

SISTEMAS BOVINOS DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO BAJO DE COLOMBIA. MODELO DE SIMULACIÓN¹

DUAL PURPOSE PRODUCTION SYSTEMS ON COLOMBIAN TROPICAL LOWLANDS. SIMULATION MODEL¹

Cortés, H., C. Aguilar y R. Vera

Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Zootecnia.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Sistemas de producción. Toma de decisiones. Producción de leche.

ADDITIONAL KEYWORDS

Production systems. Decision management. Milk production.

RESUMEN

Se desarrolló un modelo matemático de simulación para estudiar los sistemas de producción bovina de doble propósito (leche y carne) del trópico bajo de Colombia. El modelo predice producción de leche y ganancia de peso en vacas y terneros durante un año calendario o una lactancia. Para ello incluye componentes para las siguientes funciones: crecimiento de diferentes tipos de pastura; consumo de forraje y suplemento por animales a pastoreo; destete tradicional y restringido; época de partos; producción diaria de leche (para la venta y consumo por terneros) y crecimiento de terneros hasta el destete. No se encontraron diferencias significativas en la comparación de los datos simulados con los obtenidos en forma experimental en el Centro de Investigaciones La Libertad, Villavicencio, Colombia (Martínez *et al.*, 1994; Hess *et al.*, 1998). Se concluye que el modelo de simulación representa en forma adecuada el sistema de producción analizado y puede, por lo tanto, ser utilizado para estudiar estrategias de manejo y alimentación.

¹Financiado con el proyecto FONDEF d00 T2064.

SUMMARY

A dynamic mathematical simulation model of tropical dual purpose (milk and beef) production systems was developed for the conditions of the Colombian tropical lowlands. The model predicts milk production and liveweight gains of cows and calves during one year or a single lactation. It includes the following components: growth of different pasture types; forage and supplement intake by grazing animals; traditional versus restricted suckling; calving season; daily milk yield (salable and consumed by calves), and growth of calves to weaning. No significant differences were found when simulated data were compared with experimental results obtained from the Centro de Investigaciones La Libertad, Villavicencio, Colombia (Martínez, *et al.*, 1994; Hess *et al.*, 1998). It is concluded that the simulation model adequately represents the production systems analysed, and that it can be used to study a variety of management and feeding strategies.

INTRODUCCIÓN

La leche que se produce en Améri-

Arch. Zootec. 52: 25-34. 2003.

ca latina tropical proviene principalmente de dos sistemas de producción animal: la lechería especializada y el doble propósito (Holmann *et al.*, 1999). Generalmente se definen como sistemas doble propósito tropical, los sistemas en los cuales se produce conjuntamente carne y leche, sobre la base de ganado Criollo cruzado con cebú y razas lecheras europeas; frecuentemente esto va asociado con la cría de todos los terneros (machos y hembras) mediante amamantamiento directo. El ordeño se realiza una o dos veces al día, amarrando la cría a la pata de la vaca como estímulo para inducir la bajada de la leche; y generalmente se mantienen las crías junto a la madre hasta la edad del destete (Vera *et al.*, 1994).

Con frecuencia se ha considerado que el sistema de producción de doble propósito es ineficiente, de baja productividad y rentabilidad, creencia desmentida por numerosos análisis (Holmann *et al.*, 1999; Rivas, 1992). Este sistema ha logrado persistir a lo largo del tiempo y actualmente se estima que produce alrededor del 40 p.100 de la leche que se produce en la región y que aproximadamente el 78 p.100 de las vacas que se ordeñan, están en este sistema (Rivas, 1992; Lascano *et al.*, 1991). Debido a este factor, la mayoría de las explotaciones animales en América latina se encuentran bajo modelos de producción de leche de doble propósito (Holmann *et al.*, 1999).

La producción de leche y carne constituye un sistema complejo caracterizado por la interacción de un gran número de factores que incluye las praderas, los animales y las decisiones de manejo (Parra *et al.*, 1998). Bajo las

condiciones actuales los productores y asesores basan sus decisiones de manejo en su experiencia en el análisis parcial de ciertos aspectos de la operación y no cuentan con una herramienta para el análisis integral de su explotación que les permita diseñar una estrategia general de operación. Una opción para enfrentar dicho problema metodológico, es introducir la simulación como técnica de análisis del sistema; en este sentido, se plantea que el desarrollo de una herramienta de simulación, permitirá evaluar diversos escenarios de manejo semejando condiciones reales de campo. Los objetivos planteados en el presente trabajo fueron, desarrollar y validar un modelo de simulación que permita predecir la respuesta biológica de diferentes alternativas de manejo para la producción de leche y carne con vacas cruzadas en sistemas doble propósito tropical a lo largo de un año o de una lactancia.

MATERIAL Y MÉTODOS

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN ESTUDIO

El modelo desarrollado analiza explotaciones bovinas de doble propósito localizadas en un ecosistema de trópico bajo, conocido como piedemonte llanero al oriente de Colombia, que corresponde a una zona de transición entre la vertiente de la cordillera oriental y la llanura. Esta región tiene una extensión aproximada de 2 010 000 de hectáreas, con un ancho de 90 a 100 km en el departamento del Meta, donde su extensión es de 11914 km², y representa el 12 p.100 de la superficie

total del departamento. Los suelos son oxisoles y ultisoles, tienen un pH bajo (menor a 5,0), alta saturación de aluminio (mayor de 60 p.100) y bajo contenido de cationes y de fósforo; la precipitación promedio anual en la zona es de 2900 mm distribuidos entre abril y diciembre, y la temperatura promedio es de 26°C.

En el piedemonte llanero del departamento del Meta, cerca del 3 p.100 del área es destinada para uso agrícola, principalmente pancoger, el 76 p.100 está en pasturas, el 14 p.100 en bosques y el 7 p.100 en rastrojos. La especie forrajera dominante es la gramínea introducida *Brachiaria decumbens*, cuyo crecimiento fluctúa según la época del año (Parra *et al.*, 1998), con tasas de crecimiento de 55 kg MS/día bajo condiciones bien manejadas y con los niveles de fertilización recomendados para la zona (Hoyos, 1995; citado por Brito, 1996). Datos promedio para fincas de la zona indican: superficie de 27 ha con 39 bovinos y 10 vacas en ordeño; producción de 46 kg de leche diaria; 4,1 kg de leche comercializable por vaca; leche extraída por lactancia entre 907 y 1070 kg (270 días). En el 31 p.100 de los predios se emplean suplementos alimenticios en forma ocasional o permanente y el 58 p.100 de los productores deja un cuarto mamario al ternero (Parra *et al.*, 1998).

DESARROLLO DEL MODELO

El modelo de simulación se diseñó en el lenguaje de programación Visual Basic® versión 5.0 de Microsoft. Dicho diseño incluye una interfaz que permite al usuario interactuar con el modelo, ingresando la información

requerida por tres módulos: praderas, animales y económico. A través de estas opciones es posible seleccionar alternativas de manejo del rebaño.

La información de entrada para iniciar la aplicación del modelo se refiere a: número de vacas y crías, número del parto, peso vivo inicial de cada categoría animal, y potencial de producción de leche por lactancia y por vaca. Este potencial permite, en forma indirecta, simular el efecto de diferentes genotipos. En cuanto a la pradera, se requiere datos de tipo de pradera, calidad nutricional, disponibilidad instantánea de materia seca y periodos de ocupación y descanso, en pastoreo rotativo.

Basado en el sistema de pastoreo seleccionado, el modelo simula el pastoreo, cambiando los animales de potrero cada vez que la disponibilidad de forraje llega a un límite crítico inferior a 400 kg MS/ha. La información específica respecto a las praderas es leída de una base de datos de forrajes, y se refiere a: especie y estado de la pradera; tasa de crecimiento; contenidos de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB) y disponibilidad inicial de forraje de cada potrero. El modelo contempla la posibilidad de suministrar concentrados cuyas características también son leídas de una base de datos; dicho suministro puede hacerse en diferentes cantidades, épocas del año y estado fisiológico de vacas y crías.

En términos generales, el modelo permite la simulación diaria de cada animal y de grupos de animales manejados bajo diferentes alternativas productivas. Al final realiza una evaluación económica anual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ESTIMACIÓN DEL CONSUMO VOLUNTARIO DE MATERIA SECA

A pesar de los numerosos estudios al respecto, todavía no hay un consenso sobre cómo es controlado el consumo, aunque no hay duda de una combinación de señales físicas, metabólicas y de aprendizaje, las que emplean rutas a través de las cuales el sistema nervioso central es informado continuamente acerca de los procesos digestivos y metabólicos que se suceden en el animal (Fisher, 1996; citado por Forbes y Provenza, 1999).

El consumo puede estar influenciado por varios factores, entre ellos el peso del animal, la producción de leche, la etapa de lactancia, un grupo muy variado de propiedades de los alimentos, como la degradabilidad, el procesamiento y el método de conservación de los forrajes, así como el sistema y el tiempo de alimentación. No obstante, en condiciones de pastoreo, como es el caso del sistema ganadero que nos ocupa en este estudio, cobran principal relevancia la calidad y cantidad de la pastura en oferta (Aguilar y Cañas, 1992). El consumo máximo de forrajes de baja calidad, característica común en el trópico, puede estar limitando físicamente dicho consumo y relacionarse directamente con el peso vivo, diferente a lo que sucede con dietas de mayor concentración energética, relacionadas principalmente con los requerimientos metabólicos de los animales (Forbes y Provenza, 1999).

El modelo estima el consumo máximo y real de materia seca en condiciones de pastoreo, tanto en vacas como

en crías, teniendo en cuenta los niveles de fibra (FDN) de los forrajes, la capacidad de los animales para consumirla, y la disponibilidad diaria de MS/ha de forraje; igualmente considera la capacidad de los animales para seleccionar una dieta de mayor calidad, para lo cual incluye un índice de selección relacionado con la calidad y la disponibilidad de la pradera, el cual corrige la digestibilidad del forraje ofrecido (Aguilar, 1997).

La capacidad de consumo de fibra (FDN) fluctúa entre 0,9 y 1,4 p.100 del peso vivo del animal (Minson, 1990) correspondiendo los menores valores a animales jóvenes, con menor desarrollo del rumen para utilizar la fibra de los forrajes, y animales en estado avanzado de preñez en los que el útero grávido puede desplazar parte del tracto digestivo. Utilizando esta capacidad de consumo de fibra en función del peso, se hace una estimación de consumo máximo de forraje con relación al porcentaje de FDN del forraje en oferta.

$$\text{comaxfo}(i) = (\text{peso} * \text{ccfdn}(i)) / \text{FDN}$$

Donde:

comaxfo(i): consumo máximo estimado de forraje [kg MS/día].

peso: peso vivo del animal [kg].

FDN: fibra detergente neutro del forraje [p.100].
ccfdn: capacidad de consumo de FDN por el animal [0,9-1,4 p.100 del PV].

i: indica la categoría animal (vacas o crías).

El consumo voluntario de forraje se calculó a partir del consumo máximo, corrigiéndolo por un factor relacionado con la disponibilidad de MS de la pradera en pastoreo (Aguilar, 1997). El modelo predice el consumo real de

forraje para cada animal, teniendo en cuenta la interacción del forraje con los suplementos concentrados, cuantificando los efectos aditivos, sustitutivos o suplementarios, dependiendo de la disponibilidad y la calidad de la pradera en oferta (Durán, 1983).

UTILIZACIÓN Y PARTICIÓN DE LA ENERGÍA CONSUMIDA

Teniendo en cuenta las variaciones estacionales en calidad de los forrajes tropicales en la zona de estudio, el modelo estima el nivel de producción de leche en función del nutriente que esté limitando la producción. Para esto se consideró la estación del año (seca o lluviosa), el consumo total de MS en vacas y crías (kg/día), los requerimientos en proteína y energía de los animales, y los contenidos mensuales de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y proteína bruta (PB) de los forrajes, como también, el aporte en energía metabolizable (EM) y PB que hacen los suplementos concentrados.

En el modelo la digestibilidad aparente del forraje es calculada a partir del FDA, la cual es reflejo de la degradabilidad de la pared celular y liberación de nutrientes a nivel ruminal. El FDA se relaciona inversamente con la digestibilidad (Minson, 1990). Basado en la digestibilidad calculada, se estima posteriormente la EM del forraje (Bruno *et al.*, 1995).

La producción diaria potencial de leche, se calcula con una ecuación modificada de Wood, en función de los días en lactancia y los días de gestación (Hady *et al.*, 1994), es utilizada para simular las curvas de lactación potenciales para vacas de

primero, segundo y tres a más partos.

ESTIMACIÓN DEL USO DE PROTEÍNA

Siguiendo la misma metodología empleada en la utilización de la energía, el modelo simula la utilización de la proteína. Por lo tanto, estima los ingresos totales de proteína, calcula los requerimientos de proteína absorbible para mantenimiento (proteína metabólica fecal, proteína endógena urinaria, proteína superficial, proteína para gestación) señalados por NRC (1988). Una vez cubiertos dichos requerimientos, determina un balance a partir del cual estima la producción diaria de leche. Luego compara la producción de leche obtenida por energía y por proteína y selecciona la menor.

El algoritmo de cálculo de proteína empleado, considera proteína degradable, proteína no degradable, proteína insoluble en detergente ácido, proteína metabolizable, reciclaje de nitrógeno y energía fermentable (carbohidratos degradables en rumen); para esto, el modelo integra lo propuesto por la NRC (1988), y la estimación de la energía metabolizable fermentable (EF) destinada a la producción de proteína microbiana (AFRC, 1993).

El modelo simula la proteína disponible total en el rumen en función de la proteína degradable y la proveniente del reciclaje. Para cuantificar esta última, se empleó una ecuación cuadrática en función del porcentaje de proteína bruta de la dieta total (NRC, 1985).

Es conocido que el rumen requiere de nutrientes específicos tales como azufre, ácidos grasos de cadena ramificada y nutrientes trazas (Stern y Hoover, 1979). Algunos autores sostienen que la disponibilidad de proteí-

na degradable en el rumen, puede ser el factor más limitante para el crecimiento microbial, sin embargo bajo condiciones normales el suministro de energía es el primer factor limitante (Chalupa y Sniffen, 1991). De tal manera que si se desea cuantificar la proteína microbial sintetizada, es básico determinar la energía metabolizable que realmente es fermentable en rumen y el nivel de alimentación (AFRC, 1993). Basado en ello, el modelo simula la producción de proteína microbial en función tanto de la energía como del nitrógeno disponible, cuantificando la producción real en función del nutriente limitante. De este modo, el consumo total de energía fermentable se estima mediante la suma de aquella que proviene del forraje más la del concentrado, con lo cual se estima la producción de proteína microbial en función de la energía fermentable.

Una vez calculada la proteína microbial sintetizada en rumen y adicionándole las porciones digeribles, tanto de la proteína que escapa a la degradación ruminal (PND), como la proveniente de los ácidos nucleicos, el modelo estima la proteína metabolizable o absorbible disponible a nivel del intestino delgado, la cual se utilizará para cubrir los requerimientos de mantenimiento y la sobrante para producción.

ESTIMACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CRÍAS LACTANTES

Debido a que en estos sistemas doble propósito las crías maman directamente la leche de las madres, se tuvo en cuenta el efecto de la leche residual. Aproximadamente del 15-20 p.100 de

la leche presente en la ubre al inicio del ordeño, permanece en la misma al concluir éste como leche residual, y su contenido graso es alrededor de tres veces superior al de la leche normal (Berazaín, 1987).

La metodología de cálculo para la crianza de terneros consideró la posibilidad de manejarlos en sistemas de amamantamiento tradicional y restringido, e incluyó, días en lactancia, tiempos de ordeño, y consumos de forraje, leche y alimentos concentrados. Por tanto el modelo simula el consumo total de materia seca considerando, la leche dejada por los ordeñadores (generalmente $\frac{1}{4}$ de la ubre), la leche residual, el forraje y el concentrado consumido por los terneros.

Para simular el cambio de peso de las crías, se estimó los contenidos de grasa y proteína de dicho cambio de peso, los cuales pueden ser obtenidos en función del peso vacío del animal (ARC, 1980). El valor energético de la ganancia de peso se calculó según Williams *et al.*, 1989.

BALANCE ENERGÉTICO DE LAS CRÍAS

Para el análisis del balance energético de las crías se emplean las mismas consideraciones especificadas previamente en las vacas. Por lo tanto, con la energía disponible se cubren requerimientos de mantenimiento y el costo de cosechar el alimento, y dependiendo si el balance es positivo ó negativo, el animal ganará ó perderá peso.

VALIDACIÓN DEL MODELO

Para el caso de la producción de leche, los resultados obtenidos por si-

SIMULACIÓN BOVINOS DOBLE PROPÓSITO

Tabla I. Promedios y error estándar de producción de leche observada en campo y simulada. (Average and standard error of predicted and observed milk production).

Semana de lactancia	Estimada ¹	ES	Observada ²	ES
9	5,85	0,4	5,82	0,8
10	6,10	0,3	6,31	0,7
11	6,53	0,5	6,62	0,8
12	6,94	0,5	6,83	0,5
13	6,67	0,3	6,51	0,6
14	6,41	0,6	6,31	0,8
15	6,01	0,5	5,92	0,8
16	5,72	0,4	5,74	0,6
17	5,50	0,6	5,40	0,9
18	5,27	0,5	5,21	0,6
19	4,52	0,5	4,80	0,7

¹Valores estimados con el modelo; ²Fuente: Martínez *et al.*, 1994. ES: error estándar.

mulación se compararon con trabajos experimentales (Martínez *et al.*, 1994), (tabla I). Para dicha comparación se diseñó en el modelo un escenario virtual semejante al utilizado en el experimento de campo.

El experimento de campo fue realizado en la sección de doble propósito del Centro de Investigaciones La Libertad, de la Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias, CORPOICA, en la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta. En éste se evaluó el efecto de la suplementación diaria (SD) vs la alternativa día por medio (SA), de un suplemento compuesto por 800 (80 p.100), 140 (14 p.100) y 60 (6 p.100) gramos de arroz paddy molido, melaza y úrea, respectivamente, suministrada durante un

único ordeño a trece (13) vacas tipo doble propósito (de cruces F1 Normando x cebú (NxC) y Gyr x Holstein (GxH) que pastorearon en praderas *Brachiaria decumbens*, con una carga animal de 1,7 unidades animal (UA)/hectárea. Las vacas del grupo SD, recibieron 1,0 kg/vaca/día y las del grupo SA 1,6 kg/vaca en días alternos. El periodo experimental duró 77 días, comenzando cuando las vacas tenían en promedio 8 semanas de haber iniciado la lactancia, coincidiendo con la época de menor precipitación (época seca). El ordeño se realizó con apoyo del ternero, dejando para éstos la leche residual, que consumían una vez terminado el ordeño de los 4 cuartos; media hora después se separaban vacas y crías hasta el día siguiente (amamantamiento restringido). El escenario virtual diseñado para la validación, consideró la alternativa de suministro diario del suplemento concentrado, SD.

La metodología empleada de comparación fue, además de la comparación de datos simulados con observados, un análisis de la recta de mínimos cuadrados entre datos simulados y reales, la que determinó que el modelo explica en un 96 p.100 la variabilidad o el comportamiento de los datos observados experimentalmente. La pendiente de la recta no fue significativamente diferente de uno ($p > 0,05$), e igualmente las diferencias promedio entre los valores observados y estimados, no fueron significativamente diferentes de cero ($p > 0,05$), (figura 1).

El experimento utilizado para validar el consumo de materia seca CMS (Hess *et al.*, 1998), midió el efecto de la suplementación con diferentes niveles de carbohidratos y nitrógeno so-

luble (urea) sobre diferentes variables, entre ellas el consumo voluntario en vacas doble propósito alimentadas con *Brachiaria decumbens*. Este experimento se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones La Libertad, con cinco vacas cruzadas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) en estabulación, consumiendo *Brachiaria decumbens*, suplementadas con cinco dietas distintas. En el tratamiento control (sin urea), el consumo de materia seca fue de 77 gramos/kg peso metabólico y en los tratamientos con urea, el consumo varió entre 82 y 88 gramos/kg peso metabólico (peso vivo^{0,75}).

Para validar el CMS, se realizó una prueba de comparación de medias utilizando el estadístico t entre el dato experimental y el obtenido con el modelo. Para este efecto, en el modelo se diseñó un escenario que incluía 50 vacas con diferente número de parto (1°, 2°, y 3 a más partos), un sistema de amamantamiento tradicional con ternero al pie, lactancias de 270 días, y fecha de parto iniciando en la época seca (diciembre). El forraje utilizado fue *Brachiaria decumbens* en prefloración (28 días post rebrote), y la carga animal promedio de las praderas 1,75 UA/ha. La prueba de t, no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$), entre los datos estimados por el modelo y los observados en campo.

CONCLUSIONES

Con base en los procesos de verificación y validación realizados, se puede aseverar que el modelo desarrollado calcula con alto grado de similitud el comportamiento productivo de sis-

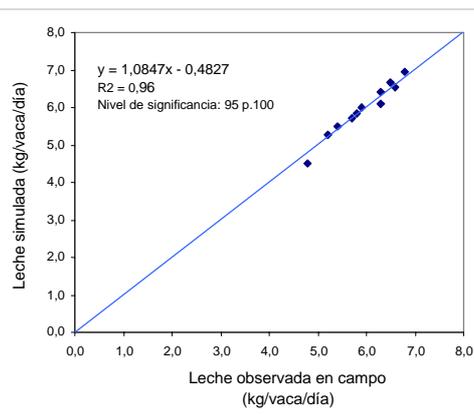


Figura 1. Validación del modelo, valores simulados versus experimentales. (Model validation, predicted versus observed results).

temas ganaderos doble propósito en condiciones de trópico bajo (<1200 m.s.n.m) asentados sobre suelos de baja fertilidad y con dos estaciones bien definidas, épocas seca y lluviosa. Las variables validadas producción de leche y consumo de materia seca, mostraron alta relación ($p > 0,05$) entre los datos simulados y los valores experimentales disponibles.

A través del modelo puede ser posible evaluar ventajas comparativas en el corto plazo de diferentes opciones tecnológicas disponibles (forrajes, suplementación, manejo animal), ya que permite documentar en una forma rápida, integrada y racional, la respuesta biológica y los costos y beneficios, producto de las distintas decisiones técnicas que se tomen en una finca. En razón de ello, el modelo desarrollado puede servir como un complemento más que apoye los procesos de capacitación, investigación y transferencia de tecnología relacionados con empresas agropecuarias doble propósito en condiciones tropicales.

SIMULACIÓN BOVINOS DOBLE PROPÓSITO

BIBLIOGRAFÍA

- AFRC. 1993. Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes. CAB Internacional, Wallingford, Oxon, UK. 175 p.
- Aguilar, C. y R. Cañas. 1992. Simulación de Sistemas: aplicaciones en producción animal. En: Simulación de Sistemas Pecuarios. RISPAL. IICA San José. Costa Rica. Cap.V 249-259.
- ARC. 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. London, Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, Slough, Gresham Press. 351 p.
- Aguilar, C. 1997. Simulación de sistemas, aplicaciones en Producción Animal. Colección en Agricultura. Fac. Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. 241 p.
- Berazaín, J.U. 1987. Amamantamiento restringido en sistemas doble propósito. Ministerio de Agricultura de Cuba. Conferencia del VI Encuentro Nacional de Zootenia. Cali, Colombia. Carta ganadera. p: 21-25.
- Brito, E. 1996. Modelo de simulación para evaluar la sostenibilidad de las pasturas de la Altiplanura Colombiana. Tesis de Magister. Producción Animal. P.U.C. Chile. p 98.
- Bruno, O.A., L.A. Romero y M.C. Gaggioti. 1995. Información técnica de producción animal No. 128 -EEA Rafaela. En temas de producción lechera. Publicación No. 81 ISSN 0325-9137. Octubre 1996. p: 87-92.
- Chalupa, W. and C.J. Sniffen. 1991. Protein and Amino Acid nutrition of lactating dairy cattle. *Dairy Nutrition Management*, 353 -372.
- Durán, H. 1983. Modelo de simulación para el estudio de sistemas pastoriles de producción de leche. Tesis Mag. Sc. en Producción Animal. Santiago. P.U.C. Chile. 200 p.
- Forbes, J.M. and F.D. Provenza. 1999. Integration of Learning and Metabolic Signals into a Theory of Dietary Choice and Food Intake. CAB Internacional 2000. Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction.
- Hady, P.J., J.W. Lloyd, J.B. Kaneene and A.L. Skidmore. 1994. Partial budget model for reproductive programs of dairy farm businesses. *Journal Dairy Science*, 77: 482-491.
- Hess, H.D., O. Pardo, H. Florez, J.E. Carulla y T.E. Díaz. 1998. Efecto de la suplementación con diferentes niveles de carbohidratos y nitrógeno soluble sobre amonio ruminal, consumo voluntario y niveles de nitrógeno ureico en sangre y leche en vacas doble propósito alimentadas con *Brachiaria decumbens*. Informe técnico final, Corpoica Regional 8.
- Holmann, F., P.C. Kerridge y C.E. Lascano. 1999. Sistemas mejorados de alimentación basados en leguminosas forrajeras para el ganado de doble propósito en fincas de pequeños productores de América Latina y Tropical. Informe de progreso 1999. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Lascano, C.E., P. Ávila y G. Ramírez. 1991. Aspectos metodológicos de la evaluación de pasturas en fincas con ganado doble propósito. Nota de investigación. *Pasturas tropicales*, 18: 65-70.
- Martínez, G., H. Huertas, M.C. Hernández y H. Gasca. 1994. Suplementación estratégica con arroz paddy y úrea-melaza en bovinos doble propósito. *Achagua*, 1: 35-48.
- Minson, D.J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press Inc. Harcourt brace jovanovich, publishers. ISBN 0-12-498310-3. San Diego California. p: 8590.
- NRC. 1985. Ruminant nitrogen usage. National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC. 1988. National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 6ª Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C.
- Parra, J.L., D.R. Pérez, D. Barajas, G.H. Onofre, J.H. Velázquez, O. Colmenares y J.E. González. 1998. Modelo de asistencia técnica integral pecuaria para pequeños y medianos productores del sistema doble propósito en el piedemonte llanero. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

CORTÉS, AGUILAR Y VERA

- (CORPOICA). Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria-Pronatta. Colombia.
- Rivas, L. 1992. El sistema ganadero de doble propósito en América Latina Tropical. Trabajo presentado en el Simposio Internacional sobre Alternativas y Estrategias en Producción Animal. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Stern, M.D. and J.P. Hoover. 1979. Methods for determining and factors affecting rumen microbial protein synthesis: a review. *Journal Animal Science*, 49: 590.
- Vera, R.R., O. García, R. Botero y C. Ullrich. 1994. Producción de leche y reproducción en sistemas doble propósito: Algunas implicancias para el enfoque experimental. *Pasturas Tropicales*, 18: 25-30.
- Willians, C.B., P.A. Oltenacu and C.J. Sniffen. 1989. Refinements in determining the energy value of body tissue reserves and tissue gains from growth. *J. of Dairy Sci.*, 72: 264-269.

Recibido: 16-11-01. Aceptado: 28-6-02.

Archivos de zootecnia vol. 52, núm. 197, p. 34.