

MODELO BIOECONÓMICO DE SIMULACIÓN PARA ORIENTAR LA DEFINICIÓN DEL OBJETIVO DE SELECCIÓN EN EL SISTEMA DOBLE PROPÓSITO

Bioeconomic Simulation Model to Orientate Selection Objective Definition in Dual-Purpose System

Luis Yáñez¹, José Aranguren-Méndez², Yenen Villasmil-Ontiveros², Nidia Rojas², Zuleima Chirinos³ y Jorge Ordóñez⁴

¹Programa de Producción Agropecuaria, Universidad Nacional Experimental Sur del Lago. Santa Bárbara, Venezuela. lyanz@cantv.net.

²Departamento de Producción e Industria Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

³Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela

⁴Posgrado en Producción Animal, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela

RESUMEN

Se describe un modelo determinístico dinámico para la simulación de un sistema de producción doble propósito, la escala vaca-maute se utilizó para estimar los efectos sobre el margen bruto, resultado de cambios en los niveles productivos generados por mejoramiento genético de las características biológicas involucradas. El modelo se concibió compuesto de al menos dos versiones principales, que se articulan integradamente para alcanzar los objetivos de simulación. La versión descriptiva consistió en la caracterización de la estructura de un sistema de producción doble propósito, escala vaca-maute, ubicado en la cuenca del Lago de Maracaibo, cuyas variables biológicas y económicas constituyeron el andamiaje teórico de referencia. La otra versión se refirió a las ecuaciones matemáticas, las cuales permitieron completar las fases de análisis y simulación. La validación del modelo fue realizada con datos suministrados por el sistema de registros e información para la ganadería de doble propósito, provenientes del municipio Sucre del estado Zulia. En la fase de experimentación se pudo comprobar que, en las condiciones que se realizó la simulación, las características que podrían integrar el objetivo de selección del sistema doble propósito son, peso adulto y producción de leche, la siguiente fase en el proceso de definición del programa genético será determinar los indicadores más adecuados que sean necesario evaluar para optimizar el progreso en esas características.

Palabras clave: Ganado, doble propósito, objetivo de selección, margen bruto, simulación.

ABSTRACT

A deterministic and dynamic model to simulate a cow-calf dual-purpose production system is described. The model was used to estimate effects on gross margin by changes in production levels generated by genetic improvement of biological traits involved. This model is composed of two major articulated drafts. The descriptive draft consists in structure characterization of a cow-calf dual-purpose production system, located at 'Lago de Maracaibo' basin, whose biological and economical variables constitute a referential theoretical scheme. The other one draft is related to several mathematical equations which allow the analysis and simulation phases. Model validation was realized with data supply by "Sistema de Registros e Información para la Ganadería de Doble Propósito", coming from Sucre municipality. The experimentation phase confirmed that, under the conditions that simulation was carried out, traits that would may integrate selection objective in dual purpose system are mature weight and milk yield. The definition of the breeding plan will be to determine the most appropriate indicators needed to generate the greatest impact on the previously mentioned traits.

Key words: Cattle, dual purpose, selection objective, gross margin, simulation.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas doble propósito deben ser sostenibles económicamente, para lo cual requieren ser más eficientes en el uso de los recursos disponibles [23, 34, 46, 47]. Por lo tanto,

es necesario determinar exactamente las fuentes y factores que afectan el ingreso neto, y como éstos pudieran cambiar el beneficio obtenido en cada explotación. De allí que los esquemas modernos de mejoramiento genético, además de considerar las características biológicas de producción, se proponen incidir sobre el beneficio económico [20].

Definir el objetivo de selección requiere determinar cuáles son las características a mejorar [35]. En los países en desarrollo, se busca mejorar las características de producción, con menor atención a la adaptación y el bienestar [29], sin embargo, la discusión de cuáles registros son necesarios a mediano y largo plazo debería ampliarse más allá de lo que se considera práctico. La Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) [2], sugiere considerar características que sean: 1) de importancia económica; 2) heredables; y 3) medibles en el campo. La escasez de análisis económicos obliga a los genetistas a definir objetivos de selección en términos biológicos y prácticos [4]. Diseñar un objetivo de selección que se adapte a todas las modalidades de producción requiere considerar las premisas anteriores y buscar un punto de coincidencia, el cual debería orientarse hacia la concepción del sistema como un negocio.

Por otra parte, son conocidos los efectos perjudiciales de la selección intensa por una sola característica, al disminuir los niveles apropiados en otras correlacionadas negativamente [19, 37], además dicha selección supone que las características ignoradas no tienen importancia económica, por tanto, el objetivo de selección debe conformarse con más de una [18], para lo cual la metodología del índice de selección [22] resulta útil, pues permite comparar individuos por su valor genético agregado, definido por la suma de sus diversos genotipos, ponderados por su valor económico, que es el efecto sobre la función de beneficio económico debido al incremento en una unidad marginal del mérito genético de esa característica, mientras las demás del objetivo de selección se mantienen constantes [22].

Los procedimientos para derivar los valores económicos se pueden agrupar en dos [54]:

1. Derivadas parciales: El valor económico es obtenido como la derivada parcial con relación a la característica en una función de beneficio económico. Sólo puede ser utilizado cuando la relación entre las características y la eficiencia de producción pueden describirse a través de una ecuación, o función de producción y por supuesto la misma es conocida [49].
2. Modelos bioeconómicos: Los sistemas de producción con frecuencia involucran relaciones complejas entre las características biológicas y los factores de producción, las cuales no pueden ser descritas por una ecuación simple, en estos casos es más conveniente un modelo denominado bioeconómico. El valor económico de la característica es obtenido al simular el efecto sobre la función de producción, de incrementar su mérito genético [6, 10].

Respecto al uso de la simulación como herramienta para el análisis de sistemas de producción con bovinos de producción de leche y doble propósito, existen numerosas investigaciones realizadas en otros países que evidencian su uso amplio y utilidad en la toma de decisiones, tanto de orden técnico para el manejo del sistema en aspectos diversos como alimentación, mejoramiento genético, reproducción, sanidad, como en los aspectos económicos [1, 6, 12-14, 17, 21, 27, 28, 30, 42, 43, 48].

En Venezuela el uso de la simulación ha sido un tanto restringido, pero con demostración de resultados igualmente útiles, la mayoría de ellos orientados a los sistemas de producción con bovinos de leche y de doble propósito [23, 24, 33, 44, 46, 47, 50, 51].

Esta investigación propone un modelo bioeconómico para simular el efecto de los cambios en las características sobre el margen bruto, como herramienta para orientar la definición del objetivo de selección del sistema de doble propósito.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se enmarcó en la Cuenca del Lago de Maracaibo, dirigido a las unidades con esquemas de producción de doble propósito, escala vaca-maute, para las cuales el modelo propuesto se consideró como de referencia. La Cuenca del Lago de Maracaibo presenta una variada gama de ecosistemas, producto principalmente de la precipitación, pues no es marcada la oscilación en la radiación solar ni la temperatura [36], lo que determina la existencia de variaciones en las modalidades de los sistemas de producción.

Simulación del sistema de producción

a. Proceso de análisis

La construcción del modelo se basó en la descripción de un sistema de producción doble propósito orientado a la venta de leche como producto principal y la venta de mautes al destete como un producto secundario. Construido básicamente con datos publicados, empleando una clasificación general que reúne las características principales de los sistemas de producción doble propósito ubicados en la cuenca del Lago de Maracaibo [47], también fue considerada la información obtenida en conversaciones con especialistas y productores.

b. Proceso de síntesis

Supuestos para la aplicabilidad del modelo: El modelo se concibió como una herramienta complementaria al diseño del objetivo de selección, en conjunto con las demás implicaciones pertinentes. Por tanto, no está respaldada la posibilidad de hacer usos diferentes a éste, tales como: a) inferencia específica para una unidad de producción, b) determinación del margen bruto, c) toma de decisiones sobre aspectos del

manejo, d) implicaciones económicas de la incorporación de prácticas específicas, entre otros.

Se dio por sentado que las demás estrategias para el mejoramiento del sistema se realizaban de forma óptima: se supuso que los requerimientos nutricionales eran cubiertos por la dieta, sin cambios en la condición corporal. Para el cálculo de los costos del mantenimiento diario, se tomaron los requerimientos de energía neta, por considerarla el factor limitante.

En virtud de la susceptibilidad del modelo a la inestabilidad de la moneda nacional y al monopolio que el Estado impone al mercado nacional como único oferente de divisas extranjeras, es difícil prever las pérdidas cambiarias con el modelo, de manera que cualquier proceso derivado de tales condiciones debe ser ajustado externamente.

El margen bruto fue calculado además de bolívares, en dólares (2150 Bs/\$ dólar de Estados Unidos de América-EUA, 02/03/2005 [15]), litros (L) de leche y en kg de carne. No obstante, como estos precios están sujetos a regulación por parte del Estado, el modelo está hecho a precios constantes, de manera que no es apropiado evaluar una situación de libre mercado con este modelo. De igual manera, para contrarrestar los efectos de la inflación sobre las respuestas del modelo, el mismo debe actualizarse externamente.

Los cambios por la elasticidad cruzada de la oferta desde el punto de vista del productor no fueron considerados en el modelo. En ese sentido, se supuso que los objetivos de producción estaban claramente definidos y su discusión no era del interés para este análisis.

Variables biológicas: La inclusión de características biológicas en el modelo fue hecha tomando en consideración los lineamientos presentados por ALPA [2], cada una de las cuales se incorporó como un rango en virtud de las posibilidades de variación, en función del mejoramiento genético, y son las siguientes: 1) producción de leche: promedio diario y duración de la lactancia, 2) crecimiento: peso adulto de las vacas, 3) reproducción: días vacía de vacas, 4) longevidad: vida productiva de vacas y 5) alimentación, con relación a los requerimientos para mantenimiento, gestación, crecimiento y producción de leche.

La composición del rebaño se hizo con una distribución de las proporciones esperadas, de cada grupo etario y del estado fisiológico de los animales. Los cálculos de ingresos y costos variables y por ende, los de margen bruto fueron hechos por vaca/año.

La producción diaria de leche se obtuvo con la ecuación de la curva gamma incompleta con parámetros reportados para los grupos raciales característicos de sistemas de doble propósito [3]. El crecimiento se proyectó con la función de Richards [38], con parámetros aproximados.

Variables económicas: Tales variables están referidas a la estimación del margen bruto, son las siguientes:

- Ingresos brutos: obtenidos de la venta de animales y de la producción láctea.
- Costos variables: costos relacionados a la alimentación para cubrir los requerimientos de mantenimiento, producción y reproducción. Los costos variables fueron obtenidos tomando como referencia los requerimientos de energía neta de los grupos etarios y por estado fisiológico de los animales, simulados con las ecuaciones empleadas por el *National Research Council* (NRC) [31, 32].
- Se tomó como referencia los precios presentados en el manual de la Unidad Coordinadora de Proyectos Conjuntos (UCPC) [45].

Construcción del modelo: Componente Descriptivo: Para el modelo, el sistema doble propósito estaba conformado por la unidad de producción, con animales de genotipo indefinido de las razas Holstein, Pardo Suizo y Brahman principalmente, mantenidos en pastizales de gramíneas cultivadas, suministro de mezclas de sales-minerales y suplementados con diversas fuentes alimenticias (melaza, urea, bloques, residuos de cosecha y subproductos industriales), los ingresos provenían de la venta de leche cruda refrigerada y venta de animales, los costos variables se originaban básicamente de la alimentación de las diversas clases de animales que integran el rebaño. La producción de leche promedio era de 10 (6-18) L/d en lactancia de duración 260 (240-300) d, período vacío de 92 (60-123) d, vacas con peso adulto de 420 (380-600) kg, vida productiva de 6 (1-10) años y edad al primer parto aproximadamente a los 1740 d.

En el sistema de producción de referencia se realizan apareamientos sin un esquema de cruzamientos definido, situación que genera una indefinición en el genotipo explotado, impidiendo caracterizar el rebaño desde el punto de vista del potencial productivo, razón por la cual no fue posible aplicar el enfoque del modelo de la Universidad de Texas A&M [40, 41]. Por tanto se supuso un rango amplio de genotipos para cubrir una buena parte de esa variabilidad, que no es producto del progreso genético esperado en las generaciones sucesivas, a causa de la presión de selección aplicada a los animales.

Para estructurar el modelo, toda la información recolectada se integró con la metodología de análisis de sistemas [5-7, 10, 25, 40, 41]. La versión matemática se desarrolló con el programa de simulación VENSIM PLE® [52, 53]. Las ecuaciones fueron construidas con el propósito de describir la situación productiva en términos biológicos y económicos, parte de los cuales son especificados como datos de entrada y otros son obtenidos a partir de las ecuaciones, las variables pueden ser ajustadas a situaciones no descritas en esta versión.

c. Proceso de verificación

Durante la verificación del modelo se realizó la revisión y ajuste en las unidades de cada variable, lo cual presentó una

serie de inconsistencias que aunque permitían correr al modelo hacían que los resultados fuesen errados.

d. Proceso de validación

La validación del modelo se realizó con datos suministrados por el sistema de registros e información para la ganadería de doble propósito, de unidades de producción situadas en la cuenca del Lago de Maracaibo, en el municipio Sucre del estado Zulia. Esto se realizó al sustituir en el modelo los valores promedio de las variables que representan características biológicas a considerar para el mejoramiento genético.

e. Proceso de experimentación

Se diseñó un análisis de sensibilidad que consistió en realizar cambios en cada una de las características biológicas consideradas en el modelo, una a la vez, es decir, mientras las demás permanecían constantes en su valor promedio, para medir los cambios en el Margen Bruto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelo de simulación. Componente matemático

Como la función objetivo es la maximización del Margen Bruto el énfasis fue dado en caracterizar el sistema desde este punto de vista. En tal sentido, se describen los costos variables, los ingresos, las características que los afectan y las ecuaciones que los definen.

Margen Bruto = Ingresos Brutos – Costos Variables

1. **Ingresos brutos:** en este caso los productos que generaba el sistema constituyen las variables de estado, que son: 1) ingreso por despacho de toro, 2) ingreso por novilla de descarte, 3) ingreso por vaca de descarte, 4) ingreso por despacho de macho, y 5) ingreso por leche. A su vez estas variables estaban definidas por variables auxiliares cuyas relaciones se establecen en las ecuaciones que se presentan a continuación:

Ingresos brutos = Ingreso por despacho de toro + Ingreso por novilla de descarte + Ingreso por vaca de descarte + Ingreso por despacho de macho + Ingreso por leche.

1.1. Ingreso por despacho de toro = Proporción de toro de descarte * Peso de toro * Precio de toro.

1.1.1. Peso de toro = Peso adulto de vaca * 1,5.

1.1.2. Precio de toro = Valor simulado con valor de 2000 Bs/kg.

1.1.3. Proporción de toro de descarte = Tasa de descarte de toro * "Relación Toro:Vaca" * Supervivencia de toro.

Tasa de descarte de toro = 1 / Vida productiva de toro. Vida productiva simulada en 4 años.

Relación Toro:Vaca = Constante simulada con valor de 0,04.

Supervivencia de toro = Constante simulada con valor de 0,99.

1.2. Ingreso por novilla de descarte = Proporción de novilla de descarte * Peso de novilla * Precio de novilla.

1.2.1. Peso de novilla = Peso adulto de vaca * 0,66.

1.2.2. Precio de novilla = Precio de toro * 1,5.

1.2.3. Proporción de novilla de descarte = ((Proporción de hembra predestete) * (Supervivencia de hembra posdestete) + (Proporción de hembra posdestete)) - Proporción de vaca de descarte.

Proporción de hembra predestete = (Proporción de nacimientos * Supervivencia de hembra predestete) / 2.

Supervivencia de hembra posdestete = Constante simulada con valor de 0,90.

Proporción de hembra posdestete = ((Edad al 1er parto - Duración de gestación) - Edad al destete) / 365.

Proporción de vaca de descarte = Supervivencia de vaca * Tasa de descarte vaca. Donde supervivencia de vaca se simuló constante en 0,98.

Tasa de descarte vaca = 1 / Vida productiva de vaca. Vida productiva con valores simulados entre 1 y 10 años, promedio en 6 e incrementos de 1.

1.3. Ingreso por vaca de descarte = Peso adulto de vaca * Precio de vaca de descarte * Proporción de vaca de descarte.

1.3.1. Peso adulto de vaca = Variable simulada con valores entre 380 y 600 kg, promedio en 420 kg e incrementos de 20 kg.

1.3.2. Precio de vaca de descarte = Precio de toro * 0,7.

1.3.3. Proporción de vaca de descarte = Supervivencia de vaca * Tasa de descarte vaca.

1.4. Ingreso por despacho de macho = Peso de macho despachado * Precio de macho.

1.4.1. Peso de macho despachado = Proporción de macho * Peso al destete.

– Proporción de macho = Proporción de nacimientos * ½ * Supervivencia de macho al destete.

Proporción de nacimientos = Proporción en gestación * 0,9.

Proporción en gestación = 365/IEP.

– Peso al destete = Peso al nacer + (Edad al destete * Ganancia diaria predestete).

Peso al nacer = Peso adulto de vaca * 0,071044.

Edad al destete = Duración de lactancia.

Ganancia diaria predestete = Constante simulada en 0,5 kg/animal/d.

1.4.2. Precio de macho = Precio de toro * 0,85.

1.5. Ingreso por leche = Producción por lactancia * Proporción en ordeño * Precio por leche.

1.5.1. Precio por leche = Constante simulada con valor 830 Bs/L.

1.5.2. Producción por lactancia = Duración de lactancia * Producción promedio de lactancia.

Duración de lactancia = Variable simulada con valores entre 240 y 300 d, promedio de 260 e incrementos de 5 d.

Producción promedio de lactancia = Variable simulada con valores entre 6 y 15 L/d, promedio de 10 e incrementos de 1 L/d.

1.5.3. Proporción en ordeño = Duración de lactancia / IEP.

2. **Costos variables:** costos relacionados con la alimentación, para cada situación se estimaron en bolívares por megacaloría de energía neta (EN) por día, con las ecuaciones de los requerimientos del NRC [31, 32]. En tal sentido, si el precio de potreraje por vaca-día es de 750 Bs, en el supuesto que las pasturas tropicales cubren los requerimientos de mantenimiento de una vaca de 400 kg de peso vivo, gestación de un becerro cuyo peso al nacer esté alrededor de 30 kg y producción láctea de aproximadamente 8 L/d [11], la energía neta requerida en esas condiciones es de 15,4939 Mcal cuestan Bs. 750, es decir, que 1 Mcal de EN costaría Bs. 48,41.

Costos Variables = Costo por mantenimiento de vaca + Costo por gestación + Costo por lactancia + Costo por mantenimiento y crecimiento de macho + Costo por mantenimiento y crecimiento de hembra predestete y posdestete.

2.1. Costo por gestación = Proporción en gestación * Requerimiento de gestación * Duración de gestación * Bs. 48,41.

2.1.1. Duración de gestación = Constante simulada con valor de 293 d.

2.1.2. Proporción en gestación = 365/IEP.

IEP = Días vacía + Días de gestación.

Días vacía = Variable simulada con valores entre 60 y 123, media en 92 e incrementos de 21 d.

2.1.3. Requerimiento de gestación = [Peso al nacer * (0,0149-0,0000407 * t) * e^{0,0588t+0,0000804(t)²} / 1000.

Donde t es el día de gestación (se simuló, promedio de 147 d).

2.2. Costo por lactancia = Proporción en ordeño * Requerimiento de lactancia * Bs. 48,41.

2.2.1. Proporción en ordeño = Duración de lactancia / IEP.

2.2.2. Requerimiento de lactancia = ((0,0962 * % de Grasa) + 0,3512) * Producción por lactancia. Se simuló con una constante de 4% del porcentaje de grasa.

2.3. Costo por mantenimiento de vaca = Requerimiento de mantenimiento de vaca adulta * 48,41 * 365. Requerimiento de mantenimiento de vaca adulta = 0,077 / Peso adulto^{0,75}.

2.4. Costo por mantenimiento y crecimiento de macho = (Proporción de machos * Requerimiento de mantenimiento de macho * Bs. 48,41 * 365 d) + (Proporción de machos * Requerimiento de crecimiento de macho * Bs. 48,41 * 365 d).

2.4.1. Proporción de macho = Proporción de nacimientos * ½ * Supervivencia de machos al destete.

Proporción de nacimientos = Proporción en gestación * 0,90 (Al simular un 90% de supervivencia prenatal).

Supervivencia de machos al destete = Constante simulada con valor del 90%.

2.4.2. Requerimiento de mantenimiento de macho = (0,077/(Peso al destete/2)^{0,75}).

Peso al destete = Peso al nacer + (Edad al destete * Ganancia diaria predestete).

Peso al nacer = Peso adulto de vaca*0,071044.

2.4.3. Requerimiento de crecimiento de macho = (Peso al destete-Peso al nacer/2)^{0,75}*Ganancia diaria predestete^{1,097}.

Ganancia diaria predestete = Constante simulada con valor de 0,5 kg/animal/d.

2.5. Costo por mantenimiento y crecimiento de hembra predestete y posdestete = Proporción de hembra predestete * Bs. 48,41 * 365 d* (Requerimiento de mantenimiento de hembra predestete + Requerimiento de crecimiento de hembra predestete) + Proporción de hembra posdestete * Bs. 48,41 * 365 d* (Requerimiento de mantenimiento de hembra posdestete + Requerimiento de crecimiento de hembra posdestete).

2.5.1. Proporción de hembra predestete = Proporción de nacimientos * ½ * Supervivencia de hembra predestete.

2.5.2. Supervivencia de hembra al destete = Constante simulada con valor del 90%.

2.5.3. Requerimiento de mantenimiento de hembra predestete = $(0,077 / (\text{Peso al destete}/2)^{0,75}) * \text{Proporción de hembra predestete}$.

2.5.4. Requerimiento de crecimiento de hembra predestete = $((\text{Peso al destete}-\text{Peso al nacer}/2)^{0,75}) * \text{Ganancia diaria predestete} * 1,119$.

Proporción de hembra posdestete = $((\text{Edad al 1er parto}-\text{Duración de gestación})-\text{Edad al destete}) / 365 \text{ d}$.

Edad al 1er parto = $(1/\text{Peso adulto de vaca}) * 560000$.

2.5.5. Requerimiento de mantenimiento de hembra posdestete = $(0,077 / (\text{Peso de novilla}-\text{Peso al destete}/2)^{0,75})$.

2.5.6. Requerimiento de crecimiento de hembra posdestete = $((\text{Peso de novilla} - \text{Peso al destete} / 2)^{0,75}) * \text{Ganancia diaria posdestete} ^ 1,119$.

dio de lactancia, a un año de simulación, en éste se puede observar que sólo cuando la producción promedio es de 14 L/d el Margen Bruto se hace positivo, cambio que desde el punto de vista del mejoramiento genético es difícil de alcanzar a corto o mediano plazo, dado que la mayoría de promedios diarios reportados para los diferentes grupos raciales utilizados en sistemas doble propósito del país presentan valores que oscilan entre 4 y 9 L/d de lactancia [16, 34, 39, 47].

No obstante, también es conveniente resaltar que no se puede recomendar un aumento general de la producción por vaca, pues esa estrategia requeriría aumentar la densidad de la dieta lo cual resulta además de costoso, insostenible, tanto por el origen importado de los componentes energéticamente densos de la dieta, como por la competencia con el consumo humano [33]. De insistir en el cambio de esa característica por la vía del mejoramiento genético, debiera emprenderse simultáneamente con estrategias dirigidas a incrementar la productividad por hectárea, tales como la suplementación alimenticia y la fertilización de pastos.

Como era de esperar, en el rango de valores simulados, el Margen Bruto mejoró al aumentar la producción láctea, es decir, que bajo esas condiciones dichas variables muestran una relación de incremento proporcional, por lo que vale insistir que no se le puede prestar atención total a los resultados del modelo, obviando lo que sucede en el Sistema.

Duración de la Lactancia, que define entre otras variables: la proporción en ordeño, producción por lactancia y la edad al destete. En la TABLA II se presenta el Margen Bruto en función de cambios en la *duración de la lactancia*, a un 1 año de simulación, en éste se puede observar, en las condiciones de la simulación, que sólo cuando la *Duración de la Lactancia* superó los 295 d el Margen Bruto se hacía positivo,

Consideraciones para el objetivo de selección

Para identificar las características que podrían integrar el objetivo de selección se hizo un análisis de sensibilidad, es decir, *QUÉ* sucede con el Margen Bruto *SI* se cambian los valores en determinada característica, mientras las demás se mantienen constantes en su valor promedio. En este orden de ideas, se tienen los resultados siguientes:

Producción Promedio de Lactancia, proporcional a los costos del rebaño en producción. En la TABLA I se presenta el Margen Bruto en función de cambios en la *producción prome-*

TABLA I
MARGEN BRUTO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO* EN FUNCIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA PRODUCCIÓN PROMEDIO DE LACTANCIA / GROSS MARGIN OF DUAL PURPOSE PRODUCTION SYSTEM AS FUNCTION OF CHANGES IN LACTATION MEAN YIELD

Producción Promedio en la Lactancia (L)	Margen Bruto			
	Bs	\$	L de Leche	kg de Carne
6	-1006570	-468	-1212	-125
7	-867986	-404	-1045	-108
8	-727607	-338	-876	-90
9	-588128	-274	-708	-73
10	-448649	-209	-540	-56
11	-309170	-144	-372	-38
12	-169691	-79	-204	-21
13	-30212	-14	-36	-3
14	109267	51	131	13
15	248746	116	299	31

*1 año de simulación. Lactancia: 260 d. Vacía: 92 d. Peso adulto: 420 kg. Vida productiva: 6 años.

Cambio de la moneda oficial 2150 Bs/\$ (Dólar de EUA, al 02/03/2005). Precio de la leche 830 Bs/L. Precio de la carne 8000 Bs/kg.

TABLA II
MARGEN BRUTO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO* EN FUNCIÓN DE LOS CAMBIOS
EN LA DURACIÓN DE LA LACTANCIA / GROSS MARGIN OF DUAL PURPOSE PRODUCTION SYSTEM AS FUNCTION OF CHANGES
IN LACTATION LENGTH

Duración de la Lactancia (d)	Margen Bruto			
	Bs	\$	L de Leche	Kg de Carne
240	-714578	-332	-860	-89
245	-649579	-302	-782	-81
250	-583592	-271	-703	-72
255	-516615	-240	-622	-64
260	-448649	-209	-540	-56
265	-379696	-177	-457	-47
270	-309755	-144	-373	-38
275	-238827	-111	-287	-29
280	-166912	-78	-201	-20
285	-94011	-44	-113	-11
290	-20124	-9	-24	-2
295	54750	25	65	6
300	130608	61	157	16

*1 año de simulación. Producción: 10 L/d. Vacía: 92 d. Peso adulto: 420 kg. Vida productiva: 6 años.

Cambio de la moneda oficial 2150 Bs/\$ (Dólar de EUA, al 02/03/2005). Precio de la leche 830 Bs/L. Precio de la carne 8000 Bs/kg.

cambio que desde el punto de vista del mejoramiento genético se puede buscar a través de la incorporación de genes de *Bos taurus* (Holstein y/o Pardo Suizo), además ese es un valor que se puede observar con bastante frecuencia en rebaños comerciales.

Los valores del Margen Bruto mejoraron al aumentar la *Duración de la Lactancia*, se presentó un comportamiento anómalo, pues las vacas no pueden estar lactando indefinidamente. En simulaciones no reportadas aquí, al cambiar en el modelo cualquiera de las dos características de producción de leche (producción promedio de leche o duración de la lactancia) su efecto sobre el Margen Bruto estaba muy relacionado con el nivel en las características reproductivas (días de intervalo entre partos, definido a su vez por los días vacíos de la vaca), relación dada a través de la proporción en ordeño. De manera que al seleccionar por producción de leche, se involucra simultáneamente el comportamiento reproductivo.

La característica *crecimiento* fue evaluada como *peso adulto de vaca*, que afectaba directamente otras características como peso al primer parto, el cual es proporcional a los costos de mantenimiento del rebaño en producción; asimismo determinaba edad al primer parto, que es proporcional a los costos de mantenimiento del rebaño de reemplazo, en conocimiento que las mismas están muy determinadas por el manejo de la unidad de producción. Además, peso adulto define peso de macho despachado y peso de hembras vendidas. Se pudo apreciar que el *peso adulto de vaca* se comportaba como la

variable directriz del sistema, al afectar y definir una gran cantidad de variables, de crecimiento, reproductivas y los requerimientos de energía neta.

En la TABLA III se presentan el Margen Bruto en función de cambios en *peso adulto de vaca*, a un año de simulación, en este se puede observar, en las condiciones de la simulación, que los mayores ingresos percibidos por la venta de animales más pesados no compensaban el incremento en los costos de mantenimiento y crecimiento de esos animales. En este sentido, se pudo observar una relación inversa entre el *peso adulto de vaca* y el Margen Bruto. Por tanto, se puede afirmar que con el mejoramiento genético se debería buscar que el peso adulto de las vacas estuviese entre valores medios a bajos, esto sin desestimar que ningún tamaño tiene todas las ventajas en todas las condiciones [26].

Los valores del Margen Bruto empeoraron al aumentar el *peso adulto de vaca*. En el rango de simulación, todos los valores del Margen Bruto eran negativos, no obstante se puede afirmar que las menores pérdidas ocurrieron con los menores *pesos adulto de vaca*, la recomendación respecto al *peso adulto de vaca* óptimo estaría alrededor de 380 kg.

La *longevidad* fue evaluada en este trabajo a través de la *vida productiva* de las vacas, que mostró una influencia poco marcada sobre el Margen Bruto (TABLA IV), posiblemente debido a que en las condiciones constantes de la simulación otras características relacionadas con producción y reproducción requieren de mayor atención. No obstante, se pudo evi-

TABLA III

MARGEN BRUTO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO* EN FUNCIÓN DE LOS CAMBIOS EN EL PESO ADULTO DE VACA / GROSS MARGIN OF DUAL PURPOSE PRODUCTION SYSTEM AS FUNCTION OF CHANGES IN MATURE COW WEIGHT

Peso Adulto (kg)	Margen Bruto			
	Bs	\$	L de Leche	kg de Carne
380	-352419	-164	-424	-44
400	-403277	-188	-485	-50
420	-448649	-209	-540	-56
440	-488681	-227	-588	-61
460	-523496	-243	-630	-65
480	-553208	-257	-666	-69
500	-577916	-269	-696	-72
520	-597710	-278	-720	-74
540	-612674	-285	-738	-76
560	-622881	-290	-750	-77
580	-628390	-292	-757	-78
600	-629291	-293	-758	-78

*1 año de simulación. Lactancia: 260 d. Producción: 10 L/d. Vacía: 92 d. Vida productiva: 6 años.

Cambio de la moneda oficial 2150 Bs/\$ (Dólar de EUA, al 02/03/2005). Precio de la leche 830 Bs/L. Precio de la carne 8000 Bs/kg.

TABLA IV

MARGEN BRUTO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO* EN FUNCIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA VIDA PRODUCTIVA DE LAS VACAS / GROSS MARGIN OF DUAL PURPOSE PRODUCTION SYSTEM AS FUNCTION OF CHANGES IN COWS PRODUCTIVE LIFE

Vida productiva (años)	Margen Bruto			
	Bs	\$	L de Leche	kg de Carne
1	-647589	-301	-780	-80
2	-528225	-246	-636	-66
3	-488437	-227	-588	-61
4	-468543	-218	-564	-58
5	-456607	-212	-550	-57
6	-448649	-209	-540	-56
7	-442965	-206	-533	-55
8	-438702	-204	-528	-54
9	-435387	-203	-524	-54
10	-432734	-201	-521	-54

*1 año de simulación. Lactancia: 260 d. Producción: 10 L/d. Vacía: 92 d. Peso adulto: 420 kg.

Cambio de la moneda oficial 2150 Bs/\$ (Dólar de EUA, al 02/03/2005). Precio de la leche 830 Bs/L. Precio de la carne 8000 Bs/kg.

denciar que al incrementar la *vida productiva* de las vacas se mejoraban los valores del Margen Bruto, lo que varias investigaciones [8, 9] han demostrado respecto a la importancia económica de dicha característica. Los valores de Margen Bruto mejoraban ligeramente al aumentar el la *vida productiva* de las vacas, con tendencia a estabilizarse después de los nueve años.

La variable *días vacía* se consideró como principal, pues su duración define el intervalo entre partos, que determina dos

variables de gran importancia en el modelo de simulación: la proporción en gestación y la proporción en ordeño. *Días vacía* de las vacas mostró una influencia marcada sobre el Margen Bruto (TABLA V) y su control en el sistema de producción afectó considerablemente el comportamiento de las demás variables del sistema. No obstante, *días vacía* es una característica con gran determinación ambiental, por lo que su respuesta a selección es de esperar que sea baja en proporción y lenta a

TABLA V

MARGEN BRUTO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO* EN FUNCIÓN DE LOS CAMBIOS EN LOS DÍAS VACÍA DE LAS VACAS / GROSS MARGIN OF DUAL PURPOSE PRODUCTION SYSTEM AS FUNCTION OF CHANGES IN OPEN DAYS OF COWS

Días Vacía (d)	Margen Bruto			
	Bs	\$	L de Leche	kg de Carne
60	-318900	-148	-384	-39
81	-406552	-189	-489	-50
102	-484885	-226	-584	-60
123	-555308	-258	-669	-69

*1 año de simulación. Lactancia: 260 d. Producción: 10 L/d. Peso adulto: 420 kg. Vida productiva: 6 años.

Cambio de la moneda oficial 2150 Bs/\$ (Dólar de EUA, al 02/03/2005). Precio de la leche 830 Bs/L. Precio de la carne 8000 Bs/kg.

través de las generaciones sucesivas. Los valores del Margen Bruto empeoraron marcadamente al aumentar los *días vacía* de las vacas. El nivel óptimo de la variable estaba alrededor de los 60 días posparto.

CONCLUSIONES

El signo negativo en los resultados de los valores del Margen Bruto debe analizarse con precaución, en este contexto interesa más su evaluación en valor relativo.

La producción de leche es la principal característica a incluir en los programas de selección. No obstante, su mejoramiento debe compatibilizarse con las demás implicaciones.

El peso adulto de la vaca tuvo la mayor influencia en el sistema. No obstante, su mejoramiento debería considerar adicionalmente la relación con otras características, como eficiencia alimenticia, persistencia en el rebaño y comportamiento reproductivo. Además, por ser un parámetro de la curva de crecimiento, debería revisarse en conjunto con los demás elementos de la misma.

La vida productiva mostró una influencia menor respecto a las demás características evaluadas, sin embargo, su inclusión en programas de mejoramiento genético no debiera desestimarse, a través de la permanencia en el rebaño, por su productividad y reproducción.

Las implicaciones económicas de la variable días vacía, demuestra la necesidad de considerarla en programas de selección y al ser una característica con una determinación ambiental importante, obliga a la búsqueda de mejores métodos para su evaluación.

Los resultados confirman la importancia de los análisis económicos para la toma de decisiones en la evaluación genética de rebaños de doble propósito.

La simulación permite realizar el análisis del sistema, sin tener que asumir los costos u otras implicaciones, pues al validar el modelo y evidenciar fallas, bastaría con realizar los ajustes requeridos y realizar una nueva corrida, contando con la

posibilidad de repetir esta operación tantas veces cuanto sea necesario para lograr los objetivos planteados.

RECOMENDACIONES

La mayor utilidad de los resultados expuestos consiste en su función orientadora como recomendación general para el mejoramiento genético.

Sería adecuado realizar el análisis con precios variables, es decir, en una situación de mercado más parecida a la realidad, difícil de prever y por lo tanto de simular.

En investigaciones futuras se sugiere realizar el análisis con base en la *utilidad neta*, pues así se incluirían los costos no monetarios (depreciación).

La inclusión de otras características biológicas, condiciones ambientales y de manejo del sistema ampliaría la aplicabilidad de los resultados.

Incluir los requerimientos de proteína para la determinación de costos por alimentación, así como calcularlos sobre la base de costos de mantenimiento y manejo del pastizal.

Simular la permanencia de las vacas en el rebaño como producto de la selección programada, con base en criterios de productividad y el descarte obligatorio e involuntario, producto de criterios de sanidad, edad avanzada, entre otros.

A un nivel de sofisticación mayor, convendría simular la variación genética entre los animales y el progreso genético esperado en las generaciones sucesivas, producto del mejoramiento genético aplicado a las características biológicas consideradas en el sistema.

AGRADECIMIENTO

Al Sistema de Registros e Información para la Ganadería de Doble Propósito por los datos suministrados para la validación del modelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSELDONK, A.; JALVINGH, A.; HURINE, R. Potential economic benefits from change in management via information technology applications on Dutch dairy farms: a simulation study. **Livest. Prod. Sci.** 60:33-44. 1999.
- [2] ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL (ALPA). Normas de evaluación genética de bovinos de leche y doble propósito en el trópico latinoamericano. **Memoria ALPA.** 23(Suplemento 1):51-86. 1988.
- [3] BARRIOS, A.; RINCÓN, E.; VENTURA, M.; HUERTA, N.; FONDEVILA, M.; SURRA, J. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas mestizas en regiones tropicales. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)** 13:741-749. 1996.
- [4] BONDOC, O.; SMITH, C.; GIBSON, J. A review of breeding strategies for genetic improvement of dairy cattle in developing countries. **Anim. Breed. Abstr.** 57: 819-829. 1989.
- [5] BROCKINGTON, N. **Computer Modelling in Agriculture.** Oxford University Press. Great Britain. 156 pp. 1979.
- [6] BROCKINGTON, N.; GONZALEZ, A.; VEIL, J.; VERRA, R.; TEIXEIRA, N.; ASSIS, A. A bio-economic modelling project for small-scale milk production systems in south-east Brazil. **Agric. Syst.** 12:37-60. 1983.
- [7] CARTWRIGHT, T. The use of system analysis in animal science with emphasis on animal breeding. **J. Anim. Sci.** 49:817-825. 1979.
- [8] CHARTERIS, P.; AMER, P.; GOLDEN, B. Economic values for stayability and heifer pregnancy of beef cattle. **Proc. West. Sec. ASAS.** 50:64-67. 1999.
- [9] CHIRINOS, Z.; GONZÁLEZ-STAGNARO, C.; MADRID-BURY, N.; RIVERA, J. Vida útil, longevidad y causas de eliminación en vacas mestizas de doble propósito. **Rev. Científ. FCV-LUZ.** IX(6):477-484. 1999.
- [10] CHUDLEIGHT, P.; CEZAR, I. A review of bioeconomic simulation models of beef production systems and suggestions for methodological development. **Agric. Syst.** 10:273-289. 1982.
- [11] COMBELLAS, J. **Alimentación de la vaca de doble propósito y de sus crías.** Fundación INLACA. Venezuela. 196 pp. 1998.
- [12] DEKKERS, J.; SHOOK, G. A semi-stochastic model for simulation of genetic improvement by commercial artificial insemination farms in a large dairy cattle population. **J. Anim. Breed. Gen.** 107:321-339. 1990.
- [13] DOYLE, C.; RIDOUT, M.; OSBOURN, D. A simulation model of the implications of an increasing use of Holstein cows in the UK dairy herd and milk and beef production. **Agric. Syst.** 17:27-49. 1985.
- [14] FRANCE, J.; NEAL, D.; MARSDEN, S.; FROST, B. A dairy herd cash flow model. **Agric. Syst.** 8:129-142. 1982.
- [15] GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. Banco Central de Venezuela. Convenio Cambiario N° 2. **Gaceta Oficial** N° 38.138. Caracas, Miércoles 2 de marzo de 2005. Año CXXXII. Mes V. 2005.
- [16] GARCÍA, J.; PÉREZ, O.; PARRA, J. Producción de animales F1 Holstein-Cebú para rebaños de doble propósito. *En: C. González-Stagnaro, E. Soto Beloso, L. Ramírez Iglesia (Eds.). Avances en la Ganadería Doble Propósito.* Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. Cap. V. 73-88 pp. 2002.
- [17] GARTNER, J.; HERBERT, W. A preliminary model to investigate culling and replacement policy in dairy herds. **Agric. Syst.** 4:189-215. 1979.
- [18] GIBSON, J.; WILTON, W. Defining multiple-trait objectives for sustainable genetic improvement. **J. Anim. Sci.** 76:2303-2307. 1998.
- [19] HANSEN, L. Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. **J. Dairy Sci.** 83:1145-1150. 2000.
- [20] HARRIS, D.; NEWMAN, S. Breeding for profit: Synergism between genetic improvement and livestock production (A Review). **J. Anim. Sci.** 72:2178-2200. 1994.
- [21] HART, R.; LARCOMBE, M.; SHERLOCK, R.; SMITH, L. Optimization techniques for a computer simulation of a pastoral dairy farm. **Comput. Electron. Agric.** 19(2):129-153. 1998.
- [22] HAZEL, L. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genet.** 28:476-490. 1943.
- [23] HOLMANN, F.; BLAKE, R.; HAHN, M.; BARKER, R.; MILLIGAN, R.; OLTENACU, R.; STANTON, T. Comparative profitability of purebred and crossbred Holstein herds in Venezuela. **J. Dairy Sci.** 73:2190-2205. 1990.
- [24] HOLMANN, F.; BLAKE, R.; MILLIGAN, R.; BARKER, R.; OLTENACU, P.; HAHN, M. Economic returns from United States artificial insemination sires Holstein herds in Colombia, Mexico, and Venezuela. **J. Dairy Sci.** 73: 2179-2189. 1990.
- [25] JOANDET, G.; CARTWRIGHT, T. Modeling beef production systems. **J. Anim. Sci.** 41:1238-1245. 1975.
- [26] KLOSTERMAN, E. Beef cattle size for maximum efficiency. **J. Anim. Sci.** 34:875-880. 1972.
- [27] KRISTENSEN, T.; KRISTENSEN, E. Analysis and simulation modelling of the production in Danish organic and conventional dairy herd. **Livest. Prod. Sci.** 54:55-65. 1998.

- [28] LINDHÉ, B. Model simulation of AI-breeding within a dual purpose breed of cattle. **Acta Agric. Scand.** 18:33-41. 1968.
- [29] MADALENA, F.; AGYEGMAN, K.; CARDELLINO, R.; JAIN, G. Genetic improvement in medium – to low – input system of animal production. Experiences to date. **7th World Congress on Genetic Applied to Livestock Production.** August, 19-23, 2002. Montpellier, France. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). Session 25, Communication 25-08. 10 pp. 2002.
- [30] MEUWISSEN, T. A deterministic model for the optimization of dairy cattle breeding based on BLUP breeding value estimates. **Anim. Prod.** 49:193-202. 1989.
- [31] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Domestic Animals. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle.** 6th Ed. National Academy of Sciences. Washington, DC. 157 pp. 1988.
- [32] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Domestic Animals. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** 7th Ed. National Academy of Sciences. Washington, DC. 242 pp. 1996.
- [33] ORDÓÑEZ, J. Competitividad del Doble Propósito en el Trópico Latinoamericano. *En:* C. González-Stagnaro, N. Madrid-Bury y E. Soto Beloso (Eds.). **Mejora de la Ganadería Mestiza de Doble Propósito.** Ed. Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. Cap. XXXI. 627-641 pp. 1998.
- [34] ORDÓÑEZ, J. Evaluación Económica de Sistemas de Producción de Leche. *En:* C. González-Stagnaro, E. Soto Beloso, L. Ramírez Iglesia (Eds.). **Avances en la Ganadería Doble Propósito.** Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. Cap. XL. 635-643 pp. 2002.
- [35] PONZONI, R.; NEWMAN, S. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. **Anim. Prod.** 49:35-47. 1989.
- [36] QUINTERO, C. Observaciones ecológicas sobre la Cuenca del Lago de Maracaibo. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)** 4:304-309. 1978.
- [37] RAUW, W.; KANIS, E.; NOORDHUIZEN-STASSEN, E.; GROMMERS, F. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. **Livest. Prod. Sci.** 56:15-33. 1998.
- [38] RICHARDS, J. A flexible growth function for empirical use. **J. Exp. Bot.** 10(29):290-300. 1959.
- [39] RODRÍGUEZ-VOIGT, A.; VERDE, O. Aspectos productivos y reproductivos de rebaños doble propósito en diferentes regiones agroecológicas de Venezuela. *En:* C. González-Stagnaro, E. Soto Beloso, L. Ramírez Iglesia (Eds.), **Avances en la Ganadería Doble Propósito.** Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. Cap. VI. 89-104 pp. 2002.
- [40] SANDERS, J.; CARTWRIGHT, T. A general cattle production systems model. I: Structure of the model. **Agric. Syst.** 4:217-227. 1979a.
- [41] SANDERS, J.; CARTWRIGHT, T. A general cattle production systems model. II: Procedures used for simulating animal performance. **Agric. Syst.** 4:289-309. 1979b.
- [42] SCHROOTEN, C.; VAN ARENDONK, J. Stochastic simulation of dairy cattle breeding schemes: genetic evaluation of nucleus size and type. **J. Anim. Breed. Genet.** 109:1-15. 1992.
- [43] SØRENSEN, J.; ENEVOLDSEN, C.; KRISTENSEN, T. Effect of different dry period lengths on production and economy in the dairy herd estimated by stochastic simulation. **Livest. Prod. Sci.** 33:77-90. 1993.
- [44] TOWNSEND, P.; BLAKE, R.; HOLMANN, F.; VAN SOEST, O.; SNIFFEN, C.; SISLER, D. Low cost feeding strategies for dual purpose cattle in Venezuela. **J. Dairy Sci.** 73:792-803. 1990.
- [45] UNIDAD COORDINADORA DE PROYECTOS CONJUNTOS (UCPC). **Manual de Precios e Insumos, Bienes de Capital y Servicios del Sector Agropecuario.** 2^{da} Ed. La Universidad del Zulia. Facultades de Agronomía, Economía y Ciencias Veterinarias. [CD-ROM]. 2003.
- [46] URDANETA, F.; CASANOVA, A. Alternativas de producción en sistemas de ganadería lechera de doble propósito (vaca-maute). II. Maximización de la ganancia operativa. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)** 12:539-549. 1995.
- [47] URDANETA, F.; MARTÍNEZ, E.; DELGADO, H.; CHIRINOS, Z.; OSUNA, D.; ORTEGA, L. Caracterización de los Sistemas de Producción de Ganadería Bovina de Doble Propósito de la Cuenca del Lago de Maracaibo. *En:* N. Madrid-Bury y E. Soto-Beloso (Eds.). **Manejo de la Ganadería Mestiza de Doble Propósito.** Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. Cap. I. 21-43 pp. 1995.
- [48] VAN ARENDONK, J. A model to estimate the performance, revenues and costs of dairy cows under different production and price situations. **Agric. Syst.** 16:157-189. 1985.
- [49] VAN ARENDONK, J. Use of profit equations to determine relative economic value of dairy cattle herd life and production from field data. **J. Dairy Sci.** 74:1101-1107. 1991.
- [50] VELASCO, J.; ORDÓÑEZ, J. Valor económico absoluto y relativo de algunos caracteres biológicos, en un siste-

- ma bovino de doble propósito zuliano. **Rev. Científ. FCV-LUZ**. VIII(Supl. 1):27-29. 1998.
- [51] VELASCO, J.; ORDÓÑEZ, J.; BUSTILLOS, L. Sensibilidad económica de un sistema de doble propósito zuliano debido a la variación en el desempeño reproductivo del rebaño. **Rev. Científ. FCV-LUZ**. X(1):30-36. 2000.
- [52] VENTANA SYSTEMS. **Vensim® PLE: Modeling Guide**. Version 5. Ventana Systems, Inc. Copyright 1998-2003. USA. 112 pp. 2003.
- [53] VENTANA SYSTEMS. **Vensim® PLE: User's Guide**. Version 5. Ventana Systems, Inc. Copyright 1988-2002. USA. 290 pp. 2002.
- [54] WELLER, J. **Economic Aspects of Animal Breeding**. Chapman & Hall. London, UK. 244 pp. 1994.