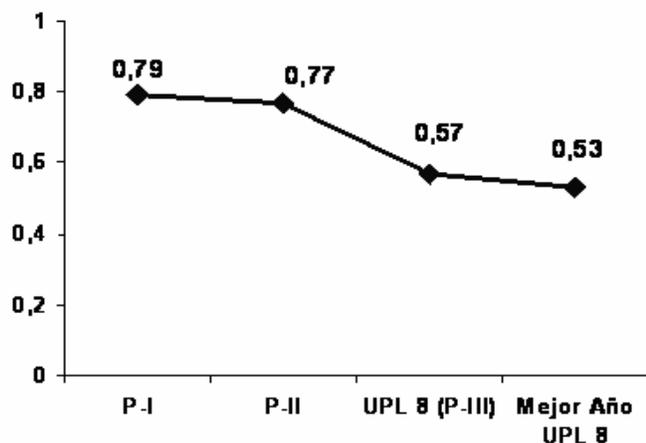


Fig. 1. Comportamiento del costo (CUP) por kg de leche, para la UPL del Patrón III (69-79 %)

La validación con el estudio de caso (UPL 8), demostró que con alto por ciento de parición en el período de mayor crecimiento de la hierba se producen mejoras en la producción de leche y la eficiencia productiva.

REFERENCIAS

- AGÜERO, L. A.; GUEVARA, R.; GUEVARA, G. y CURBELO, L. (2005). Efecto del momento del parto dentro de la época de máximo crecimiento del pastizal sobre la eficiencia de la producción de leche. *Rev. ACPA*, 3, 14-15.
- ATLAS DE CAMAGÜEY. (1990). *Atlas de Camagüey* (pp. 2-35). Camagüey, Cuba: Ed. Academia.
- CÁCERES, O. (1985). *Estudio de los principales factores que afectan el valor nutritivo de gramíneas forrajeras tropicales en Cuba*. La Habana, Cuba: ISCAH.
- CALRAC. (1996). *Software para la alimentación de rumiantes* (versión 1.0). La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal.
- CARRASCO, E.; GARCÍA LÓPEZ, R.; ENRIQUE, A. y FONTE, D. (2002). Comparación de dos tiempos de reposo en el pastoreo de CT-115 (*P. purpureum*) para la producción de leche en el periodo lluvioso. Resultado preliminar. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36 (4), 337.
- CORBEA, L. A. y GARCÍA TRUJILLO, R. (1982). *Método de muestreo en pastos y forrajes*. Conferencia de Postgrado, EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Cuba.
- CRESPO, G. y FRAGA, S. (2005). Estudio preliminar del efecto de métodos de rehabilitación y de aplicación de estiércol vacuno en el control del espartillo (*Sporobolus indicus LRBr*) en un pastizal de guinea (*Panicum maximum cv Likoni*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39 (4), 629.
- CRESPO, G.; PADILLA, C.; OTERO, L.; CALEO, B. y MORALES, A. (2006). Efecto de labores mecánicas en la rehabilitación de un pastizal de guinea likoni (*Panicum maximum Jacq*) y en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40 (4), 485.
- CURBELO, L. (2004). Alternativas forraje-ganadería para las sabanas infértiles del norte de Camagüey. Tesis de Doctorado en Ciencias Veterinarias, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.
- FERNÁNDEZ, R.; DE CHÁVEZ, L. M. y VIRGÜEZ, D. (2005). *Uso de leucaena (Leucaena leucocephala Lam. de Wit) en pastoreo restringido para la suplementación de vacas lecheras*. Extraído en octubre de 2008, desde <http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2005%20Suplemento/NR12.pdf>.
- FORGEY, D. (2003). *How and Why Improve Milk Production with Seasonal Model* (pp. 3-7). Dairy Huds, Indiana.
- GALETTO, A.; RAMÍREZ, L.; ZULIANI, S.; LÓPEZ, G. y PALAZZESI, P. (2000). *Factores de cambio técnico asociados a empresas tamberas competitivas del Centro-Sur de la Provincia de Santa Fe*. Artículo presentado en XXIX Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, La Plata, Buenos Aires.
- GARCÍA, D. E.; MEDINA, M. G.; COVA, L. J.; SOCA, M.; PISAN, P.; BALDIZÓN, A. y DOMÍNGUEZ, G. E. (2008). Preferencia de vacunos por follajes de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el estado de Trujillo, Venezuela. *Pastos y Forrajes*, 31 (3), 156-166.
- GUEVARA, G.; GUEVARA, R.; CURBELO, L.; ESTÉVEZ, J. y GÁLVEZ, M. (2001). *Factores de sostenibilidad de los sistemas de producción de leche en Camagüey. Métodos de pastoreo*. Artículo presentado en Evento ALPA/2001, La Habana, Cuba.
- GUEVARA, R.; GUEVARA, G. y CURBELO, L. (2005B). *Posibilidad de la producción estacional de leche en Cuba* (Conferencia de postgrado). Maestría de Producción Animal Sostenible, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.
- GUEVARA, R.; GUEVARA, G.; CURBELO, L.; DEL RISCO, G. S.; SOTO, S.; ESTÉVEZ, J. A. y ANDÚJAR, O. (2007). Posibilidades de la producción estacional de leche en Cuba en forma sostenible. *Revista de Producción Animal*, (Número especial), 19-27.
- GUEVARA, R.; GUEVARA, G.; GONZÁLES, C.; CURBELO, L.; SOTO, S.; AGÜERO, L.; RODRÍGUEZ, C. y ESTÉVEZ, J. A. (2005A). Efecto del momento de parto dentro de la época de máximo crecimiento del pastizal sobre la eficiencia de la producción de leche. *Revista de Producción Animal*, 17 (1), 35-40.
- HERNÁNDEZ, D.; CARBALLO, M. y REYES, F. (2000). Reflexiones sobre el uso de los pastos en la producción sostenible de leche y carne de res en el trópico. *Pastos y Forrajes*, 23, 269.
- IGLESIAS, J. M. y HERNÁNDEZ, D. (2005). Sistemas silvopastoriles para la producción bovina en Cuba. En Universitaria (Ed.), *El silvopastoreo: Un nuevo concepto de pastizal* (Capítulo 9, pp. 151-166). Guatemala, Centroamérica: Universidad de San Carlos de Guatemala y Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.

- INVERFINCA. (2003). *CEDEPA*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Camagüey. Cuba. Registro No. 011085-11085.
- JORDÁN, H.; REYES, J.; VALDÉS, G.; MILERA, M.; RUÍZ, R. y GUEVARA, R. (1995). *Mesa redonda sobre los principales resultados de investigaciones en PRV en el país*. Artículo presentado en el evento por el XXX aniversario de la muerte de A. Voisin, La Habana, Cuba.
- LAMELA, L.; MATÍAS, C. y DÍAZ, M. (1998). *Siembra y establecimiento de un sistema silvopastoril en una vaquería comercial*. Artículo presentado en Forum provincial de Proteína, Matanzas, Cuba.
- LAMELA, L.; MATÍAS, C. y GÓMEZ, A. (1999). Producción en un sistema con banco de proteína. *Pastos y Forrajes*, 22, 339.
- LÓPEZ, O. (2002). *Caracterización del comportamiento productivo y reproductivo de vacas Mambí de primera lactancia en un sistema silvopastoril*. Tesis de Maestría en Reproducción Animal, CENSA-Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba.
- MACHADO, R. y SEGUÍ, E. (1997). Introducción, mejoramiento y selección de variedades comerciales. *Pastos y Forrajes*, 20 (1), 1-20.
- MARTÍNEZ, R. O. (2001). *Banco de biomasa para la sostenibilidad de la ganadería tropical* (Conferencias). Ciudad México: Banco de México-FIRA.
- MENA, M.; BERTOT, J. A.; AVILÉS, R. G.; GUEVARA, R.; GUEVARA, G. y VÁZQUEZ, R. (2007). Estacionalidad en la producción de leche en un rebaño bovino. *Revista de Producción Animal*, 19 (1), 9-12.
- MUÑOZ, D. (2008). *Utilización de áreas infestadas de marabú (Dichrostachys cinerea) recuperadas en las unidades de producción pecuarias en la producción de alimentos*. Informe final de proyecto: Ramal 0497.
- MURPHY, G. (2000). *Green Pastures in your Side of the Fence*. Vermont, USA: Butterworth.
- NRC. (2001). *Requerimientos nutritivos del Ganado de leche*. Washington, DC.: National Research Council. 8th Ed. Nat. Acad. Press.
- OLIVERA, Y.; MACHADO, R. y LEÓN, B. (2003). *Evaluación agronómica de recursos genéticos forrajeros*. Memorias V Taller Internacional sobre recursos fitogenéticos, S. Spíritus, Cuba.
- PADILLA, C. y CINO, D. (2003). Estudio preliminar de la efectividad de métodos de rehabilitación en la recuperación de un pastizal de guinea común (*Panicum maximum cv. Común*) establecido previamente en siembras ralas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37 (2), 203.
- PÉREZ INFANTE, F. (2004). *Empleo del balance alimentario como herramienta para el trabajo del ingeniero pecuario en vaquerías comerciales*. Conferencia de postgrado, Instituto de Pastos y Forrajes, La Habana, Cuba.
- PINHEIRO, M. (1991). Conferencia sobre pastoreo Voisin. Sao Paulo, Brasil, Banco Unión Comercial: 12.
- ROIS, M.; MOSQUERA, R. y RIGUEIRO, A. (2006). Biodiversity Indicators on Silvopastoralis Across Europe. En *EFI Technical Report. European Forest Institute* (pp. 16). Lugo, Spain: University of Santiago de Compostela.
- SÁNCHEZ, E. (2008). Demanda mundial de alimentos estimula a ganadería nacional. *El Nuevo Diario*, 17, 39. Extraído en diciembre de 2008, desde <http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/23156>.
- SÁNCHEZ, M. (2007). *El subsector del ganado bovino de leche. Censos producciones e importancia a nivel mundial, de la Unión Europea y de España. P.A.C. en Vacuno Lechero. Producción Animal e Higiene Veterinaria* (Tema III). Extraído en septiembre de 2008, desde http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/01_10_24_tema_3b.pdf.
- SARDIÑAS, Y. y PADILLA, C. (2005). Degradación de los pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39 (especial), 515-521. La Habana, Cuba: ICA.
- SENRA, A. (2009). Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad de los suelos. *Rev. Avances de Investigación Agropecuaria*, 13 (2), 3.
- SENRA, A. F. (2005). Índices para controlar la eficiencia y sostenibilidad del ecosistema del pastizal en la explotación bovina. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39 (1), 13.
- SOTO, R. (2008). *Producción de leche con una asociación de árboles forrajeros y CT-115 bajo condiciones de riego*. Tesis de Maestría en Pastos y Forrajes, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Matanzas, Cuba.
- SOTO, S. (2010). *Impacto bioeconómico de la producción lechera estacional en ecosistemas ganaderos de Camagüey*. Extraído en mayo de 2010, desde <http://www.monografias.com/trabajos81/impacto-bioeconomico-produccion-lechera-estacional/impacto-bioeconomico-produccion-lechera-estacional.shtml>.
- SOTO, S. S.; GUEVARA, V. R.; SENRA, P. A.; GUEVARA, V. G.; OTERO, H. A. y CURBELO, R. L. (2010). Influencia de la distribución de parición anual y el aprovechamiento del pasto en los resultados alcanzados en vaquerías de la cuenca de Jimaguayú, Camagüey. I: Indicadores productivos y reproductivos. *Revista de Producción Animal*, 22 (2), 37-44.
- SOTO, S.; GUEVARA, R.; ESTÉVEZ, J. y GUEVARA, G. (2006). Evaluación agronómica de la inclusión de cultivos de ciclo corto en el establecimiento de *Leucaena leucocephala cv Perú*. *Pastos y Forrajes*, 29 (1), 39.
- SOTO, S.; GUEVARA, R.; ESTÉVEZ, J. y GUEVARA, G. (2008). Análisis del efecto bioeconómico de la inclusión de cultivos de ciclo corto como integración al sistema de producción lechera. *Rev. Prod. Anim.*, 20 (2), 115-123.
- TORRES, A. (2007). Perspectivas de la producción bovina en el estado de Trujillo. *Mundo Pecuario*, 3 (1), 14.

Recibido: 15/6/10

Aceptado: 20/8/10