

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL
DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
(CATIE)
PROGRAMA DE ENSEÑANZA
AREA DE POSTGRADO**

**OPTIMIZACION DE SISTEMAS DE PRODUCCION ANIMAL DE DOBLE
PROPOSITO EN LA ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA**

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico de Postgrado y Capacitación del Programa de Enseñanza en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

por

NAPOLEON EDGARDO PAZ QUEVEDO

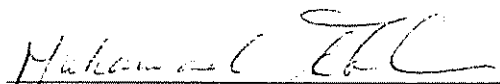
Turrialba, Costa Rica

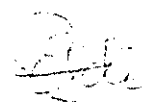
1996

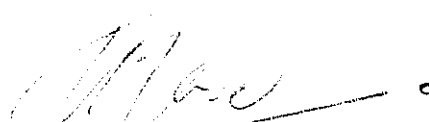
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agricolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:


MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:

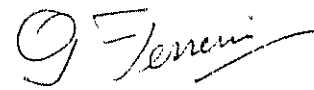

Muhammad Ibrahim, Ph.D.
Profesor Consejero

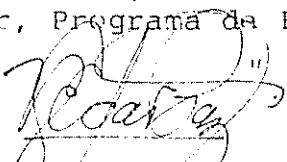

Edda Stella Louise, M.Sc.
Miembro Comité Asesor


Hans Janson, Ph.D.
Miembro Comité Asesor


Jetse Stoorvogel, Ph.D.
Miembro Comité Asesor

Juan Antonio Aguirre, Ph.D.
Jefe, Area de Postgrado


Pedro Ferreira, Ph.D.
Director, Programa de Enseñanza


Napoleón Edgardo Paz Quevedo
Candidato

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, por darme la fortaleza espiritual.

A mi esposa Ana Gladys y a mi hijo Napoleón Edgardo, por los sacrificios compartidos, su gran amor y apoyo moral incondicionales, que me impulsaron a seguir siempre adelante.

A mi madre Guadalupe Salomé y a mi padre Oscar Prometeo, por ser padres excepcionales y haberme brindado siempre su amor, apoyo y buenos consejos. Gracias.

A mis hermanos Alan y Oscar por su apoyo y cariño.

A mis hermanas Mima y Martha, que siempre recuerdo con cariño.

A mis sobrinos, especialmente a Betty por compartir nuestra familia.

A mis tías Tina y Zoila por su gran cariño.

A la memoria de mis abuelos María Luisa y Patrocinio, que ahora celebran en el cielo.

*«EL GRAN SECRETO DE LA OBRA
DEL HOMBRE ES UN PRODIGIOSO
ESFUERZO, COTIDIANO Y OBSTINADO»*

Shakespeare.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Muhammad Ibrahim, profesor consejero, por su acertada asesoría y orientación profesional en la realización del presente trabajo. Gracias por brindarme su amistad y la de su familia.

A los miembros del comité de tesis: Msc. Efde Stella Louise, Dr. Hans Jansen y Dr. Jetse Stoorvogel, por sus aportes técnicos y valiosas sugerencias que contribuyeron al enriquecimiento del presente trabajo.

Al apoyo logístico y técnico prestado por el Programa de la Zona Atlántica, ahora R.E.P.O.S.A., coordinado por el Dr. Hans Jansen, sin el cual no habría sido posible la realización de éste trabajo, especialmente al Dr. Jetse Stoorvogel y a Donatus Jansen por sus valiosos aportes técnicos. Agradecimiento extensivo a Carlos Aragón, por su valiosa ayuda en el trabajo de campo. Y finalmente, a todo el personal del programa que de una u otra forma colaboraron amablemente conmigo, especialmente Yasmín Ibrahim y Olga Carvajal.

Al biometrista Johny Pérez, por su amistad y sus acertadas sugerencias en la parte estadística.

Al gobierno alemán, que a través del D.A.A.D. apoyó económicamente mis estudios de maestría. Gracias.

A la Universidad de El Salvador, en especial a la Facultad de Ciencias Agronómicas, por brindarme su apoyo institucional.

BIOGRAFIA

El autor nació en San Salvador, El Salvador el 21 de Diciembre de 1959. Realizó estudios de primaria en la Escuela "Benjamín Orozco" y Tercer Ciclo "General Francisco Menéndez". Continuando estudios de secundaria en el Instituto Nacional "General Francisco Menéndez", obteniendo el título de bachiller en 1977.

En 1978, inicia estudios de Agronomía en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, graduándose como Ingeniero Agrónomo Zootecnista en 1986.

De 1986 a 1994, se desempeñó como catedrático universitario en el Departamento de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

En enero de 1994, ingresó a la Escuela de Postgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica, especializándose en el área de Sistemas Agroforestales con énfasis en Sistemas Silvopastoriles, obteniendo el título de Magister Scientiae en marzo de 1996.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
BIOGRAFIA.....	v
TABLA DE CONTENIDO.....	vi
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	xi
LISTA DE CUADROS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xvi
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Importancia del sistema de producción animal de doble propósito en América Latina.....	4
2.2 Antecedentes del sistema de producción animal de doble propósito en la zona Atlántica de Costa Rica.....	7
2.3 Producción primaria.....	8
2.3.1 Calidad y especies de pastos.....	8
2.3.2 Manejo de los pastos.....	10
2.3.3 Tecnologías alternativas	11
2.4 Producción secundaria	14
2.4.1 Razas de bovinos.....	14
2.4.2 Manejo del hato.....	14
2.4.3 Producción de leche	15
2.4.4 Producción de carne	16
2.4.5 Tecnologías alternativas	16

2.5	Impacto de tecnologías nutricionales alternativas en la producción de leche y carne.....	17
2.6	Caracterización de fincas	19
2.7	Optimización de recursos usando programación lineal (PL).....	20
3.	MATERIALES Y METODOS.....	22
3.1	Selección del área	23
3.2	Selección de fincas	24
3.2.1	Diseño de encuesta	24
3.2.2	Ejecución de encuestas.....	25
3.2.3	Base de datos.....	26
3.2.4	Análisis de conglomerados.....	26
3.2.4.1	Selección de variables principales..	27
3.2.4.2	Selección de fincas típicas.....	27
3.2.5	Descripción de actividades.....	29
3.2.5.1	Descripción de APSTs.....	29
3.2.5.2	Descripción de LUSTs.....	33
3.2.5.3	Descripción de FASTs.....	35
3.3	Muestreo de pastos	35
3.3.1	Disponibilidad de pastos.....	35
3.3.2	Composición botánica.....	37
3.3.3	Análisis de calidad de la pastura.....	38
3.4	Base de datos de atributos.....	39
3.4.1	Sondeo de precios.....	39
3.5	Metodología del modelo de Optimización.....	40
3.6	Estructura del modelo de programación lineal (PL).....	41
3.6.1	Función objetivo del modelo de PL.....	42
3.6.2	Restricciones del modelo de PL.....	43
3.6.3	Actividades del modelo de PL.....	44
3.6.4	Resultados del modelo de PL.....	46

4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	47
4.1 Descripción de las fincas típicas.....	47
4.2 Descripción de APSTs.....	52
4.2.1 Requerimientos nutritivos.....	52
4.3 Descripción de LUSTs y FASTs.....	56
4.3.1 Producción y composición botánica de la pastura.....	56
4.3.2 Calidad de pastos y suplementos.....	60
4.4 Cálculos con programación lineal.....	63
4.4.1 Corrida del modelo.....	63
4.4.2 Escenario base del sistema de bajos insumos.....	64
4.4.3 Escenario base del sistema de altos insumos.....	67
4.4.4 Efecto de la comparación entre hatos.....	70
4.4.5 Efecto de la reducción del salario de la mano de obra contratada.....	72
4.4.6 Efecto del incremento en el precio del banano.....	73
4.4.7 Efecto de la reducción en el índice de biocidas.....	79
4.4.8 Efecto de la valorización de la tierra sobrante.....	83
4.4.9 Efecto de la reducción en la carga animal....	84
4.5 Discusión general.....	86
5. CONCLUSIONES.....	89
6. RECOMENDACIONES.....	91
7. BIBLIOGRAFIA.....	92
8. ANEXO	

PAZ QUEVEDO, N.E. 1996. Optimización de sistemas de producción animal de doble propósito en la zona Atlántica de Costa Rica. Tesis M.Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 132 p.

Palabras claves: Optimización, sistemas de doble propósito, zona Atlántica de Costa Rica, programación lineal, sistema USTED, modelo.

RESUMEN

El presente estudio se realizó al norte de la zona Atlántica de Costa Rica, ubicada en la provincia de Limón. Los objetivos fueron: (1) Analizar fincas para poder diferenciar tipos de finca, describir cuantitativamente diferentes sistemas de producción a nivel de pastos y hatos. (2) Describir alternativas en el manejo de pastos. (3) Analizar las posibilidades del uso de tecnologías disponibles para la alimentación animal, usando programación lineal. Se realizó una encuesta por medio de entrevistas a 29 productores, con el objeto de determinar y cuantificar las características de las fincas ganaderas de doble propósito de la zona. Con la información colectada, se elaboró una base de datos con 178 variables, las cuales fueron estudiadas mediante análisis de conglomerados, identificando cuatro grupos de fincas sobre 17 variables principales, incluyendo aspectos técnicos de manejo de pastos y hatos, aspectos productivos, reproductivos y socioeconómicos. Resultando dos grupos mayoritarios y claramente diferentes entre sí; uno con baja utilización de insumos en la producción (13 fincas) y otro con alta utilización de insumos (10 fincas).

En los dos grupos marcadamente diferentes, se determinó la finca típica calculada en base a la menor desviación del promedio en cada grupo. Con las variables de las dos fincas, se describieron las siguientes actividades: (1) LUSTs (sistemas de uso de la tierra con tecnología definida): Sistemas de producción de pastos. (2) APSTs (sistemas de producción animal con tecnología definida): Hatos de doble propósito con baja y alta utilización de insumos en la producción. (3) FASTs (sistemas de suplementos alimenticios): banano verde de rechazo, melaza y concentrados. Posteriormente se realizaron muestreos de pastos en ocho de las fincas encuestadas, obteniendo información sobre la producción y composición botánica de la pastura. La calidad de los pastos se determinó mediante análisis de laboratorio; también se analizaron muestras de melaza, banano y concentrados para conocer su calidad en términos de %MS, %PC, %DIVMS y %FDN. Con los precios de insumos y equipo y los resultados de los análisis de laboratorio, se elaboró una base de datos de atributos, para complementar las descripciones de las actividades de las fincas (LUSTs, APSTs y FASTs), con los precios por unidad, descripciones técnicas del equipo, toxicidad de biocidas, etc. Estas actividades, fueron analizadas cuantitativamente por un modelo de optimización que

opera bajo la metodología del sistema USTED (Uso Sostenible de Tierras En Desarrollo), mediante la técnica de programación lineal. La metodología del modelo utiliza módulos para el manejo de las bases de datos en USTED, llamado MODUS (Stoorvogel *et al*, 1995), el cual funciona como un enlace entre las bases de datos de actividades y atributos y la matriz de la programación lineal, calculando los coeficientes técnicos del modelo. La técnica de programación lineal usada en la optimización se hizo de una manera "ilustrativa", ya que para obtener resultados más realísticos deberán describirse más actividades para el modelo. El modelo de programación lineal consta de los siguientes componentes: (1) Función objetivo: se definió como la maximización del ingreso neto de la finca (2) Restricciones: limitaciones en cuanto a requerimientos nutritivos, tierra, mano de obra y cantidad de animales (3) Actividades: LUSTs (cuatro sistemas de pastos); FASTs (seis sistemas de suplementación alimenticia descritos mensualmente para un año: 2 de melaza, 2 de banano y 2 de concentrado); APST (un sistema de producción animal que se mantuvo fijo en la optimización de cada escenario). De los resultados obtenidos se concluye que a nivel ilustrativo, la programación lineal puede funcionar como técnica de análisis cuantitativo en las descripciones de fincas ganaderas de doble propósito, usando la metodología del sistema USTED. En las diferentes corridas del modelo, el sistema de finca de altos insumos refleja siempre en ingreso neto superior, condicionado al uso de suplementos como banano, melaza o concentrado. El banano verde de rechazo, como suplemento energético, es una posibilidad real para solventar el déficit de energía observado en los sistemas de pastos de las fincas de la zona Atlántica durante los meses de baja precipitación.

El banano hasta ahora disponible en la zona Atlántica, puede convertirse a mediano plazo en una limitante para la producción de los sistemas de doble propósito estudiados, en vista de nuevas tecnologías desarrolladas en la utilización del banano verde de rechazo para alimentación humana (Gerber).

El modelo muestra que es posible lograr los mismos niveles de producción para las fincas estudiadas, en una área reducida con solo el establecimiento de un 20% del área en pastos mejorados (7 ha), usando menor cantidad de banano como suplemento (3-5 kg/vaca/día). La disminución de un 50% en el uso de biocidas, representa una reducción entre 6 y 11% del ingreso neto de las fincas, cifra que refleja una primera aproximación del costo de la sostenibilidad del sistema. Se recomienda, profundizar en los indicadores de sostenibilidad del sistema de doble propósito, realizando investigación básica para la determinación del balance de nutrientes. Construir más sistemas de pastos mejorados, asociaciones con leguminosas y árboles forrajeros como banco de proteína o energía. Finalmente, utilizar las tierras no aptas para la siembra de pastos (10-15 ha), como zonas de reforestación o bosque manejado, restaurando las tierras degradadas por la erosión y el sobrepastoreo.

PAZ QUEVEDO, N.E. 1996. Optimization of Dual Purpose Cattle Production Systems in the Atlantic Zone of Costa Rica. M.Sc. Thesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 132 p.

Key words: Optimization, dual purpose systems, Atlantic zone of Costa Rica, linear programming, USTED system, modelling.

ABSTRACT

This study was conducted in the northern Atlantic zone of Costa Rica, located in the Limon province. The objectives were to: (1) Analyze farms in order to differentiate farm types and to describe different production systems quantitatively in regards to pastures and herds, (2) Describe alternatives in pasture management and (3) Analyze possibilities for using available technologies for animal feeding, using linear programming model. Surveys were made on 30 producers, to determine and quantify Bio-physical and socio-economic characteristics of dual purpose cattle farms in the area. A data base with 178 variables was built using the information collected. These variables were analysed by conglomerate analysis which distinguished four groups of farms utilizing 17 main variables, including technical pasture and herd management aspects, and production, reproduction and socioeconomic aspects. Two major and clearly different groups resulted from this analysis: one of low input for production (13 farms) and the other of high input (10 farms).

In both markedly different groups, the typical farm was determined to be that which deviated less from the average in each group. Using the variables from both farms, the following activities were described: (1) LUSTs (Land Use Systems Under a Defined Technology): Pasture production systems. (2) APSTs (Animal Production Systems under a Defined Technology): Dual purpose herds with high and low production inputs. (3) FASTs (Fodder Acquisition Systems): rejected green banana, molasses and concentrates. Later, sampling was done in pastures in eight of the farms surveyed, to obtain information about production and botanical composition of the pastures. Pasture quality was determined using laboratory analysis; molasses, banana and concentrate samples were also analyzed to determine their quality in terms of %DM, %CP, %IVDMD and %NDF.

A data base of attributes was developed using input and equipment prices and laboratory analysis results. Then the descriptions of farm activities (LUSTs, APSTs and FASTs) was complemented with unit prices, technical descriptions of equipment, pesticide toxicity, etc.

These farm activities were analyzed quantitatively by an optimization model which operates under the methodology of the USTED system (Sustainable Developing Land Use) using linear programming. The model methodology uses modules to manage data

programming. The model methodology uses modules to manage data bases in USTED. These are called MODUS (Stoorvogel et al., 1995) which function as a link between data bases of activities and attributes and the linear programming matrix, to calculate the model's technical coefficients. The linear programming technique used in the optimization was "illustrative", since to obtain more realistic results, more activities must be described for the model. The linear programming model is comprised of the following components: (1) Objective function: defined as the maximization of net farm income (2) Restrictions: limitations regarding nutrition, land, labor and number of animals requirements (3) Activities: LUSTs (four pasture systems); FASTs (six feed supplement systems described monthly for one year: 2 of molasses, 2 of banana and 2 of concentrate); APST (an animal production system which remained constant in the optimization of each scenario).

From results obtained, it can be concluded that, on an illustrative level, linear programming can function as a quantitative analysis technique in dual purpose cattle farm descriptions, using the USTED system methodology.

When the model was run several times, it was seen that high input farming systems always reflect higher net income, conditioned to the use of supplements such as bananas, molasses or concentrate. Rejected green bananas, as energy supplements, are a real possibility to solve energy deficit problems in pastures on farms in the Atlantic zone during dry months.

Bananas, available until now in the Atlantic zone, can become a limiting factor within a few years for dual purpose production systems, because of new technologies developed for the use of rejected green bananas for human consumption (Gerber).

The model shows that it is possible to reach the same production levels for the farms studied, in a reduced area by establishing 20% of the area in improved pastures (7 ha), using less bananas as supplement (3-5 kg/cow/day). A 50% decrease in biocides use, represents a reduction between 6 and 11% of net farm income, a number which reflects a first approximation of the system's sustainability cost. It would be wise to study the indicators of dual purpose system sustainability more closely, and conduct basic research to determine nutrient balance. It is also advisable to construct systems of improved pastures associated with legumes and forage trees as a protein or energy bank. Finally, land which is not appropriate for pastures (10-15 ha) should be used as reforestation areas or managed forests to restore land degraded by erosion and overgrazing.

LISTA DE CUADROS

	Página.
Cuadro 1. Producción y calidad de pasturas en la zona Atlántica.....	9
Cuadro 2. Representatividad de fincas típicas, comparadas con la media, mínimo y máximo del conglomerado respectivo.....	51
Cuadro 3. Cálculo de los requerimientos diarios promedio de energías metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).....	53
Cuadro 4. Cálculo de requerimientos mínimos diarios de fibra detergente neutro (FDN) por categoría...	54
Cuadro 5. Cálculo de requerimientos máximos diarios de materia seca (MS) por animal.....	55
Cuadro 6. Disponibilidad estacional de pastos.....	56
Cuadro 7. Composición botánica promedio de las pasturas.	59
Cuadro 8. Calidad de pastos y suplementos.....	61
Cuadro 9. Costo por unidad de EM y PC de pastos y suplementos.....	62
Cuadro 10. Optimización de sistemas de alimentación, ingreso neto y uso de la tierra en sistemas de bajos insumos, en la época de menor precipitación (enero-abril).....	66
Cuadro 11. Optimización de sistemas de alimentación, ingreso neto y uso de la tierra en sistemas de altos insumos, en la época de menor precipitación (enero-abril).....	69
Cuadro 12. Optimización de un hato de bajos insumos bajo condiciones de finca de altos insumos y viceversa.....	71
Cuadro 13. Optimización de sistemas de alimentación, ingreso neto y uso de la tierra con la variación del precio del banano, en la época de menor precipitación (enero-abril), en fincas de bajos insumos.....	76

Cuadro 14.	Optimización de sistemas de alimentación, ingreso neto y uso de la tierra con la variación del precio del banano, en la época de menor precipitación (enero-abril), en fincas de altos insumos.....	77
Cuadro 15.	Valores de parámetros de toxicidad para calcular los índices de biocidas, en relación al código WHO.....	80
Cuadro 16.	Optimización de sistemas de altos y bajos insumos, al reducir en un 50% el índice de biocidas.....	81
Cuadro 17.	Valorización de la tierra sobrante.....	84
Cuadro 18.	Reducción en la carga animal.....	86
Cuadro 1A.	Formulario de encuesta.....	104
Cuadro 2A.	Análisis discriminante.....	109
Cuadro 3A.	Programa en SAS para elegir la finca típica...	111
Cuadro 4A.	Estructura de un APST.....	112
Cuadro 5A.	Estructura de un LUST.....	113
Cuadro 6A.	Estructura de un FAST.....	114
Cuadro 7A.	Estructura de los atributos.....	115
Cuadro 8A.	Salida de SAS de la elección de finca típica..	116
Cuadro 9A.	Requerimientos nutricionales para hato doble propósito en finca de bajos insumos.....	117
Cuadro 10A.	Requerimientos nutricionales para hato doble propósito en finca de altos insumos.....	118
Cuadro 11A.	Cálculo de requerimientosde EM y PC mensuales para hato doble propósito en finca de bajos insumos.....	119
Cuadro 12A.	Cálculo de requerimientosde EM y PC mensuales para hato doble propósito en finca de altos insumos.....	119
Cuadro 13A.	Cálculo del límite mínimo de FDN/hato/mes en finca de bajos insumos.....	120

Cuadro 14A.	Cálculo del límite mínimo de FDN/hato/mes en finca de altos insumos.....	120
Cuadro 15A.	Cálculo del límite máximo de MS/hato/mes en finca de bajos insumos.....	121
Cuadro 16A.	Cálculo del límite máximo de MS/hato/mes en finca de altos insumos.....	121
Cuadro 17A.	Cálculo de nutrientes/ha de pasto en época de baja precipitación.....	122
Cuadro 18A.	Cálculo de nutrientes/ha de pasto en época de alta precipitación.....	122
Cuadro 19A.	Descripción de coeficientes técnicos en el modelo de programación lineal.....	123
Cuadro 20A.	Ejemplo de informe de resultados de un escenario en el modelo de programación lineal.....	127

LISTA DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Esquema metodológico.....	22

1. INTRODUCCION

Las interacciones entre la producción pecuaria y el manejo de los recursos naturales son un problema de los sistemas a nivel mundial y una crítica paradójica para los países centroamericanos, que dentro de su contexto de pobreza, desnutrición y alta tasa demográfica, se intente diseñar alternativas para mejorar la productividad de leche y carne en forma sostenida, a la vez que se promueve la protección y rehabilitación de los recursos naturales (Yuill, 1991).

En general para cualquier diseño de mejora en productividad pecuaria sostenida, está contemplada la intensificación de la misma mediante la utilización cada vez más eficiente de los recursos disponibles (Conrad y Simpson, 1992).

En Costa Rica, el sistema de ganadería de doble propósito en el que se produce leche (ordeño con apoyo del ternero) y carne (crias), con el mismo animal e independientemente de la raza (CATIE, 1983), podría ser muy importante para la zona Atlántica, por que las combinaciones de factores climáticos (trópico húmedo), nutricionales (pasturas degradadas) y económicos (precios bajos de leche), restringen severamente la eficiencia en sistemas de producción de leche especializada, pues éstos necesitan mucha inversión en equipo e instalaciones.

En la zona Atlántica y otros lugares de Costa Rica, el costo de la mano de obra ha sufrido un incremento considerable, siendo importante destacar la influencia de las bananeras que absorben mucha mano de obra, incrementando los costos de producción en relación a los precios de la leche. Por lo tanto la decisión del productor de enfocar su producción a carne o leche dependerá en gran medida del precio de la carne o leche y del costo y disponibilidad de mano de obra, la cual tiene más demanda en ganadería de leche. El bajo índice de producción en sistemas de doble propósito (producción secundaria), está relacionado con la baja productividad y calidad nutritiva de las pasturas (producción primaria) debido a una rápida degradación después de ser establecidas (Toledo y Nores, 1986).

No obstante, en los últimos años se han identificado nuevas tecnologías de alimentación animal para mejorar su productividad y sostenibilidad, tales como: uso de gramíneas mejoradas, asociaciones de gramíneas y leguminosas y el uso de árboles forrajeros en sistemas silvopastoriles. Sin embargo, el uso de éstas tecnologías depende mucho de la decisión del productor ante los costos de inversión y de producción (Joenje, 1995a). A pesar de su importancia, se han generado pocos modelos del sistema de doble propósito, lo cual está relacionado con la necesidad de un enfoque específico y detallado que incluya aspectos productivos propios del sistema, dentro del contexto de la sostenibilidad de los recursos.

El presente trabajo tiene como **objetivo general**, hacer una ilustración de la descripción cuantitativa de los sistemas de doble propósito de la zona Atlántica de Costa Rica, realizando un ejemplo de análisis con la técnica de programación lineal. Los **objetivos específicos**, son los siguientes:

1. Analizar fincas con el propósito de:
 - Poder diferenciar tipos de finca.
 - Describir cuantitativamente diferentes sistemas de producción a nivel de pastos y hatos.
 - Definir los precios de insumos y productos.
2. Describir alternativas en el manejo de pastos.
3. Analizar las posibilidades del uso de tecnologías disponibles para la alimentación animal, usando programación lineal.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 IMPORTANCIA DEL SISTEMA DE PRODUCCION ANIMAL DE DOBLE PROPOSITO EN AMERICA LATINA.

Se entiende por doble propósito, aquel sistema en que se produce leche (por medio de un ordeño diario con apoyo del ternero) y carne (mediante la cría hasta el destete), con el mismo animal e independiente de la raza (CATIE, 1983). Los animales usados en Costa Rica son cruzados con razas europeas (Jersey, Pardo Suizo y Holstein) con un predominio de la raza cebuína (CATIE, 1987).

La importancia de éste sistema se fundamenta en los siguientes aspectos (Rivas, 1991):

- Son proveedores de los alimentos básicos en la dieta latinoamericana, carne y leche.
- Utilizan recursos de baja productividad y bajo costo de oportunidad.
- Son fuentes de ingresos para pequeños y medianos productores.
- Generan trabajo para mano de obra de bajo costo de oportunidad al emplear intensivamente mano de obra familiar.

La crianza del becerro se realiza por amamantamiento después del ordeño y algo de pastoreo, con una mortalidad del 8.4%, los niveles de producción son bajos y generalmente estacionales, observándose la mayor producción de leche en la época lluviosa debido a la mayor producción de las pasturas (Alvarez, 1986). Los hatos de doble propósito contribuyen entre el 45 y 85 % del total de leche nacional de países Latinoamericanos (Seré, 1986). Estos sistemas ofrecen posibilidades de contribuir significativamente al incremento de la

producción de leche y carne a costos razonables (UNAM, 1979; Seré, 1986; Ríos et al, 1986). Al rededor del 40 al 60% de la carne producida en los trópicos proviene de los sistemas de doble propósito, mientras que el resto proviene de los hatos especializados tanto de carne como de las lecherías (CATIE/BID, 1983). Los sistemas de doble propósito, son manejados por productores de recursos limitados que cuentan con fincas menores de 50 Has, aportando aproximadamente el 80% de la leche fluida y el 60% de la carne de la región (Tewolde, 1986).

Los animales de doble propósito son alimentados en praderas nativas o introducidas, con mínima alimentación suplementaria (Alvarez, 1986), sin embargo, la aplicación de medidas correctivas a los principales problemas del sistema doble propósito, podrían tener un impacto importante sobre la productividad total (Vaccaro, 1986). Entre los problemas destaca la dependencia de pasturas naturales de baja calidad en un 64% (Alvarez, 1986). Este problema podría solucionarse transformando una mayor proporción de pastos naturales a pastos mejorados, incluyendo leguminosas (Vaccaro, 1986). Por otro lado, la suplementación mineral sugiere otra posibilidad de obtener respuestas importantes a costos relativamente bajos (Alvarez, 1986).

La gran flexibilidad del sistema tradicional de doble propósito hace que la transición de cría a doble propósito sea relativamente fácil. Las variables determinantes son el precio de la leche (en relación al de la carne), los costos de transporte y la mano de obra. Mejoras en la infraestructura vial que reducen los costos de transporte, inmediatamente se reflejan en aumentos de la oferta de leche y/o carne (Ruiz, 1982; Seré, 1986). Los ganaderos en América Latina se comportan como inversionistas adversos al riesgo, ajustando el sistema de producción para tener una alta inversión en tierra y ganado, los cuales son muy estables y minimizando gastos en

insumos al 2% del valor del animal; priorizando alimentación para animales próximos a ser vendidos, adoptando tecnologías que mas bien permitan la persistencia del hato y no tanto el aumento de la productividad (Jarvis, 1986).

La rentabilidad de los sistemas doble propósito en diferentes países de América Latina es variable, por ejemplo, entre Venezuela, Colombia, Nicaragua y Brasil, en términos de tasa de retorno anual, se reportan: 2, 4, 6 y 7% respectivamente (Vera y Seré, 1985; Aldana, 1990; Holmann, 1992).

Reconociendo que la ganadería es una actividad económica la cual compite con otras actividades económicas por capital, tierra, mano de obra etc., es necesario, para las fincas, mejorar éstas tasas de retorno, para sobrevivir ésta competencia. Estrategias para el desarrollo pecuario en el trópico deben enfatizar el logro económico óptimo (y no el máximo biológico), optimizando la productividad en base a los recursos disponibles por medio de tecnologías integradas (Preston y Leng, 1988). Para la ganadería de doble propósito, esto podría significar la búsqueda de sistemas que aumentan la producción de leche y carne por unidad de área por medio de la elevación de la producción diaria de leche y carne por vaca, el aumento del porcentaje de vacas en ordeño y la vida útil de las vacas, al reducir la edad al primer parto y el intervalo entre partos; también mejorando la tasa de mortalidad y obteniendo mayores pesos en los terneros destetados y vacas de desecho. Estos resultados se pueden obtener utilizando praderas de regular a buena calidad, complementando los faltantes de forraje en las épocas críticas, con adecuado manejo y selección genética (Alvarez, 1980)

2.2 ANTECEDENTES DEL SISTEMA DE PRODUCCION ANIMAL DE DOBLE PROPOSITO EN LA ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA

En la zona Atlántica de Costa Rica, resalta la predominancia de los sistemas bovinos de doble propósito, asociado con producción de cultivos anuales para la alimentación familiar, que deriva del deseo del productor por minimizar sus riesgos, tanto desde el punto de vista biológico como económico (CATIE, 1981). Los sistemas de producción de doble propósito de pequeñas fincas tienen un alto potencial de ser sostenibles y contribuir al mejoramiento del ambiente. Esto requiere de mayor nivel de intensificación y el uso de tecnologías alternativas (Toledo, 1994).

A finales de la década de los 60's, ocurrió un gran auge en la ganadería de la zona Atlántica, sobre todo al norte de Guápiles donde el bosque primario fué talado, constituyéndose casi la totalidad del área en explotaciones de ganadería de carne y bananeras.

Actualmente los principales sistemas de producción ganadera en la zona Atlántica son: ganadería de carne (cría, desarrollo y engorde), de doble propósito y ganadería de leche. Las dos últimas modalidades de producción se han incrementado en los últimos siete años debido a la crisis económica que han enfrentado los ganaderos de carne. Otro motivo de producir leche es la apertura en el distrito de Guápiles de una planta recibidora de leche en el año 1985 y la construcción de la carretera de Guápiles a San José en el año 1987, que permite un mayor movimiento comercial (Aragón, 1992).

En 1979 la exportación de carne de Centro América a los Estados Unidos, fué reducida debido a restricciones legales que prohibían la importación de carne que reportara residuos de pesticidas (Edelman, 1985). En 1987, la compañía estadounidense-

se Burger King, que compraba el 70% de la carne que Costa Rica exportaba, decidió no comprar más carne en la región Latinoamericana debido a fuertes críticas que relacionaban injustamente a la ganadería con la alarmante deforestación de la zona, por lo que muchas de las fincas productoras de ganado de carne, en busca de otros mercados, cambiaron su modalidad de producción, a leche o a doble propósito (Van der Kamp, 1990).

Según la encuesta ganadera de 1988, la población bovina del país es de 2.2 millones de cabezas. El 22% lo constituye el ganado de doble propósito (Amador, 1990). La zona Atlántica de Costa Rica cuenta con un total de 273 mil cabezas de ganado, o sea un 12.5% del total del país. Del total de la población bovina de la zona Atlántica, un 19% corresponde a la ganadería de doble propósito, que predomina en los cantones de Pococí y Guácimo (Aragón, 1992), pues los costos de inversión y alto nivel tecnológico necesarios, limitan el número de fincas con ganadería especializada de leche, que representa un riesgo para el pequeño productor (Guillén, 1983).

2.3 PRODUCCION PRIMARIA

2.3.1 CALIDAD Y ESPECIES DE PASTOS

La productividad de las pasturas no es sólo afectada por condiciones climáticas, sino también por la fertilidad del suelo y el nivel de manejo de las pasturas. En suelos fértiles, en la zona Atlántica (como la finca "Los Diamantes" en Guápiles), la productividad de la pastura (Kg de materia seca/ha) puede ser más del 50% de lo obtenido con las mismas especies en suelos infértiles; también esto se refleja en el aumento de la

capacidad de carga animal, que es más alta (1.7 Unidades Animales/ha) en suelos fértiles que en infértiles (0.5-1.0 UA/ha) en pasturas nativas. En la zona Atlántica los suelos fértiles con pasturas mejoradas constituyen entre 20 y 30% del área total (CATIE, 1990; Ibrahim, 1994).

En las fincas predominan hasta en un 76% del área de pastos, las mezclas de gramíneas naturales (Axonopus sp y Paspalum sp) y pasto ratana (Ischaemum ciliare) sobre los pastos mejorados (Cynodon nlemfuensis, Panicum maximum, Echinochloa polystachia, Brachiaria brizantha y B. humidicola) (Gutiérrez, 1983; CATIE, 1986a; CATIE, 1990). La calidad y producción de las pasturas naturales y ratana son bajas, comparadas con la alternativa de pastos mejorados, como puede verse en el Cuadro 1 (CATIE, 1987).

Cuadro 1. Producción y calidad de pasturas de la zona Atlántica

Pasto	Producción de MS Ton/ha/año	%PC*	%DIVMS**
Ratana	15.00	8.5	46.1
Natural	11.60	7.4	55.0
Mejorado	18-29	12-14	62-68

Fuente: CATIE, 1986b; CATIE, 1987; Ibrahim, 1994.

* % de Proteína Cruda ** % de Digestibilidad In Vitro de la materia seca

Aunque se han realizado pocos estudios sobre el contenido de minerales en los pastos de ésta zona, se establecen defi-

ciencias principalmente de calcio (0.15%) y fósforo (0.11%) (Vargas y Fonseca, 1989) al ser comparados con los requerimientos mínimos de Ca y P, establecidos para ganado de carne (0.18%) (NRC, 1976). Esto limita la producción y reproducción del hato, sobre todo por que solo un 15-30% de los productores de la zona Atlántica utilizan suplementos minerales (CATIE, 1990).

2.3.2 MANEJO DE LOS PASTOS

En pasturas nativas, los productores manejan una carga promedio de 1.1 UA/ha, un período de descanso entre 28-30 días y de ocupación entre 4 y 8 días. En las fincas donde la carga animal es mayor a 1.1 UA/ha, ocasionan un sobrepastoreo y degradación de las pasturas (Ibrahim, 1994). La fertilización está ausente en explotaciones de doble propósito, dado que en su mayoría poseen pastos naturales, los cuales están bien adaptados a suelos de baja fertilidad y son ineficientes en la recuperación de nutrientes de fertilizantes (Ibrahim, 1994).

El control de malezas se hace manualmente (chapia), en forma mecánica (moto guadaña) o por medio de herbicidas químicos (Ramírez y Aragón, 1994).

2.3.3 TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS

Si se pretende una actividad ganadera acorde con los recursos y limitaciones del trópico húmedo, debe utilizarse estrategias congruentes, orientando las técnicas hacia la consecución de una eficiencia biológica y económica (Stobbs, 1976). Dentro de éstas tecnologías se pueden mencionar las siguientes:

■ **Gramíneas mejoradas:** Durante los últimos años, se han venido evaluando especies de pastos que tienen una buena adaptación a las condiciones climáticas y edáficas del trópico húmedo. Sin embargo, esta tecnología necesita aplicación de fertilizante de mantenimiento para la persistencia de las pasturas, que además de los requerimientos nutricionales de la especie, depende de la fertilidad natural de los suelos y nivel de manejo aplicado (Ibrahim, 1994).

En los suelos infértiles bien drenados, además del nitrógeno, el fósforo puede ser un nutriente limitante para el buen desarrollo de las pasturas (CATIE, 1990). Gramíneas bien manejadas y fertilizadas pueden soportar hasta 4 UA/ha debido a que la producción de MS puede ser superior a 25 Ton MS/ha (Ibrahim, comunicación personal). El pasto Brachiaria brizantha muestra una gran adaptación al trópico húmedo y resistencia a las plagas (salivazo); Brachiaria humidicola, B. dictyoneura y

Panicum máximum también presentan elevados rendimientos (Toledo y Nores, 1986). Las Brachiarias tienen la ventaja de adaptarse bien bajo condiciones de suelos infértiles, mientras que las accesiones de P. máximum y Cynodon nlemfuensis, son más adaptadas a suelos fértiles (Ibrahim, 1994).

■ **Asociación de gramíneas y leguminosas:** Es otra tecnología que mejoraría el nivel nutricional de los animales de doble propósito debido a que las leguminosas tienen la capacidad de fijar niveles considerables de N, además su nivel de consumo es generalmente más alto que el de gramíneas.

Resultados obtenidos en experimentos manejados bajo pastoreo con Arachis pintoï, asociado con Cynodon nlemfuensis en Turrialba y con Brachiaria brizantha en Guápiles, muestran rendimientos de producción de MS (producción primaria) ligeramente mayores (12%), en comparación con la gramínea en monocultivo; sin embargo, es importante destacar que en los suelos pobres de la zona Atlántica, la asociación B. brizantha + A. pintoï, es más sostenible en el largo plazo que la gramínea en monocultivo, por la propiedad del Arachis de ser fijadora de nitrógeno (100 a 125 kg/ha/año) y mejoradora de las condiciones físicas del suelo (Ibrahim, 1994).

■ **Arboles y Arbustos forrajeros:** El uso de ésta tecnología representa otra alternativa forrajera para la alimentación

animal, las especies G. sepium y E. poeppigiana han recibido más atención por su buena calidad forrajera y su amplia distribución geográfica en América Latina (Russo, 1984). Se ha encontrado que la asociación de Erythrina poeppigiana y Pennisetum purpureum incrementa la producción de biomasa forrajera total y de proteína cruda total en un 36% y un 193% respectivamente (Rodríguez, 1985).

También se ha demostrado que es económicamente factible sustituir el 67% de la proteína de raciones de terneras de lechería en crecimiento, por proteína proveniente de Erythrina sp, aunque las terneras ganen menos peso (Pineda, 1986).

También, suplementando toretes Brangus en pastoreo con Erythrina coccleata, se encontró un efecto benéfico desde el punto de vista bioeconómico al utilizar el follaje arbóreo y la adición de banano verde, como una fuente de almidón que contribuye a utilizar mejor el nitrógeno no proteico característico de éstos follajes, lo que resulta en ganancias de peso superiores a las obtenidas sólo con E. coccleata (Vargas, 1987).

Pero a pesar de haber obtenido buenos resultados a nivel de investigación, ésta tecnología no ha sido muy adoptada por el finquero debido a los elevados costos de mano de obra en el corte y acarreo (Joenje, 1995b).

■ **Otras fuentes de producción primaria:** Debe considerarse prioritariamente la suplementación de alguna fuente de nitrógeno fermentable, como urea, gallinaza, follaje de leguminosas arbóreas, etc (Camero et al, 1993). En la mayoría de los casos será conveniente acompañar éstos suplementos con una fuente energética tal como yuca, camote, ñame, banano verde, melaza, etc, que provea las estructuras carbonadas necesarias para una eficiente actividad fermentativa (Pezo, 1994).

2.4 PRODUCCION SECUNDARIA

2.4.1 RAZAS DE BOVINOS

Se utilizan cruces de razas europeas como Holstein, Pardo suizo, Jersey, etc. con razas cebuínas (CATIE, 1986b). Los híbridos resultantes producen menos leche que animales de razas lecheras, pero conservan la rusticidad, resistencia a enfermedades y desarrollo cárnico de las razas cebuínas (CATIE, 1990).

2.4.2 MANEJO DEL HATO

Los hatos de doble propósito se manejan juntos, es decir que el toro, las vacas en producción, las vacas secas y los novillos (as) pastorean en un solo grupo, con una carga animal promedio de 1.1 UA/ha (CATIE, 1986b; Brenes, 1989). Las vacas son descartadas a los 8-9 años de edad con 4-5 partos y los

toros, a los 7 años de servicio (Brenes, 1989). Los terneros son vendidos al destete a una edad de 6-7 meses; no desarrollan novillos y las novillas son seleccionadas e incorporadas al hato como reemplazos (Brenes, 1989).

La sanidad del hato se limita al control de ectoparásitos 5-6 veces/año y endoparásitos solo en terneros cada 6 meses; vacunación contra Brucelosis en terneras mayores de 3 meses y vacunación en todo el hato con Bacterina doble y triple dos veces por año (Gutiérrez, 1983)

2.4.3 PRODUCCION DE LECHE

La producción promedio en la zona Atlántica es de 3 a 5 kg de leche/vaca/día (Brenes, 1989; Ramírez y Aragón, 1994), utilizando animales de razas cebuínas cruzados con razas Holstein, Pardo suizo y Jersey, en pasturas nativas (CATIE, 1986a; CATIE, 1986b; CATIE, 1990).

La duración de lactancia varía entre 212 y 225 días y el intervalo entre partos, entre 14 y 20 meses (Brenes, 1989). Así se logra una producción promedio entre 600 y 900 kg de leche/-vaca/lactancia (Ramírez y Aragón, 1994).

2.4.4 PRODUCCION DE CARNE

La producción promedio anual de carne está entre 158 y 165 kg/ha (Ramírez y Aragón, 1994; Gutiérrez, 1983). La mortalidad en terneros menores de un año es de 8.4% y en mayores de un año de 1.8% ; los animales de descarte son vendidos de acuerdo a su peso en la subasta pública de Guápiles (Ramírez y Aragón, 1994).

2.4.5 TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS

El manejo tradicional del ganado de doble propósito trae implícito una ampliación del intervalo entre partos, edad al primer servicio y tasa de mortalidad y una reducción en la tasa de natalidad, por lo que resulta determinante disminuir el intervalo entre partos para mejorar los otros índices reproductivos (Carazo, 1986). Al reducir el intervalo entre partos de 15 a 12 meses, que es el ideal, al cabo de cinco años se habrá ganado una cría y una lactancia por vaca (Rodríguez y Pineda, 1975).

El aspecto sanitario es considerado como una limitante en los sistemas de producción de doble propósito, pero puede ser superado mediante desparasitaciones internas y externas, una vacunación adecuada y medidas de higiene, reduciendo el índice de mortalidad en las primeras etapas de vida (Solano, 1986a).

La suplementación mineral recomendada es la sal común con P y Ca ofrecida a libre acceso durante todo el año en una proporción de 2:1 (2 sal: 1 mineral) para superar la eficiencia productiva y reproductiva del hato (Solano, 1986a). Actualmente, no se cuenta con trabajos de mejoramiento genético que digan el genotipo a usar en el doble propósito, sin embargo, la literatura disponible, reporta que la raza Holstein parece exhibir una habilidad combinatoria superior para la producción de genotipos con capacidad de doble propósito en el trópico (Solano, 1986b).

2.5 IMPACTO DE TECNOLOGIAS NUTRICIONALES ALTERNATIVAS EN LA PRODUCCION DE LECHE Y CARNE

Con asociaciones de gramíneas y leguminosas, la producción de leche puede incrementarse en 0.4-0.8 lt/vaca/día, dependiendo del potencial genético de los animales (Morales y Romero, 1993). El uso de pastos mejorados pueden incrementar la carga animal hasta 4 UA/ha obteniendo producciones de hasta 6500 lt/ha/año (Ibrahim, 1994).

CATIE (1994) reporta ganancias de peso de 620 gr/día en novillas de carne en pastoreo (pasto natural + Brachiaria sp) suplementadas con 15 kg/vaca/día de banano verde, comparado con una ganancia de 469 gr/día sólo con pastoreo, logrando un incremento del 32% al usar banano como suplemento.

Utilizando el asocio B. brizantha + A. pintoi con una carga de 2 UA/ha, se han reportado ganancias de peso de 937 kg/ha/año, lo cual es cinco veces mayor que lo reportado para pasturas nativas en las mismas zonas y condiciones ambientales (Gutiérrez, 1983). Suplementando vacas en lactación (con promedio de producción de 6 kg de leche/vaca/día) con niveles de consumo hasta de 2.5 kg MS de Erythrina/vaca/día, es posible generar una producción adicional hasta de 1 kg leche/vaca/día en relación a pastoreo únicamente con pasto ratana (CATIE, 1990).

La suplementación con Erythrina a vacas lecheras alimentadas con dietas basales de caña de azúcar ha demostrado ser una alternativa bioeconómica real al obtenerse producciones diarias de 9.6 lt/vaca/día (Alagón, 1990). En un estudio realizado por Vohnout et al (1974), analizando efectos de la suplementación con melaza y de la carga animal sobre la producción de carne por hectárea, observó que la ganancia de peso/ha/día con una carga de 750 kg de peso vivo (PV)/ha de animales no suplementados fué de 1.0 kg, comparada con 4.4 kg de ganancia de peso/ha/día con una carga de cerca de 2000 kg de PV/ha de animales suplementados con melaza.

Tendencias similares a las descritas con melaza se logran cuando se suplementa con banano verde de rechazo (Vohnout et al, 1974).

2.6 CARACTERIZACION DE FINCAS.

Las fincas de la zona Atlántica tienen diferentes características y por eso pueden responder en forma diferente ante condiciones socioeconómicas y agrobiológicas distintas.

Mediante la caracterización de las fincas se logra describir las unidades productivas, por medio de la captación de información básica en un momento dado, mediante entrevistas o encuestas (Dufumier, 1990). Desde el punto de vista de la investigación agropecuaria los más importantes sub sistemas de una región son las fincas, quienes constituyen el nivel de toma de decisiones para el uso de la tierra (Hart, 1982).

Es necesario tener claro el objetivo de la caracterización para que mediante la información captada en el diagnóstico a través de entrevistas o encuestas, se puedan aplicar los procedimientos estadísticos adecuados para realizar la caracterización. Las técnicas que son comúnmente usadas en la caracterización de fincas son los análisis multivariados (Escobar, 1984).

Entre las técnicas multivariadas se encuentra la técnica de Componentes Principales, la cual fué desarrollada por Pearson (1901) y modificada posteriormente por Hotelling (1933) y el Análisis de Conglomerados (Cluster Analysis) que permite

identificar grupos de fincas similares con base en algunos atributos específicos, con una alta homogeneidad interna y una marcada heterogeneidad entre grupos (Hair et al, 1987).

2.7 OPTIMIZACION DE RECURSOS USANDO PROGRAMACION LINEAL (PL)

En economía agrícola se ha utilizado ampliamente la programación lineal (PL) para determinar la combinación óptima de opciones del uso de recursos, maximizando ganancias para una empresa agrícola, con respecto a un conjunto de recursos fijos. Este tipo de modelo de PL requiere de ciertas especificaciones, tales como: alternativas de las actividades de la finca y restricciones al uso de los recursos; debiendo encontrar un programa de actividades de la finca (conjunto de niveles de actividades) que tenga el mayor margen bruto (dado que la función objetivo es maximizar ingresos netos), pero que no viole ninguna de las restricciones de los recursos fijos o que implique niveles de actividades negativas (Ccama, 1991).

La importancia del uso de programación lineal radica en que mediante ella es posible la asignación óptima de los recursos disponibles, entre las posibles actividades alternativas que se definan para alcanzar los objetivos deseados (Boppel, 1975).

Nicholson et al (1994) desarrolló un modelo de optimización usando la programación lineal en un sistema de producción animal de doble propósito en las tierras bajas húmedas de Venezuela, con el objeto de usarlo en la evaluación de estrategias nutricionales y de manejo en forma alternativa. Determinó el impacto de las alternativas de recursos disponibles en la finca y analizó los cambios en la producción y los beneficios resultantes de cambios significativos en los precios de los productos y costos de los insumos.

La técnica de programación lineal ha sido frecuentemente usada para evaluar aspectos nutricionales de los sistemas de producción animal del trópico, basados en la evidencia de que la nutrición frecuentemente representa la principal limitante para incrementar la productividad y beneficios del sistema (Gutiérrez-Alemán et al, 1986; Franco, 1987; Teizel, 1991).

3. MATERIALES Y METODOS

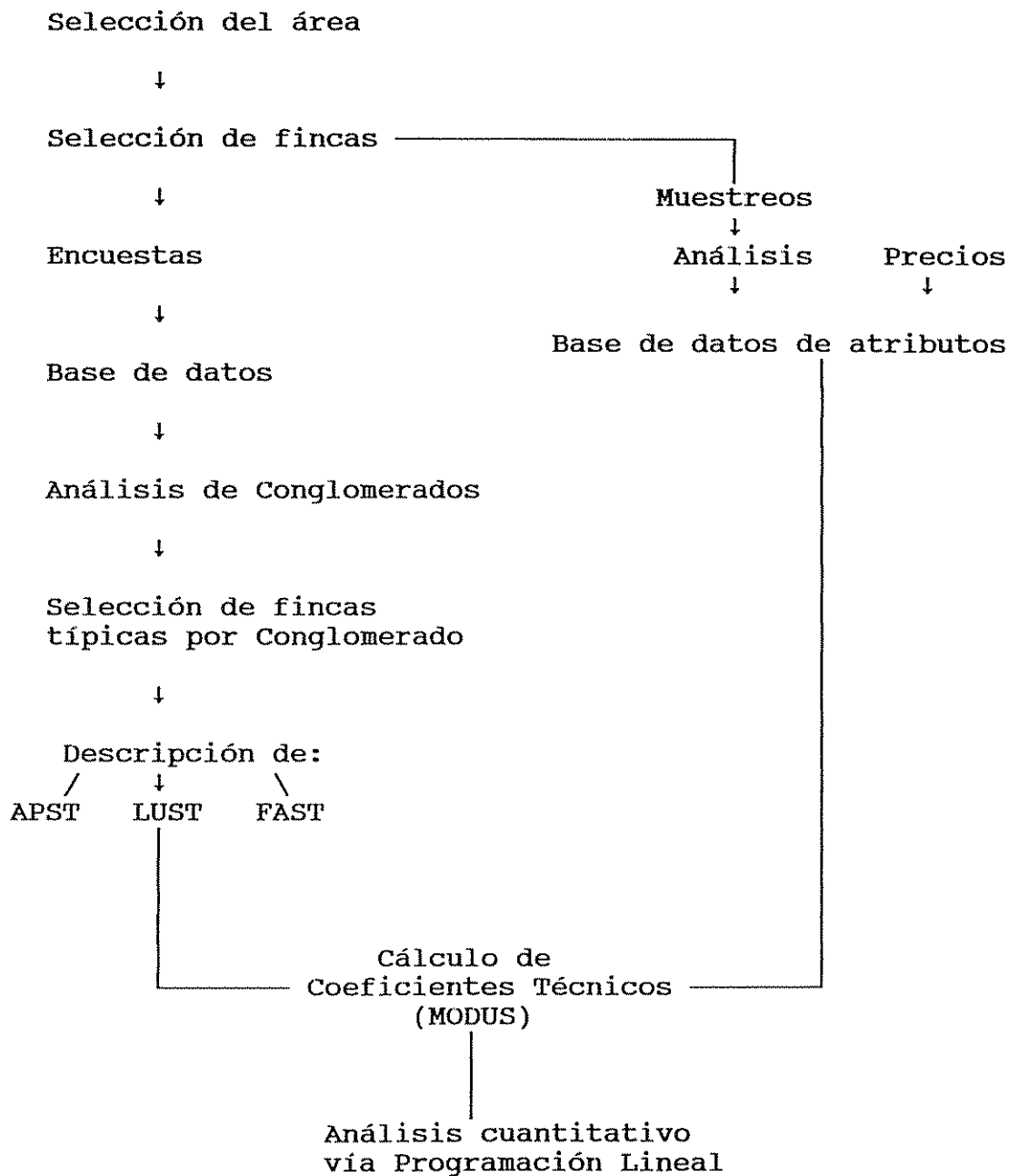


Figura 1. Esquema metodológico.

3.1 SELECCION DEL AREA

Para la realización del presente estudio se seleccionó la parte norte de la zona Atlántica de Costa Rica, por la importancia que representa el sistema de ganadería de doble propósito, en vista de su marcado incremento en los últimos años.

El área de estudio se ubica en la Provincia de Limón (10°13' Lat.N, 83°47' Long. W., Altitud 250 msnm), con una superficie de 4500 km². La zona Atlántica presenta un clima tropical lluvioso, con dos o tres meses de mínima precipitación, que ocurre entre enero y abril, sin embargo no hay meses con un déficit marcado de lluvias. La precipitación anual oscila entre 4000 y 5000 mm (Herrera y Gómez, 1993).

La temperatura promedio anual es de 25°C, la humedad relativa del aire es de 87%; Los suelos son muy variados encontrándose los ordenes: Entisoles, Ultisoles, Oxisoles, Histosoles e Inseptisoles (Soil Survey Staff, 1992).

3.2 SELECCION DE FINCAS

3.2.1 DISEÑO DE ENCUESTA

Durante enero de 1995 se diseñó un modelo de encuesta que sirvió para recopilar información general necesaria para caracterizar las fincas de doble propósito de la Zona Atlántica, dirigida a los ganaderos o encargados del proceso productivo de la finca (Cuadro 1A). Las variables seleccionadas en la estructuración de la encuesta incluyeron los siguientes componentes:

- Aspectos técnicos del manejo de los pastos: especies de pastos, área sembrada, días de pastoreo, días de ocupación, etc.
- Aspectos técnicos en el manejo del hato: inventario de animales, vacunaciones, desparasitaciones, alimentación etc.
- Aspectos productivos: cantidad de leche producida por vaca por día, número de terneros destetados, producción de queso, etc.
- Aspectos reproductivos: porcentaje de pariciones, edad al primer servicio, intervalo entre partos, meses de lactancia, etc.

- Aspectos socioeconómicos: situación familiar, uso de créditos, disponibilidad de mano de obra, otros ingresos, etc.
- Situación de precios de insumos y productos: precios de herbicidas, melaza, banano, leche, terneros, vacas, etc

3.2.2 EJECUCION DE ENCUESTAS

El presente estudio se inició con un diagnóstico de fincas de doble propósito ubicadas en los siguientes sectores de la zona Atlántica: Río Jiménez, Guápiles, Irlanda, Sn. Isidro de Palmitas, Alegría de Siquirres, Florida, Río Frío, Portón Iberia, Astúa Pirie, San Bosco, Fruta Pan, Anita Grande, La Floresta, La Colonia, Sn. Martín de Jiménez, Guácimo, Sta. Rosa, Pocora y Roxana Dos.

Con el objetivo de determinar y cuantificar las características de dichas fincas se encuestó una muestra de 30 fincas, durante los meses de marzo y abril de 1995. Las fincas se seleccionaron al azar, a partir de un listado de fincas facilitado por agentes de extensión del Ministerio de Agricultura y Ganadería en la zona Atlántica. Un técnico extensionista conocido en la zona, acompañaba en cada visita para brindar confianza a los productores durante la entrevista, que tuvo una duración aproximada de una hora.

3.2.3 BASE DE DATOS

La información obtenida en las encuestas se almacenó en una base de datos y las encuestas fueron ordenadas por el nombre del ganadero. Previamente se elaboró, una lista de códigos que contenían todas las variables contempladas en la encuesta, con el objeto de tener constancia escrita que respaldara los códigos usados en la base de datos. En la elaboración de la base de datos se utilizó la hoja electrónica Quattro-Pro, la cual es compatible con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), en el que se manejaron estadísticos descriptivos y análisis de conglomerados (cluster análisis).

3.2.4 ANALISIS DE CONGLOMERADOS

El análisis de conglomerados consiste en un agrupamiento de elementos u objetos (fincas) semejantes entre sí con base en ciertas características. Cuanto más semejantes son las fincas dentro de cada grupo, más diferentes son los grupos entre sí (Ward, 1963).

Esta técnica se utilizó con el objeto de determinar las fincas típicas, representativas del sistema de producción animal de doble propósito de la zona Atlántica.

3.2.4.1 SELECCION DE VARIABLES PRINCIPALES

Para iniciar el análisis, se seleccionaron 17 variables de un total de 178, contenidas en las encuestas y consideradas técnicamente decisivas en la formación de los grupos. Las variables se clasificaron para su análisis en cualitativas y cuantitativas:

■ Variables Cuantitativas:

Area de la finca, Area de pastos naturales, Area de pastos mejorados, Kg. de concentrado/animal/día, Kg. de banano/animal/día, Kg. de melaza/animal/día, Producción de leche/vaca/día, Producción de leche/finca/día, Meses de lactancia promedio, Edad al destete, % de mortalidad de terneros, Edad al primer servicio, Intervalo entre partos, % de pariciones.

■ Variables Cualitativas:

Tipo de control de malezas, Tipo de mano de obra, Fuente de otros ingresos.

3.2.4.2 SELECCION DE FINCAS TIPICAS

Se realizaron diferentes análisis de conglomerados con el objeto de confirmar las variables seleccionadas como principales. En cada uno se realizó un análisis discriminante para validar los grupos de fincas formados (Cuadro 2A).

Con los conglomerados validados, es decir, que no hay señal de un posible reagrupamiento, se procedió a realizar una serie de análisis estadísticos descriptivos para llegar a caracterizar los grupos. La caracterización determina la importancia de los grupos formados. Los grupos más importantes, dan la pauta para hacer un nuevo análisis para encontrar en cada caso la finca típica, usando el siguiente procedimiento:

- Obteniéndose las medias para cada una de las variables cuantitativas (14 variables), por conglomerado, extrayendo del análisis, las variables cualitativas (3).

- Calculándose las diferencias (distancia) de los valores de las variables de cada finca, con respecto al promedio de cada variable por conglomerado (las diferencias fueron manejadas en valor absoluto).

- Calculándose la sumatoria de las diferencias de las variables por cada conglomerado y se dividiéndose cada diferencia individual entre la sumatoria de las diferencias por conglomerado y el resultado se multiplicó por 100 para tener el % de esas diferencias para cada variable.

- Se sumaron los porcentajes de las diferencias de las 14 variables por finca (en cada conglomerado), obteniendo un

valor general que explica en términos de porcentaje, la distancia que cada finca está separada del promedio por conglomerado, seleccionando finalmente aquella finca que presente el menor valor, entendiéndose que ésta es la finca realmente típica y representativa de cada grupo de fincas. En el *Cuadro 3A*, se puede observar en detalle el programa de SAS utilizado para los cálculos de la finca típica.

3.2.5 DESCRIPCION DE ACTIVIDADES

La información generada por las encuestas de las fincas evaluadas y seleccionadas como típicas fue recopilada y almacenada en bases de datos para ser utilizadas en la descripción de las siguientes actividades de la finca: sistemas de uso de la tierra con tecnología definida (LUSTs), sistemas de producción animal con una tecnología definida (APSTs) y suplementos alimenticios (FASTs). Todas ellas, serán analizadas en la metodología del sistema USTED (Uso Sostenible de Tierras En Desarrollo) (Stoorvogel *et al*, 1995).

3.2.5.1 DESCRIPCION DE APSTs

Se construyeron dos APSTs, correspondiendo cada uno a un sistema típico de producción animal de doble propósito en la zona Atlántica. Uno de los APSTs representa las fincas con bajo uso de insumos y el otro, aquellas con alto uso de insumos.

Para la construcción de una base de datos de APSTs primero se determinaron los tipos de operaciones que ocurren en el sistema de producción animal, y se cuantificaron los insumos y egresos por cada operación.

Existen diferentes sistemas de producción animal: engorde, leche, cría y doble propósito. Dentro de cada sistema hay diferencias en tecnologías usadas. Existen operaciones que no son usadas en algunos sistemas (p.e.: ordeñar), pero en general los tipos de operaciones son iguales, y más que todo, los sistemas se distinguen por el tipo de productos y tipo y cantidad de insumos y mano de obra.

En el sistema de manejo de las bases de datos en USTED, MODUS (Stoorvogel et al, 1995), cada operación tiene la siguiente información: código de operación, fecha, duración de la mano de obra (horas), tipo de tracción, tipo de herramienta, cantidad y tipo de material, por cada operación hay dos campos para tracción, herramienta y material (Cuadro 4A).

Los códigos de operación, tracción, equipo, materiales, etc., se basan en el sistema FARMAP (Farm Analysis Package) de la FAO (FAO, 1986).

La estructura de un APST consta de los siguientes componentes:

- **Operación:** Está representada por un número codificado y señala una actividad rutinaria realizada en la finca.

■ **Fecha:** Epoca en que se realiza la operación, comprende el día, mes y año (p.e.: 0/4/84), pero generalmente el día no está especificado, lo cual se expresa mediante un número cero y significa que MODUS lo calcula como uso de mano de obra distribuida en el mes, asumiendo que es usada igualmente en cada día del mes; el mismo caso puede darse para los meses.

■ **Mano de obra:** Número de horas empleadas en realizar una operación.

■ **Tracción:** Es un número codificado que indica la intervención de ayuda mecánica o animal en la realización de una operación (p.e.: animales de tiro, moto guadañas, ordeñadoras, etc.). Es usada por las horas indicadas bajo "mano de obra".

■ **Herramientas:** Es un número codificado del equipo o herramienta utilizado en la operación correspondiente. En cada operación existe capacidad para dos tipos de herramientas (herram1 y herram2), si es necesario más, se describirá la operación tantas veces sea necesario hasta satisfacer la cantidad de herramientas requerida. En éstos casos, se colocará un cero en los demás componentes que ya han sido descritos. Usadas por las horas indicadas bajo "mano de obra".

■ **Cantidad de material:** Es un número que indica la cantidad de un material utilizado en la operación correspondiente.

En cada operación hay capacidad para dos cantidades de materiales, y se maneja igual que el caso de herramientas.

■ **Código de material:** Número codificado que representa el tipo de material usado en la operación.

■ **Unidad de material:** Número codificado que representa la unidad en que se expresan los materiales (p.e.: 1 = kg, 20 = cc, etc.).

■ **Comentario:** Breve descripción de la operación, aclarando algunos detalles que sirven como referencia en cada caso.

Para cada APSTs se definió la composición o estructura del hato y su producción. Se calcularon los requerimientos nutricionales óptimos por hato por día, de acuerdo a las tablas de requerimientos nutricionales del International Feedstuffs Institute (Kearl, 1982) y el National Research Council (NRC, 1989) expresando los nutrientes en términos de Proteína cruda (kg) y Energía metabolizable (Mcal) necesarios para lograr ésta producción y también se calcularon los requerimientos nutricionales mensuales por hato en cada una de las fincas tipo.

Se determinó el mínimo de Fibra detergente neutro consumible por hato y mes, de acuerdo a los límites mínimos de FDN por categoría y peso (Reid et al, 1988; Pezo, 1994). En condicio-

nes de pastoreo, el consumo de materia seca está afectado por tres variables principales: las variables características del animal (peso y raza), la disponibilidad del forraje y el valor nutritivo del mismo (Kleiber, 1961; Blaxter, 1964; Marchi, 1973), pero existe una restricción física y fisiológica que limita el consumo de materia seca a un máximo de 3% del peso vivo del animal (Abreu, 1975).

En cada una de las fincas típicas se calculó el máximo de materia seca (kg) consumible por hato. Para poder tomar en cuenta el efecto de clima, la demanda y la producción de alimentos, los APSTs se describieron mensualmente.

3.2.5.2 DESCRIPCION DE LUSTs

Se construyeron dos LUSTs, correspondiendo uno, a un sistema típico de manejo de pastos con bajo uso de insumos y otro con alto uso de insumos. La estructura de los LUSTs es similar a la de APSTs, los componentes son los mismos, variando la naturaleza de las operaciones, materiales y equipo, ya que son específicos para el manejo de pastos, además todos los cálculos se realizaron por hectárea (Cuadro 5A).

Para cada LUSTs se definió la disponibilidad de forraje (kg de pasto en base húmeda) a ser "cosechado" por el hato en una hectárea por mes, pero antes se ajustó la eficiencia de

utilización de la pastura mediante un Factor de Uso (FU) de los pastos, que para éste caso se consideró de un 50% de acuerdo con los resultados obtenidos en estudios con pastos mejorados y pastos nativos en el trópico húmedo de Costa Rica (González, 1979; Ibrahim, 1989).

Se tomaron en cuenta los criterios pertinentes para una producción sostenible de los pastos, considerando que un FU del 50% es adecuado, pues si la eficiencia de utilización fuese mayor del 50%, provocaría un sobrepastoreo y si fuese menor del 50%, la utilización de la pastura sería mínima en detrimento de la calidad nutritiva de la misma, bajo las condiciones de la zona (Gálviz, 1981; Sierra Posada, 1980).

Tomando en cuenta la estacionalidad en la producción y calidad de las pasturas, se realizaron sendos análisis en la época de menor precipitación (enero-abril 1995) y en la época lluviosa (mayo-diciembre 1995). Se calculó el contenido nutricional en base seca, por hectárea por mes para la disponibilidad de forraje de cada finca en términos de materia seca (kg), fibra detergente neutro (kg), proteína cruda (kg) y energía metabolizable (Mcal), basados en los análisis bromatológicos de las muestras de pastos respectivas.

3.2.5.3 DESCRIPCION DE FASTs

De una manera similar a los LUSTs, se construyeron los FASTs de suplementos alimenticios: melaza, banano y concentrado. Basados en el análisis bromatológico de cada uno de ellos, se establecieron las cantidades de proteína cruda, fibra detergente neutra, energía metabolizable y materia seca contenidos en el banano, melaza y concentrados ofrecidos, para describir la estructura de los FASTs (Cuadro 6A).

3.3 MUESTREO DE PASTOS

Simultáneamente se realizaron muestreos de pastos en 8 fincas, seleccionadas de acuerdo a la fertilidad y drenaje del suelo, determinando los siguientes parámetros de producción primaria: disponibilidad de pastos, composición botánica y calidad de la pastura, realizándose tanto durante la época seca (del 9 al 23 de marzo de 1995) como en la estación lluviosa (del 7 al 31 de julio de 1995).

3.3.1 DISPONIBILIDAD DE PASTOS

La disponibilidad de forraje se determinó usando el procedimiento de doble muestreo conocido como "Método de Rendimiento Comparativo" (Haydock y Shaw, 1975). En cada parcela se seleccionaron 5 muestras reales que representaban niveles cre-

cientes de disponibilidad de fitomasa, las cuales sirvieron de referencia para las muestras visuales (promedio de 90 visuales/potrero), tomadas en los potreros seleccionados siguiendo la dirección de líneas diagonales imaginarias.

Una vez terminada la evaluación de las muestras visuales se cosecharon las muestras reales a 10 cm. del nivel del suelo y se pesaron en fresco. Para la determinación del contenido de materia seca, se tomó una sub muestra por cada muestra real, la que fue secada a 60°C por 72 horas.

Para tener un estimado de la disponibilidad de materia seca, el valor obtenido en las muestras reales se ajustó por la frecuencia de las observaciones visuales, mediante el uso del siguiente modelo de regresión:

$$Z = Y + b(X_r - X_v)$$

donde:

Z = Forraje disponible estimado, g MS por 0.25 m²

Y = Forraje disponible promedio cosechado en las muestras reales, g MS por 0.25 m²

X_v = Promedio de notas de las observaciones visuales

X_r = Promedio de notas de las muestras reales

b = Coeficiente de regresión entre las notas de las muestras reales (X) y el forraje cosechado en las mismas (Y).

3.3.2 COMPOSICION BOTANICA

Para determinar la estimación de la composición botánica se aplicó el "Método de rango en peso seco" ('t Mannetje y Haydock, 1963), incluyendo cinco componentes presentes en la pastura de las fincas estudiadas: Pasto natural, Pasto ratana (Ischaemum ciliare), Otros pastos, Malezas de hoja ancha y Cyperáceas.

Para ésta determinación, en cada parcela estudiada se tomaron un promedio de 90 observaciones. En cada marco (0.5 * 0.5 m) las especies se graduaron (en primero, segundo y tercer lugar) de acuerdo a una estimación visual de su contribución al peso seco total. La composición porcentual de cada especie fue calculada con base en la fórmula propuesta por 't Mannetje y Haydock (1963), la cual se presenta a continuación:

$$Y = 70.19 X_1 + 21.08 X_2 + 8.73 X_3$$

Donde Y es el porcentaje estimado de la especie presente y X_1 , X_2 y X_3 , representan las proporciones de la especie registrada en primero, segundo y tercer lugar, respectivamente.

3.3.3 ANALISIS DE CALIDAD DE LA PASTURA

La calidad de la pastura potencialmente utilizable fue determinada en términos de su contenido de proteína cruda (PC) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Muestras, de aproximadamente 250 g, fueron tomadas el día de ingreso de los animales al potrero, siendo arrancadas a mano, simulando pastoreo ("hand plucking"). Estas muestras fueron tomadas después de observar los sitios donde suele pastorear el ganado y estuvieron formadas en su mayoría por hojas verdes. Las muestras fueron secadas a 60°C por 72 horas y posteriormente molidas en un molino de cuchillas, utilizando una malla de 1 mm de diámetro. El contenido de PC de las muestras se determinó usando la técnica Micro-Kjeldahl (Bateman, 1970) y la DIVMS con el método de Tilley y Terry (1963). También se determinó el porcentaje de materia seca mediante secado de la muestra en horno a 100°C durante 12 horas (Bateman, 1970).

Los constituyentes de la pared celular (FDN) se determinaron por el método del Detergente Neutro, el cual es empleado para determinar fibra total en alimentos de origen vegetal (Bateman, 1970). La energía se calculó en forma de energía metabolizable (EM) mediante la siguiente fórmula (Crampton et al, 1957):

$$EM \text{ (Mcal/kg MS)} = \frac{4.409 * \% \text{ DIVMS} * 0.82}{100}$$

3.4 BASE DE DATOS DE ATRIBUTOS

Paralelamente a la descripción de LUSTs, APSTs y APSTs, se elaboraron en forma independiente, archivos que contienen información necesaria del código correspondiente, detallando: número del código, nombre, precio actual, unidad, cantidad, si está o no incluida la mano de obra y finalmente, una descripción sintética del asunto.

Estos archivos en su conjunto forman la base de datos de "Atributos" (Cuadro 7A) que está disponible en el sistema USTED a través de MODUS (Stoorvogel et al, 1995). Durante el análisis que hace MODUS, las cantidades de cada insumo en los APSTs son combinadas con sus atributos, constituyendo variables de costos, mano de obra, producción, etc.

3.4.1 SONDEO DE PRECIOS

Para la determinación exacta del precio, asignado en la base de datos de atributos, para insumos, materiales y equipo utilizados en las fincas encuestadas, se cotizaron precios actualizados en agro servicios, veterinarias y tiendas agrícolas que funcionan en la zona de estudio.

3.5 METODOLOGIA DEL MODELO DE OPTIMIZACION

Existen diferentes métodos y procedimientos basados en técnicas matemáticas y estadísticas que permiten analizar problemas de optimización de una variable dependiente (Y) influenciada por varias variables independientes (X_1). En éste caso se utilizó la técnica de programación lineal, la cual permite la asignación de recursos productivos en relación al costo. El funcionamiento del modelo opera bajo la metodología del sistema USTED (Uso Sostenible de Tierras En Desarrollo, Stoorvogel et al, 1995), la cual presenta los siguientes supuestos:

- Inelasticidad de precios.
- Indicadores de sostenibilidad.
- Se puede describir la variación en las fincas y suelos por algunos tipos más generales.
- Que las fincas son estables, sin variación en el tamaño y el número.

En ésta metodología, los sistemas de uso de la tierra se dividen en dos grupos: Los que usan directamente la tierra, llamados LUSTs (Land Use Systems under a defined Technology: sistemas de uso de la tierra con una tecnología definida, Jansen and Schipper, 1995) y los que utilizan los productos resultantes de los LUSTs, llamados APSTs (Animal Production Systems at a defined Technology: sistemas de producción animal

con una tecnología definida). Esta división permite describir los sistemas de ganadería en tres actividades básicas:

1. Producción de alimentos (LUSTs: pasto)
2. Suplementos alimenticios (FASTs: Fodder Acquisition Systems: melaza, banano o concentrado)
3. Uso de los alimentos (APSTs: Sist. de prod. animal)

Las tres actividades del sistema se encuentran descritas en diferentes bases de datos. La metodología del modelo utiliza al MODUS como un enlace entre las bases de datos y el modelo de programación lineal, para que éste pueda seleccionar la mejor combinación de LUSTs, FASTs y APSTs con el objeto de maximizar el ingreso neto de la finca, distribuyendo los recursos bajo una serie de restricciones predeterminadas (limitando el uso de mano de obra familiar y contratada, tamaño de finca, costos, etc.)

3.6 ESTRUCTURA DEL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL (PL)

La programación lineal es una técnica matemática que permite optimizar una función objetivo (Justesen, 1965; Chang, 1971; Beneke, 1976). La estructura del modelo de programación lineal utilizada, consta de los siguientes componentes:

- Función objetivo
- Restricciones
- Actividades
- Resultados.

3.6.1 FUNCION OBJETIVO DEL MODELO DE PL

La función objetivo del modelo de programación lineal maximiza el ingreso neto de la finca, restando del ingreso proveniente de la venta de leche y animales, los costos variables por compra de banano, melaza, concentrado, mano de obra propia y contratada y costos generados por el hato.

El ingreso neto fue descontado para tomar en cuenta el costo de oportunidad de los recursos usados en la producción del doble propósito. Los costos del valor de la tierra y establecimiento de los pastos fueron omitidos de la función objetivo, considerando que la actividad productiva de la finca ya estaba establecida.

El horizonte del modelo se determinó para un periodo de doce años considerando que es un período adecuado para la renovación total del hato, en las condiciones y con el manejo de la zona.

Para el cálculo de los costos anuales de los equipos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$C = P \left[\frac{r}{1 - (1+r)^{-t}} \right]$$

donde:

- C = Costos anuales del equipo (monto usado)
- P = Precio actual del equipo
- t = Vida del equipo en años
- r = Interés anual

La función objetivo del modelo se describe mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Goal} = \text{Totincome} - \text{Totcost} - \text{Totyearlab} * \text{Reservewage} - \text{Reglabuse} * (\text{Regwage} - \text{Reservewage})$$

donde:

Goal	= Ingreso neto máximo (Función objetivo)
Totincome	= Total de ingresos
Totcost	= Total de costos (sin incluir mano de obra)
Totyearlab	= Total de mano de obra anual
Reservewage	= Salario de la mano de obra familiar
Reglabuse	= Mano de obra regional usada y calculada por el modelo.
Regwage	= Salario de mano de obra contratada

3.6.2 RESTRICCIONES DEL MODELO DE PL

En la estructura del modelo de programación lineal, las restricciones o limitantes principales son las siguientes:

1. Requerimientos nutritivos ≥ 0

Que los valores del balance de energía, fibra, proteína y materia seca, sean cero o positivos.

2. Tierra sobrante ≥ 0

Que el resultado del balance entre el total de tierra y la tierra usada sea cero o positivo.

3. Sistemas de alimentación elegidos ≥ 0

Que los sistemas de alimentación seleccionados sean cero o positivos.

4. Mano de obra regional usada ≥ 0

Que la mano de obra contratada y calculada por el modelo sea cero o positiva.

5. Balance de mano de obra regional ≥ 0

Que el balance entre la mano de obra disponible fuera de la finca y la mano de obra regional usada sea cero o positivo.

6. Balance de mano de obra total ≥ 0

Que el resultado del balance de la mano de obra total, sea cero o positivo.

7. Balance de la cantidad de animales ≤ 0

Que el resultado del balance entre el número de animales del APST y el número de animales que soportan los LUST sea cero o negativo.

3.6.3 ACTIVIDADES DEL MODELO DE PL

Hay tres tipos de actividades en las fincas típicas: APSTs, LUSTs y FASTs, las cuales han sido descritas a través de una serie de operaciones, por medio de MODUS, se calcula para cada actividad un número determinado de variables (p.e. mano de obra, producción total, ingreso). Estas variables reciben el nombre de "coeficientes técnicos", en la matriz de la programación lineal.

Estas actividades se pueden agrupar en 3 categorías:

- Sistema de producción animal
- Sistemas de producción de pastos
- Sistemas de producción de suplementos alimenticios

Al contrario de las otras actividades, el sistema de producción animal se mantuvo fijo e igual a uno, para optimizar a nivel de finca las mejores opciones dentro de los sistemas de producción de alimentos descritos. Haciendo notar que además de los sistemas de producción de alimentos característicos de las fincas de doble propósito de la zona, se describieron sistemas de producción de pastos mejorados y suplementos utilizados en fincas de lechería especializada, con el propósito de ampliar las opciones al modelo de programación lineal.

Los sistemas de producción de alimentos pueden agruparse de la siguiente manera:

Sistemas de producción de pastos:

- Brachiaria ruziziensis*
- Ischaemum ciliare*
- Complejo de pastos: natural+ratana; alto uso de insumos
- Complejo de pastos: natural+ratana; bajo uso de insumos

Sistemas de producción de suplementos alimenticios:

- Banano verde de rechazo
- Melaza
- Concentrado de vacas lecheras*
- Concentrado de terneras*

* = Sistemas descritos para fincas de lechería especializada.

En cuanto a los sistemas de banano y melaza, se describieron dos de cada uno, variando en cantidad y precio.

Los sistemas de producción de alimentos se detallaron en forma mensual para diferenciar las variaciones estacionales en la producción de nutrientes de los pastos.

Los pastos y suplementos alimenticios fueron descritos en términos de megacalorías de energía metabolizable, kilogramos de proteína cruda, kilogramos de fibra detergente neutro y kilogramos de materia seca.

3.6.4 RESULTADOS DEL MODELO DE PL

Es la última parte del modelo y consiste en informes emitidos por cada escenario planteado, determinando el nombre y ubicación del coeficiente técnico en la matriz del modelo, así como su valor optimizado, estableciendo si es obligatorio u opcional.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 DESCRIPCION DE FINCAS TIPICAS

Concluido el análisis preliminar sobre 17 variables principales, resultaron dos formas alternativas de agrupación de las fincas:

- 1º) Cuando se forman 2 grupos, y
- 2º) Cuando se forman 5 grupos.

Se realizó un análisis discriminante para ambos agrupamientos con el objeto de validarlos, resultando validados estadísticamente ambos conglomerados, sin embargo se seleccionó la segunda alternativa, ya que la primera estaba formado por 29 fincas en un grupo y una sola finca en el segundo, por lo que se alejaba mucho de un agrupamiento observado en la realidad.

Con los cinco grupos, se encontró que el quinto grupo de fincas, estaba formado por una sola finca (atípica), por lo que se probaron dos vías diferentes de análisis:

- 1) Incluir la finca atípica en un grupo con características semejantes.
- 2) Eliminar la finca atípica.

Al incluir la finca en otro grupo, resultaron 4 grupos que fueron caracterizados por medio de estadísticos descriptivos tales como: desviación standard, media, mínimos, máximos, análisis de varianza, pruebas Chi cuadrado y pruebas de Duncan.

Se realizó un nuevo análisis de conglomerados para incluir las 161 variables que no se tomaron en cuenta en el primer análisis, con el objeto de verificar si al incluir las variables ignoradas éstas aportarían otro tipo de información que separara los grupos de fincas de forma diferente a las primeras 17 variables analizadas.

Como resultado se obtuvo una tendencia similar al primer intento de agrupamiento, considerándose innecesario incluirlas en un nuevo análisis pues las variables originales resultaron ser suficientes para explicar la tendencia de los grupos de fincas.

Finalmente se realizó otro análisis con las 17 variables ratificadas como principales, ésta vez eliminando la finca atípica, resultando la misma tendencia de agrupación de fincas en altas (10 fincas), intermedias (4+2 fincas) y bajas productoras (13 fincas).

Luego se procedió a hacer una nueva caracterización utilizando los mismos estadísticos descriptivos: media, desviación

standard, mínimos, máximos, etc. y pruebas como ANDEVA, DUNCAN y Chi cuadrado.

Como resultado de la caracterización, se identificó un primer grupo de fincas (10) con un promedio de producción de leche de 169 kg/finca/día, que es superior a las demás, caracterizado por un alto uso de insumos tales como: herbicidas para el control de malezas (2 veces por año), combustible y mantenimiento de chapiadora mecánica, control sanitario, vacunas, profilaxis e higiene del hato, etc; suplementos alimenticios (banano= 5.7 kg/vaca/día; melaza= 0.27 kg/vaca/día y sal común y minerales).

Un segundo grupo de fincas (13) con un promedio de producción de 55.7 kg de leche/finca/día, inferior al primero, caracterizado por un bajo uso de insumos en la producción tales como: control de malezas con "chapia" una sola vez al año y no usa herbicidas. Y finalmente dos grupos de fincas (4 y 2) que reportaron características intermedias a los dos anteriormente descritos.

De los cuatro grupos formados, se seleccionaron dos grupos por considerarlos a criterio técnico, los grupos de fincas más representativos del sistema de producción animal de doble propósito en la zona Atlántica.

- a) Fincas que utilizan **baja** cantidad de **insumos** en la producción (13 fincas).
- b) Fincas que utilizan **alta** cantidad de **insumos** en la producción (10 fincas).

De los dos grupos formados se seleccionó la finca típica (Cuadro 8A), usando el procedimiento descrito en el acápite 3.2.4.2., utilizando las 14 variables cuantitativas.

En el Cuadro 2, se agrupan las 14 variables analizadas para obtener la finca típica, en términos de LUST, APST y FAST, estableciendo el valor de cada variable en la finca típica y determinando la media, mínimo y máximo (rango) para cada variable por cada uno de los grupos (conglomerados) de fincas seleccionados como representativos de la zona, cuantificando qué tan típicas son éstas fincas desde la perspectiva de un LUST, FAST o APST.

Cuadro 2. Representatividad de fincas típicas, comparadas con la media, mínimo y máximo del conglomerado respectivo.

Var.*	Fca. típica		Promedio		Mínimo		Máximo		
	(BI)	(AI)	(BI)	(AI)	(BI)	(AI)	(BI)	(AI)	
LUST:									
X5	23	33	32.0	46.2	10	9.7	85.0	150	
X10	23	33	2.8	8.4	0	0	23.0	33	
X14	0	0	0.2	4.3	0	0	1.7	19	
FAST:									
X95	0	0	0.03	0.0	0	0	0.4	0	
X96	0	10	0.0	5.7	0	0	0.0	10	
X97	0.2	0.28	0.3	0.27	0	0	1.5	0.5	
APST:									
X114	4.5	5	5.1	5.3	4	4	6.0	7	
X116	60	150	55.7	169.0	26	45	120.0	310	
X117	6	7	5.5	6.6	3	5	7.0	9	
X147	7	7	8.0	8.0	7	6	10.0	10	
X148	17	3	5.3	7.7	0	3	17.0	20	
X150	24	24	29.5	27.0	18	18	48.0	30	
X151	15	14	14.6	13.8	12	12	18.0	15	
X152	34	80	61.5	70.0	33	46	90.0	92	

Fuente: Datos propios, 1996.

(BI)= fincas de bajos insumos; (AI)= fincas de altos insumos
 * = variables principales

Variabes principales, agrupadas por LUST, FAST y APST:

LUST:

X5 : Area de la finca (ha)
 X10 : Area de pastos naturales (ha)
 X14 : Area de pastos mejorados (ha)

FAST:

X95 : Kg de concentrado/animal/día
 X96 : Kg de banano/animal/día
 X97 : Kg de melaza/animal/día

APST:

- X114 : Producción leche/vaca/día (kg)
- X116 : Producción leche/finca/día (kg)
- X117 : Meses de lactancia promedio
- X147 : Edad al destete (meses)
- X148 : Porcentaje de mortalidad de terneros (%)
- X150 : Edad al primer servicio (meses)
- X151 : Intervalo entre partos (meses)
- X152 : Porcentaje de pariciones (%)

4.2 DESCRIPCION DE APSTs

4.2.1 REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS

Los principales requerimientos de energía metabolizable y proteína cruda de cada categoría animal en el hato, se detallan en el Cuadro 3, basados en el peso vivo promedio, estado de gestación (vacas secas), en la producción promedio de leche diaria y en el porcentaje de grasa de la leche, según las tablas de requerimientos del International Feedstuffs Institute (Kearl, 1982) y el National Research Council (NRC, 1989).

Cuadro 3. Cálculo de requerimientos diarios promedio de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).

Categoría de animales **	Peso Vivo promedio (kg)	EM* (Mcal/día)	PC* (gr/día)
Finca bajos insumos			
vacas en producción /a	400	25.5	1289
vacas secas /b	400	17.8	671
terneros 0-1 año /c	100	5.8	739
toro	500	15.9	673
Finca altos insumos			
vacas en producción /d	400	26.1	1325
vacas secas /b	400	17.8	671
novillas 1-2 años /e	225	8.8	502
terneros 0-1 año /c	100	5.8	739
toro	500	15.9	673

* = Según tablas del *International Feedstuffs Institute* (Kearl, 1982) y el *National Research Council* (NRC, 1989).

** = división del hato en categorías según *Nicholson et al* (1994)

/a = producción promedio 7.5 kg/día; 3.5% grasa de leche

/b = mantenimiento, más últimos 3 meses de gestación

/c = ganancia diaria de peso vivo, 500 g

/d = producción promedio 8 kg/día; 3.5% grasa de leche

/e = ganancia diaria de peso vivo, 250 g

Los requerimientos de proteína y energía de vacas en producción en fincas de altos insumos son un tanto superiores a los exigidos en fincas de bajos insumos, tomando en cuenta que la producción de leche en las primeras es de 8 kg/vaca/día y las segundas 7.5 kg.; en ambos casos se destinan 3 kg de leche al amamantamiento del ternero y el resto se comercializa (Cuadros 9-12A).

Se calculó el límite mínimo de fibra detergente neutro (FDN) que debe consumir un animal para el normal funcionamiento del rumen, de acuerdo a su peso y categoría (Reid *et al*, 1988; Nicholson *et al*, 1994).

El menor valor de FDN /100 kg PV corresponde a las vacas en producción (Cuadro 4), ya que sus necesidades de proteína y energía son prioritarias en la producción de leche, tal como lo menciona Pezo (1994), en cambio novillas de 1-2 años y terneros menores de un año requieren cantidades de fibra mayores tomando en cuenta que la fibra favorece el desarrollo de las papilas en el rumen de animales en crecimiento (Cuadros 13 y 14A).

Cuadro 4. Cálculo de requerimientos mínimos diarios de fibra detergente neutro (FDN) por categoría.

Categoría del animal	Peso Vivo kg	Mínimo de FDN por c/100 kg PV	Mínimo FDN/día
Vacas en producción	400	0.13	0.52
Vacas secas	400	0.16	0.64
novillas 1-2 años	225	0.175	0.39
Terneros 0-1 año	100	0.175	0.17
Toro	500	0.16	0.80

Fuente: Adaptado de Reid *et al*, 1988.

Nicholson et al (1994) calcula el consumo de materia seca para un hato de doble propósito, asignando límites de 2.2 a 2.9% del peso vivo/día. Sin embargo, para las condiciones de los pastos de la zona Atlántica, el cálculo de los requerimientos de materia seca se estimó de acuerdo a un consumo máximo por día, del 3% del peso vivo, según Abreu (1975) y Reid et al (1988), como puede verse en el Cuadro 5. Los cálculos del límite máximo de MS por mes y por hato están en Cuadros 15 y 16A.

Cuadro 5. Cálculo de requerimientos máximos diarios de materia seca (MS) por animal.

Categoría del animal	Peso Vivo kg	Máximo de MS (kg) 3% de PV
Vacas en producción	400	12
Vacas secas	400	12
Novillas 1-2 años	225	7
Terneros 0-1 año	100	3
Toro	500	15

Fuente: Adaptado de Reid et al, 1988.

4.3 DESCRIPCION DE LUSTs Y FASTs

4.3.1 PRODUCCION Y COMPOSICION BOTANICA DE LA PASTURA

El rendimiento de pastos en la zona Atlántica, reporta 796 kg MS/ha/mes durante la época de baja precipitación y 1266 kg MS/ha/mes durante la época lluviosa en la finca de altos insumos.

En las fincas de bajo uso de insumos la producción de materia seca en la época lluviosa solo representa un 75% de lo registrado en la finca de altos insumos (Cuadro 6), sin embargo no se observaron diferencias marcadas en la producción de MS en la época de baja precipitación.

Cuadro 6. Disponibilidad estacional de pastos

Finca	Disponibilidad de MS(kg/ha)	
	Epoca seca	Epoca lluviosa
Altos insumos	796.30	1266.30
Bajos insumos	711.75	957.35

Fuente: Datos propios, 1996.

En ambos tipos de finca, la producción de materia seca se considera muy baja para sostener las altas cargas animales, a pesar de que en las fincas de altos insumos se utiliza más herbicidas para el control de malezas.

La baja producción de materia seca puede estar relacionada con la dominancia de especies de baja productividad, como se observa en el Cuadro 7, donde las especies principales de pastos fueron: complejo de pastos naturales (Axonopus sp y Paspalum sp) ocupando un 58% dentro de la composición botánica y el pasto ratana (Ischaemum ciliare) con un 27%.

Es importante notar que éstas especies tienen buena adaptación a suelos marginales o de baja fertilidad, sin embargo sus respuestas a la fertilización y a un manejo adecuado en la rotación de los potreros (Broughman, 1956; Hendy, 1975 y Jones, 1979) es muy baja, debido a que el nivel genético de éstas especies no tienen la capacidad de responder a altos niveles de producción.

Estos datos están soportados por investigaciones realizadas en la zona Atlántica, en las cuales se observa que los pastos naturales o naturalizados (Axonopus, Paspalum, Ischaemum) solamente producen un 50% de la producción de MS registrada para especies de pastos mejorados (CATIE, 1990).

El período de descanso de las fincas de bajos insumos es inferior a 28 días y la carga animal (1.9 UA/ha) sobrepasa el límite promedio (1.1 UA/ha) mencionado por Ibrahim (1994), corriendo el riesgo de sobrepastoreo y degradación de las pasturas a corto plazo.

La baja productividad de las pasturas es considerada como uno de los factores principales en los resultados de baja eficiencia de producción animal en el sistema de doble propósito (Cuadros 17A y 18A).

Después de realizar los cálculos correspondientes a la composición botánica de los pastos, mediante el "Método de rango en peso seco" ('t Mannelje; Haydock, 1963), se determinó que de los cinco componentes presentes en las pasturas, el complejo de pastos naturales (Axonopus sp y Paspalum sp) y pasto ratana (Ischaemum ciliare), predominantes en la zona, ocupan un 85% de la composición botánica en base seca, lo cual representa un incremento del 9% con relación a lo reportado por Gutiérrez (1983), CATIE (1986a) y CATIE (1990).

En el Cuadro 7, también puede apreciarse un 11% de otros pastos identificados como: Cynodon nlemfuencis, Brachiaria ruziziensis, Homolepsis aturiensis y Paspalum virgatum, lo que representa una disminución entre el 9 y 19% de pastos mejorados en la zona en relación a lo mencionado por CATIE (1990). También se determinó un 4% correspondiente a malezas de hoja ancha y cyperáceas.

Este cambio entre la composición botánica observada y la reportada en la literatura percibe un desplazamiento progresivo de los pastos mejorados y naturales en la zona Atlántica,

debido al alto poder de propagación del pasto ratana, gracias a su capacidad para producir semilla y a su poder invasor frente a otras especies ya establecidas, tal como lo menciona Hunter (1987) y Morales (1992).

Sin embargo, Morales (1992) sostiene que aunque actualmente en la zona Atlántica, el pasto ratana ocupe una alta distribución a nivel regional, por el momento los pastos naturales son los que dominan la composición florística.

Cuadro 7. Composición botánica promedio de las pasturas

Especies	% de Composición Botánica en base seca
Pasto Natural (<u>Axonopus sp</u> + <u>Paspalum sp</u>)	58
Pasto Ratana (<u>Ischaemum ciliare</u>)	27
Otros Pastos	11
Hoja Ancha	3
Cyperáceas	1

Fuente: Datos propios, 1996.

4.3.2 CALIDAD DE PASTOS Y SUPLEMENTOS

Las interrelaciones existentes entre el clima, y el valor nutritivo, eficiencia y consumo de los alimentos se emplean para predecir la producción y rendimiento del ganado en el trópico.

Las diferencias en calidad de alimentos, prácticas alimenticias, factores genéticos y condiciones ambientales entre regiones templadas y tropicales son casi siempre causa de variación entre el rendimiento del ganado de zonas templadas y ganado del trópico (Van Soest, 1987)

La calidad de los pastos y suplementos alimenticios cuantificados en las fincas estudiadas (Cuadro 8) y los requerimientos nutritivos de los hatos de doble propósito de la zona Atlántica de Costa Rica fueron elementos determinantes en la elaboración de los coeficientes técnicos usados por el modelo de programación lineal.

Los valores nutritivos de dos tipos de concentrado comercial, melaza, banano y cuatro tipos de pastos tropicales, constituyeron los sistemas de producción de alimentos disponibles al modelo para ser seleccionados en base a la satisfacción de los requerimientos nutricionales del hato y a restricciones del modelo, sin perder la perspectiva de costos dentro del contexto de la función objetivo.

El alza en el costo de la EM y PC de pasto en los meses críticos de la época de baja precipitación (Cuadro 9) es una consecuencia de la reducción en el rendimiento de los pastos durante éstos meses. El efecto de la estacionalidad en la producción de la pradera ha sido descrito en varias oportunidades por Cubillos et al (1975), Toledo y Morales (1979) y otros.

Cuadro 8. Calidad de pastos y suplementos.

Pastos y suplementos	MS%	DIVMS%	PC%	FDN%
Pastos:				
<u>Brachiaria ruziziensis</u>	19.2	66.3	13.3	62.4
<u>Ischaemum ciliare</u>	21.9	61.2	11.9	68.2
Complejo de pastos con bajo uso de insumos:				
natural+ratana	27.3	51.8	9.8	75.0
Complejo de pastos con alto uso de insumos:				
natural+ratana	26.8	64.7	10.1	70.0
Suplementos:				
Banano	21.0	87.6	4.5	3.3
Melaza	73.0	91.0	3.4	0.0
Concentrado de vacas lecheras	87.0	82.2	15.6	41.3
Concentrado de terneras en crecimiento	87.0	85.2	18.9	34.1

Fuente: Datos propios, 1996.

Cuadro 9. Costo por unidad de EM y PC de pastos y suplementos.

Pastos	Rendimiento/ha/año			Costo unitario	
	MS	EM	PC	EM	PC
	(kg)	(Mcal)	(kg)	(¢/Mcal)	(¢/kg)
<u>B. ruziziensis</u>	21062.9	50551.0	2801.3	0.39	7.10
<u>I. ciliare</u>	8778.0	19311.6	1044.6	0.57	10.60
Complejo natural+ratana bajos insumos	13304.8	30601.0	1337.1	0.17	4.00
Complejo natural+ratana altos insumos	10502.8	19430.2	1045	0.13	2.50

Suplementos	EM	PC	Costo unitario	
			EM	PC
	(Mcal/kg MS)	(kg/kg MS)	(¢/Mcal)	(¢/kg)
Banano	3.0	0.045	3.00	201.20
Melaza	3.3	0.034	8.20	791.50
Concentrado de vacas lecheras	3.1	0.189	15.40	251.30
Concentrado de terneras	2.9	0.156	13.90	265.70

Fuente: Datos propios, 1996.

Aunque la producción de biomasa en el trópico está determinada por la distribución y cantidad de lluvia, en el trópico húmedo de la zona Atlántica, la tasa de crecimiento no es uniforme, por lo que es necesario suplir necesidades relativamente constantes de nutrientes con una disponibilidad variable por efectos fuera del control humano.

El uso de alimentos suplementarios como melaza, banano o concentrado, puede ser útil para mantener la producción.

Molina (1973), encontró que suplementando vacas en pastoreo con un concentrado líquido a base de melaza de caña (74%), los animales mostraban incrementos en la producción de leche hasta de 2.2 kg/vaca/día. Estos resultados han sido confirmados por Lazarte (1978) y Villegas (1979), en trabajos realizados en Turrialba, donde se han encontrado aumentos de 14 a 18% en producción de leche cuando se suplementaban vacas en pastoreo con alimentos ricos en almidón.

4.4 CALCULOS CON PROGRAMACION LINEAL

4.4.1 CORRIDA DEL MODELO

La matriz del modelo fue construida en la hoja electrónica del microsoft Excel 5.0, importando los coeficientes técnicos calculados en MODUS e incluyendo las restricciones ya descritas (descripción de los coeficientes técnicos en *Cuadro 19A*).

En la matriz del modelo de programación lineal (PL) se utilizó la herramienta de Excel "*SOLVER*" para optimizar el ingreso neto a nivel de cada finca analizada, en el contexto de las restricciones o condiciones propuestas.

Se corrieron dos escenarios base en el modelo, correspondiendo cada uno a un sistema de ganadería de doble propósito de bajo uso de insumos y otro de alto uso de insumos. En cada caso entraron en juego un total de 76 sistemas de producción de alimentos para ser analizados y cuantificados por el modelo, categorizándolos además como "Obligatorios" (*Binding*) u "Opcionales" (*Not binding*) en la maximización del ingreso neto (*Cuadro 20A*).

En los siguientes acápites se discutirán los resultados del modelo en ambos sistemas, comparándolos y correlacionándolos con lo reportado en la literatura y con la realidad existente en la zona Atlántica.

4.4.2 ESCENARIO BASE DEL SISTEMA DE BAJOS INSUMOS

El objetivo de correr escenarios base fue verificar el funcionamiento del modelo y hacer un análisis crítico en la selección de sistemas alternativos de alimentos y el ingreso neto óptimo, en las condiciones actuales de las fincas.

En ésta corrida se analizó una finca de 23 ha de terreno, con una persona a tiempo completo como mano de obra familiar, dejando abierta la posibilidad de contratar mano de obra regional, sin limitar éste recurso, por lo que se consideró un número alto (20).

El salario de la mano de obra contratada se estimó en ¢200/hora basado en el promedio obtenido en las encuestas y la mano de obra familiar se estableció en ¢67/hora, estimando un 33% del salario de la mano de obra contratada, tomando en cuenta la disposición del finquero de trabajar en su finca.

La carga animal utilizada constituye la máxima carga potencial, físicamente soportable por el terreno, sin llegar al punto de degradación, estimándose en 4 UA/ha. Los coeficientes necesarios para la formulación de éste escenario fueron introducidos directamente desde la matriz del modelo de programación lineal, usando el software Excel 5.0.

Como resultado de ésta corrida, el modelo seleccionó 3.81 ha de pasto Brachiaria ruziziensis y 8.56 ha de una mezcla de pastos natural y ratana. Al hacer el balance de la tierra utilizada se encontró un sobrante de 10.62 ha, considerando en la optimización que las tierras no son convenientes para la

siembra de pastos en un 100% de la finca, señalando las alternativas de suplementos alimenticios, específicamente el banano, durante los meses de la época de baja precipitación (enero-abril), por considerarse una época crítica en la disponibilidad de nutrientes de los sistemas de pastos descritos, sobre todo en lo referente a la energía metabolizable.

Maximizando el ingreso neto con un valor de ₡1,060,626/año. Los sistemas de producción de alimentos seleccionados por el modelo pueden verse en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Optimización de sistemas de alimentación, ingreso neto y uso de la tierra en sistemas de bajos insumos, en la época de menor precipitación (enero-abril).

Escenario Base:

Sistema de alimentación	Unidad	Optimización
Banano	kg/vaca/día	5.40
Pastos:		
<u>Brachiaria ruziziensis</u>	hectáreas	3.81
Complejo de pastos:		
natural+ratana bajos insumos	hectáreas	8.56
Ingreso neto	₡/año	1,060,626
Tierra sobrante	hectáreas	10.62 (46%)

Fuente: Datos propios, 1996.

Los requerimientos de energía del hato, aportados por el banano, dejan en evidencia el déficit de energía en los pastos y pérdidas de peso vivo, durante la época de baja precipitación. El banano verde de rechazo es un recurso energético que por el momento se encuentra disponible en la zona Atlántica, incurriendo solamente en los costos de transporte.

4.4.3 ESCENARIO BASE DEL SISTEMA DE ALTOS INSUMOS

La finca de altos insumos analizada en ésta corrida, posee 33 ha de tierra, con 2 personas a tiempo completo como mano de obra familiar, dejando abierto el límite de la mano de obra regional (20). Al igual que en las fincas de bajos insumos, se estableció un salario de la mano de obra regional estimado en ¢200/hora y la mano de obra familiar en ¢67/hora.

También la carga animal se estimó en 4 UA/ha, estimando una carga animal máxima con el objeto de obtener un balance igual a cero o negativo, cumpliendo con la restricción del modelo descrita en el acápite 3.5.2 (que el "totanimals" o resultado del balance entre el número de animales del APST y el número de animales que soportan los LUST sea cero o negativo), ésta misma restricción debe cumplirse en el escenario de bajos insumos.

También en éste caso, los coeficientes necesarios para la formulación de éste escenario fueron introducidos directamente desde la matriz del modelo de programación lineal, usando el software Excel 5.0. Al correr el modelo, resultaron seleccionadas 10.51 ha de pasto Brachiaria ruziziensis, 5.88 ha de pasto Ischaemum ciliare y 0.86 ha de una mezcla de pastos natural y ratana. En el balance de la tierra utilizada, se reportó un sobrante de 15.75 ha, lo cual significa que solamente 17.25 ha de un total de 33 ha, son óptimas para la producción de pastos.

El modelo selecciona alternativas alimenticias para solventar el déficit de nutrientes generado por la baja calidad nutritiva de los pastos. Seleccionando el sistema de banano, durante los meses de enero, marzo y abril, coincidiendo con la época seca en la zona Atlántica, cuando la disponibilidad de energía de los pastos es una fuerte limitante en la alimentación del ganado. Maximizando el ingreso neto con un valor de ₡1,275,304/año y la cuantificación de los sistemas de producción de alimentos puede verse en el Cuadro 11.

En los meses de baja precipitación es evidente el déficit de energía en los pastos de la finca y el modelo ha encontrado los sistemas económicamente factibles en la optimización del ingreso neto.

Cuadro 11. Optimización de sistemas de alimentación, ingreso neto y uso de la tierra en sistemas de altos insumos, en la época de menor precipitación (enero-abril):

Escenario Base:

Sistema de alimentación	Unidad	Optimización
Banano	kg/vaca/día	3.60
Pastos:		
<u>Brachiaria ruziziensis</u>	hectáreas	10.51
<u>Ischaemumu ciliare</u>	hectáreas	5.88
Complejo de pastos:		
natural+ratana bajos insumos	hectáreas	0.86
Ingreso neto	¢/año	1,275,304
Tierra sobrante	hectáreas	15.75 (48%)

Fuente: Datos propios, 1996.

4.4.4 EFECTO DE LA COMPARACION ENTRE HATOS

Este escenario se concibió con la idea de comparar el comportamiento del hato de bajos insumos en las condiciones de la finca de altos insumos y viceversa (Cuadro 12).

Para calcular los escenarios, se cambiaron los coeficientes técnicos de la finca a comparar: tierra o área de terreno de la finca y Mano de obra de la finca, desde la matriz del modelo correspondiente, dejando fijo el número de animales y sus características.

Se ve que al aumentar la disponibilidad de tierra (33 ha) en la finca de bajos insumos, la tierra sobrante aumenta en la misma proporción, notándose que la selección de tierra para pastos es la misma (12.38 ha) que en el escenario base y también los tipos de pastos seleccionados son iguales. Por lo que el aumento de mano de obra familiar al doble de su capacidad (2 peones) y la tierra disponible en 10 ha. más, no ejerce ninguna influencia en la selección de los sistemas de producción de alimentos.

Cuadro 12. Optimización de un hato de bajos insumos bajo condiciones de finca de altos insumos y viceversa.

Sistema de alimentación	Unidad	Optimización			
		Bajos I.	(%)	Altos I.	(%)
Banano	kg/vaca/día	5.40	0	3.60	0
Pastos:					
<u>B. riziziensis</u>	ha	3.81	0	10.51	0
<u>I. ciliare</u>	ha	0.00	0	5.88	0
Complejo de pastos natural+ratana bajos insumos	ha	8.56	0	0.86	0
Ingreso neto	¢/año	1,060,626	0	1,271,128	0.3
Tierra sobrante	ha	20.6 (62%)	94	5.7 (25%)	63
Nombre	Condiciones de finca				
Tierra	ha	33		23	
Mano de obra familiar	peones	2		1	
Mano de obra disponible a contratar	peones	20		20	
Salario mano de obra contrat.	¢/hora	200		200	
Salario familiar	¢/hora	67		67	
Carga animal	UA/ha	4		4	

Fuente: Datos propios, 1996.

% = % de diferencia con relación al escenario base respectivo.

Por otro lado, el hato de altos insumos en las condiciones de la finca de bajos insumos presenta una tendencia similar al anterior, ya que al disminuir la disponibilidad de tierra a 23 ha., la tierra sobrante disminuye en la misma proporción, manteniendo siempre una utilización de tierra de 17.25 ha. como en el escenario base, también los tipos de pastos seleccionados son iguales.

Entonces, la disminución de la mano de obra familiar a la mitad y la tierra disponible en 10 ha. menos, no ejerce ninguna influencia en la selección de sistemas de producción de alimentos. En cuanto a la sensibilidad en el ingreso neto anual, resultó que en el hato de altos insumos, disminuyó levemente (¢4176/año) al disminuir la disponibilidad de tierra y la mano de obra familiar, en cambio en el de bajos insumos, el ingreso neto permaneció igual.

4.4.5 EFECTO DE LA REDUCCION DEL SALARIO DE LA MANO DE OBRA CONTRATADA

El objetivo que se persigue con éste escenario, es probar la influencia que pueda ejercer una reducción del salario regional a la mitad de su valor actual en ambas fincas, para determinar si la no selección de mano de obra contratada se debe a su elevado costo.

Para calcular los escenarios, se modificó el salario regional en ambas fincas desde la matriz del modelo, cambiándolo a ¢100/hora y luego se corrió el modelo. Como respuesta, en la optimización se observó que en ambas fincas, la reducción del salario regional resulta indiferente, tanto en la selección de sistemas de alimentación como en el ingreso neto, ya que los resultados del modelo se comportan exactamente iguales que en los escenarios base respectivos. La razón se debe posiblemente a que las actividades de la finca son satisfechas con la mano de obra familiar, sin necesidad de contratar peones.

4.4.6 EFECTO DEL INCREMENTO EN EL PRECIO DEL BANANO

El escenario se corrió con el propósito de llegar a determinar hasta que punto el modelo puede optimizar las fincas, seleccionando sistemas de suplementación con banano, si el costo comenzara a subir, sabiendo que hasta el momento el costo de éste recurso recae solo en el valor del transporte, pues el banano de rechazo tiene un costo cero en las plantas empacadoras de la zona Atlántica.

Para ello se probaron tres costos diferentes, manteniendo fijo el precio del transporte, aumentando gradualmente ¢1000, ¢3000 y ¢5000 por tonelada de banano, en cada escenario.

Para el cálculo de los escenarios, se procedió inicialmente a cambiar el precio del banano por tonelada, partiendo desde la base de datos de *atributos* en MODUS, luego se corrió el MODUS contemplando los nuevos precios, posteriormente se *importaron* los coeficientes técnicos de los sistemas de alimentación con banano con los precios nuevos hasta el modelo de programación lineal y finalmente se corrieron los nuevos escenarios, *optimizando* el ingreso neto de las fincas, utilizando como siempre la herramienta del Microsoft Excel, *Solver*.

En los Cuadros 13 y 14, aparecen los resultados de la optimización en cada cambio de precio, cuantificando los sistemas seleccionados. El área de la finca, la mano de obra familiar y regional y la carga animal, son coeficientes técnicos que se mantuvieron constantes e iguales al escenario base, en las tres corridas. En las fincas de bajos insumos (Cuadro 13), se pueden observar los cambios en el sistema de alimentación cuando varía en forma creciente el precio del banano de 1000 a 5000 colones/ton.

Es importante notar que el modelo cambia a otro suplemento alimenticio, en éste caso melaza, donde se recomienda 1 kg/vaca/día, también éste cambio tubo un efecto en el área de pasto Brachiaria ruziziensis en donde se recomienda cambiar de 3.81 a 4.47 ha, en cambio el complejo de pastos cambia de 8.56 a 7.28 ha, ésta reducción se observó que la melaza y Brachiaria

representó opción más barata que el banano a un precio de ¢5000/ton. El precio real actual de la tonelada de banano anda al rededor de los ¢2000, lo cual representa una alternativa atractiva en la época de menos precipitación (enero-abril).

Durante los últimos años se han comenzado a desarrollar nuevas industrias alimenticias con los bananos de desecho (Gerber), lo cual podría tener consecuencias negativas en la producción pecuaria de la zona atlántica.

En el cuadro 13 también se observaron cambios en el sistema de uso de la tierra, donde se puede tener el mismo nivel de producción en un área de finca menor, si se intensifican los sistemas de uso de la tierra utilizando nuevas alternativas como: pasturas mejoradas, asociación de gramíneas y leguminosas, etc (Ibrahim, 1994).

Cuadro 13. Optimización de sistemas de alimentación, ingreso neto y uso de la tierra con la variación del precio del banano, en la época de menor precipitación (enero-abril), en fincas de bajos insumos:

Sist. de alimentación	Precio del banano/ton					
	¢1000	(%)	¢3000	(%)	¢5000	(%)
Banano, kg/vaca/día*	5.40	0	5.40	0	0	100
Melaza, kg/vaca/día	0	0	0	0	1	100
Pastos (ha):						
<u>B. ruziziensis</u>	3.81	0	3.81	0	4.47	17
<u>I. ciliare</u>	0	0	0	0	0	0
Complejo de pastos:						
natural+ratana bajos insumos	8.56	0	8.56	0	7.28	15
Ing. neto	1,054,552	0.5	1,042,406	1.7	1,039,362	2.0
T. sobrante (ha)	10.6 (46%)	0	10.6 (46%)	0	11.2 (49%)	0.6

Fuente: Datos propios, 1996.

% = % de diferencia con relación al escenario base.

* = banano base fresca.

La tierra sobrante fue entre 10.6 y 11.2 ha lo cual significa que cuando se optimiza el uso de los recursos de alimentación se puede lograr el mismo nivel de producción (leche y carne) con solo un 51 a 54% del área total de la finca (23 ha).

La tierra sobrante tuvo un aumento leve al aumentar el precio del banano a ¢5000/ton y esto puede estar relacionado

con una mayor área de pastos mejorados, lo cual permite una carga animal más alta.

Cuadro 14. Optimización de sistemas de alimentación, ingreso neto y uso de la tierra con la variación del precio del banano, en la época de menor precipitación (enero-abril), en fincas de altos insumos:

Sist. de alimentación	Precio del banano/ton					
	¢1000	(%)	¢3000	(%)	¢5000	(%)
Banano, kg/vaca/día*	3.6	0	3.6	0	0	100
Melaza, kg/vaca/día	0	0	0	0	0.9	100
Pastos (ha):						
<u>B. ruziziensis</u>	10.51	0	10.51	0	10.68	1.6
<u>I. ciliare</u>	5.88	0	5.88	0	6.05	2.9
Complejo de pastos: natural+ratana bajos insumos	0.86	0	0.86	0	0.52	40
Ing. neto	1,264,548	0.8	1,243,037	2.5	1,234,052	3.2
T. sobrante (ha)	15.7 (48%)	0	15.7 (48%)	0	15.7 (48%)	0

Fuente: Datos propios, 1996.

% = % de diferencia con relación al escenario base.

* = banano base fresca

En una finca de altos insumos (Cuadro 14), selecciona menos banano y un nivel de melaza un poco menor, porque hace un uso más eficiente de los pastos mejorados, el modelo seleccionó un 32% del área de la finca (33 ha), para la siembra de pasto Brachiaria ruziziensis, el cual puede soportar hasta 4 UA/ha

(Villalobos, 1979). La tierra sobrante fue de un 46 a 49% lo cual tiene las mismas consecuencias ya discutidas para las fincas de bajos insumos. El modelo continúa seleccionando los mismos sistemas de alimentación que en el escenario base, en ambos tipos de finca, demostrando que para las fincas de la zona Atlántica resulta óptimo el continuar suplementando con los sistemas de banano descritos, aún cuando éstos incrementen su precio hasta ¢3000 por tonelada.

Al mismo tiempo, se observa que la tendencia de ambos tipos de finca sigue siendo la misma en cuanto al uso de los sistemas de pastos, ya que las deficiencias de energía en la época de baja precipitación, todavía resulta económicamente factible suplirlas con banano, aún cuando el costo por tonelada se eleve a ¢3000, posiblemente, debido al pobre aporte de energía de los sistemas de pastos descritos y a su elevado costo de manejo con relación al banano.

Evidentemente, el balance de la tierra utilizada continúa comportándose igual con un precio de hasta ¢3000/ton de banano, sobrando respectivamente, la misma cantidad de tierra en ambos sistemas de finca. El ingreso neto óptimo, tiende a reducirse proporcionalmente al aumento de precio en los sistemas de banano. Cuando se incrementó el precio del banano hasta ¢5000/ton, el comportamiento del modelo experimentó cambios drásticos en la selección de sistemas de alimentación, enfocán-

dose hacia otras fuentes de suplementos energéticos, especialmente los sistemas de melaza durante los meses de enero, marzo y abril, en ambos tipos de finca. Además, con éste nuevo precio del banano, el modelo realiza una redistribución de las áreas de pastos de las fincas de altos insumos, incrementando las áreas de los sistemas con mayores nutrientes a un menor costo por unidad, resultando al final del balance, igual área de tierra utilizada que en el escenario base.

En cambio, al hacer el balance de tierras en las fincas de bajos insumos, se observó una reducción de 0.62 ha de pasto, distribuidas en los pastos B. ruziziensis y el complejo de pastos, ya que posiblemente a éstas fincas que utilizan una mínima cantidad de insumos, les resulte económicamente mejor, comprar melaza que invertir en el manejo de los pastos. Con éste último precio, también se observó una reducción proporcional del ingreso neto en ambos tipos de finca.

4.4.7 EFECTO DE LA REDUCCION EN EL INDICE DE BIOCIDAS

El índice de biocidas está considerado como un indicador de sostenibilidad de los sistemas agropecuarios en la metodología del sistema USTED (Jansen et al, 1995). Para realizar el cálculo de éste escenario, se procedió a ingresar a la base de datos de atributos en el archivo "Bioc.dat" para importar el

valor resultante del índice de biocidas calculado en base a la siguiente ecuación:

$$BILU_L = \frac{1}{Y} \sum_{a=1}^n \sum_{b=1}^m A_{L,a,b} * AI_b * TOX_b * DUR_b$$

donde:

- BILU_L = índice de biocidas del LUST L.
- Y = duración en años del LUST L.
- n, a = número de aplicaciones de biocidas desde a = 1 hasta n, en el LUST L.
- m, b = número de biocidas usados en la aplicación, desde b = 1 hasta m, en el LUST L.
- A = cantidad de fórmula comercial de biocida a en una aplicación a.
- AI = fracción del ingrediente activo en la fórmula comercial del biocida b.
- TOX = indicación de la toxicidad del biocida b, descrita en el código WHO (Cuadro 15).
- DUR = indicación de la persistencia de la toxina del biocida b en el sistema.

Cuadro 15. Valores de parámetros de toxicidad para calcular los índices de biocidas, en relación al código WHO.

Código WHO	Descripción	Parámetro de toxicidad
Ia	<i>extremadamente peligroso</i>	7
Ib	<i>altamente peligroso</i>	5
II	<i>moderadamente peligroso</i>	3
III	<i>escasamente peligroso</i>	1

Fuente: Jansen et al, 1995.

Al calcular el índice de biocidas para el escenario base de cada tipo de finca, se obtuvieron los siguientes valores: 77.8 para las fincas de bajos insumos y 296.79 para las de altos insumos. Se optimizaron éstos modelos con uso de biocidas sin restricción alguna (en un 100%). Luego, se procedió a reducir en un 50% el uso de biocidas a nivel de restricciones del modelo, resultando valores de 38.9 para bajos insumos y 148.4 para altos insumos. Finalmente se optimizaron los escenarios, resultando los valores mostrados en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Optimización de sistemas de altos y bajos insumos, al reducir en un 50% el índice de biocidas.

Sistema de alimentación	Bajos insumos		Altos insumos	
	(%)	Bioc-50%	(%)	Bioc-50%
Banano, kg/vaca/día*	548	35	358	16.5
Concentrado, kg/v/día	0	0	100	0.88
Pastos (ha):				
<u>B. ruziziensis</u>	50	1.91	40	6.34
<u>I. ciliare</u>	0	0	77	1.35
Complejo de pastos:				
natural+ratana bajos insumos	43	12.27	1010	9.55
Ingreso neto (¢/año)	6	995,121	89.7	1,130,815
Tierra sobrante (ha)	10.62	8.82	0	15.75

Fuente: Datos propios, 1996.

% = % de diferencia con relación al escenario base respectivo.

* = banano base fresca

En la optimización, se produce nuevamente una selección de sistemas de banano como alternativa energética durante la época de baja precipitación en ambos sistemas. Sin embargo se observa que en el sistema de altos insumos se seleccionan además del banano, sistemas de concentrado con un 18.9% de proteína cruda durante la época crítica, éste fenómeno podría ser una consecuencia de la redistribución de las áreas de pastos seleccionadas, donde se establece una marcada reducción en la selección de áreas de pastos mejorados que utilizan biocidas, como el pasto B. ruziziensis, el que paralelamente reporta hasta un 14.2% de Proteína cruda.

El modelo seleccionó preferentemente los sistemas de pastos que no utilizan biocidas, en ambos tipos de finca, sin embargo, su calidad nutritiva es inferior al pasto Brachiaria ruziziensis. Haciendo el balance de la tierra utilizada se encontró que en las fincas de altos insumos el área de pastos se mantiene constante, variando solamente en la distribución de las mismas. En cambio las de bajos insumos, a pesar de conservar la misma tendencia, utilizan adicionalmente 1.81 ha de pastos sin biocidas, por lo que la tierra sobrante, se reduce con relación al escenario base en un 17%.

Los cambios experimentados dejan al descubierto una reducción evidente del ingreso neto en ambas fincas, producto del gasto incurrido en la compra adicional de suplementos como

banano y concentrado, para solventar el déficit de energía y proteína de los sistemas, al reducir el área de pastos mejorados.

4.4.8 EFECTO DE LA VALORIZACION DE LA TIERRA SOBRANTE

El objetivo de éste escenario consistió en adjudicar un valor a la tierra sobrante, para verificar en cierta medida la rentabilidad de la actividad productiva, comparada con el ingreso generado por la renta de las tierras ociosas de la finca. Se estimó un valor promedio de ₡75000/ha/año, basado en información sobre renta de tierras en la zona Atlántica, obtenida de los finqueros de la zona en estudio. El procedimiento para calcular el escenario consistió en modificar la fórmula del Ingreso neto, siendo agregados ₡75000 por cada hectárea de tierra que sobre, de ésta forma, se estaría evaluando indirectamente la rentabilidad de la actividad productiva en cada sistema de finca.

La finca de altos insumos mantiene una tendencia constante en el uso de la tierra, comportándose igual a su escenario base en cuanto a la selección de los sistemas de alimentos, parece ser que la actividad productiva es igual o más rentable que el estímulo económico por la tierra sobrante (Cuadro 17). En cambio la de bajos insumos deja sobrante 0.63 ha adicionales para mejorar su ingreso neto con la renta de tierra.

Cuadro 17. Valorización de la tierra sobrante

Sistema de alimentación	Bajos insumos		Altos insumos	
	(%)	Tierra ¢75000	(%)	Tierra ¢75000
Banano, kg/vaca/día*	3.7	5.6	0	3.6
Pastos (ha):				
<u>B. ruziziensis</u>	4.7	3.99	0	10.51
<u>I. ciliare</u>	0	0	76.7	1.35
Complejo natural+ratana bajos insumos	26	6.34	0	0.86
Complejo natural+ratana altos insumos	100	1.41	0.00	0.00
Ingreso neto (¢/año)	79	1,899,155	8	2,456,554
Tierra sobrante (ha)	6	11.25	0	15.75

Fuente: Datos propios, 1996.

% = % de diferencia con relación al escenario base respectivo.

* =banano base fresca

4.4.9 EFECTO DE LA REDUCCION EN LA CARGA ANIMAL

Para el cálculo de éste escenario se procedió a modificar el valor de la carga animal, inicialmente fijado en 4 UA/ha, reduciéndolo a 2.5 UA/ha para ambos tipos de finca, cambiando éste coeficiente directamente desde la matriz del modelo.

El objetivo de reducir la carga animal fue el de obligar al modelo a hacer un uso máximo de la tierra disponible, haciendo un uso más sostenible de las pasturas, evitando la

compactación y degradación del suelo y por otro lado, para probar si el uso de los sistemas de pastos, logra reducir la dependencia de los suplementos alimenticios (banano, melaza y concentrados). Al correrse el modelo, la optimización resultante muestra que una reducción en el ingreso neto de ambos tipos de finca, es probablemente originada por el alto costo de los sistemas de producción de pasto, cuya utilización se obliga, tomando en cuenta que el número de unidades animales permanece constante.

En el Cuadro 18, se observa en ambos casos, una reducción en el uso de los sistemas de banano durante la época seca y por otro lado, un incremento en el uso de sistemas de pastos, sobre todo de pasto ratana, probablemente por su bajo costo de manejo.

Cuadro 18. Reducción en la carga animal

Sistema de alimentación	Bajos insumos		Altos insumos	
	(%)	Carga Animal 2.5 UA/ha	(%)	Carga animal 2.5 UA/ha
Banano, kg/vaca/día*	16.7	4.5	16.7	3.0
Pastos (ha):				
<u>B. ruziziensis</u>	10.5	3.41	6.1	9.87
<u>I. ciliare</u>	100.0	6.93	194.0	17.05
Complejo natural+ratana bajos insumos	1.3	8.45	21.0	0.68
Ingreso neto (¢/año)	6.8	988,405	88.3	1,149,185
Tierra sobrante (ha)	17	8.82	0	15.75

Fuente: Datos propios, 1996.

% = % de diferencia con relación al escenario base respectivo.

* =banano base fresca

4.5 DISCUSION GENERAL

La tierra sobrante, de más del 40% del área total, en la mayoría de los escenarios descritos, es un claro indicador que gran parte de las tierras de las fincas de la zona Atlántica no poseen vocación de pastizal. En muchos de los casos, las políticas socioeconómicas de los gobiernos, han tendido a promover la apertura del bosque para la actividad ganadera, independientemente de su uso apropiado, el cual es usualmente el manejo del bosque o la protección de las cuencas. El uso actual de la tierra en pastizales, raramente coincide con la capacidad de uso de la tierra. Los resultados del presente

estudio muestran que los cambios de tecnología en el manejo de los sistemas de alimentación del hato, pueden llegar a representar cambios importantes en el uso de la tierra en la zona Atlántica.

Dentro del contexto de la ganadería tropical moderna, se pretende incrementar la producción de leche y carne, intensificando la productividad del sistema sin perder de vista la conservación de los recursos naturales.

En ése sentido, tecnologías alternativas como el uso de pastos mejorados, asociaciones de pastos y leguminosas y el uso de árboles integrados en sistemas silvopastoriles, pueden llegar a incrementar el ingreso neto de las fincas. Pastos como el Brachiaria ruziziensis, tienen la capacidad para soportar de 3.5 hasta 4 UA/ha (Villalobos, 1979), solo en un 15 a 30% del total del área de las fincas estudiadas.

También el establecimiento de bancos de poró, cosechados cada cuatro meses han demostrado, la capacidad de producir en forma sostenida 30 toneladas de materia seca comestible, equivalente a 6 toneladas de proteína cruda por hectárea por año. Estas producciones por hectárea durante un año, permitirían suplementar con un tercio de la proteína requerida a 49 vacas de 400 kg de peso vivo que producen 8 lt de leche/día (Pezo et al, 1991).

Finalmente, la metodología de descripción cuantitativa de los sistemas estudiados, permite conocer a fondo las debilidades del sistema, para llegar a sugerir propuestas de técnicas alternativas que logren a largo plazo, incrementar el beneficio neto por hectárea de las fincas de doble propósito de la zona Atlántica, conservando los recursos naturales.

5. CONCLUSIONES

- A nivel ilustrativo, la programación lineal puede funcionar como técnica de análisis cuantitativo en las descripciones de fincas ganaderas de doble propósito, usando la metodología del sistema USTED.
- El sistema de finca de altos insumos refleja siempre un ingreso neto superior, condicionado a la necesidad del uso de suplementos alimenticios como banano, melaza o concentrados.
- El uso de banano verde de rechazo, como suplemento energético, es una posibilidad real para solventar el déficit de energía observado en los sistemas de producción de pastos de las fincas de la zona Atlántica durante los meses de baja precipitación.
- Los sistemas de alimentación de banano, hasta ahora disponibles, pueden convertirse a mediano plazo en una limitante para la producción de los sistemas de doble propósito estudiados, si dicho recurso comienza a experimentar un alza significativa en su precio.
- La rentabilidad de los sistemas de doble propósito de bajo uso de insumos estudiados, resulta cuestionable cuando

al ser optimizados, el modelo prefiere seleccionar tierra sobrante disponible para ser rentada en vez de dedicarse a la actividad productiva.

- La disminución de un 50% en el uso de biocidas, representa una reducción entre 6 y 11% del ingreso neto de las fincas estudiadas, cifra que refleja una primera aproximación del impuesto que cuesta la sostenibilidad del sistema.
- La variación en el precio de los suplementos, afecta la distribución de la tierra para la producción de pastos y puede tener consecuencias en el uso de la tierra a nivel de la zona Atlántica.
- El modelo demuestra que es posible lograr los mismos niveles de producción en un área reducida con solo el establecimiento de un 20% del área con pastos mejorados, reduciendo las cantidades de banano como suplemento.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar en el futuro, investigaciones similares en otros sistemas de producción animal, en diferentes regiones para continuar perfeccionando el uso de ésta metodología a nivel de finca, sub región y región hasta llegar a validar el modelo.
- Profundizar en los indicadores de sostenibilidad de los sistemas de producción animal, realizando investigación básica para la determinación del balance de nutrientes, que sustente las descripciones cuantitativas analizadas por el modelo de programación lineal.
- Utilizar las tierras sobrantes, no aptas para la siembra de pastos, como zonas de reforestación, siembra de árboles maderables, bosque manejado, establecimiento de un banco de proteína o siembra de cultivos agroforestales, que contribuyan a restaurar en cierta medida las tierras degradadas por la erosión y el sobrepastoreo.
- Describir otros sistemas de producción de alimentos alternativos, que ya se estén utilizando en la zona, tales como: asociaciones de pastos mejorados con leguminosas (Brachiaria brizantha y Arachis pintoi) y el uso de árboles forrajeros como banco de proteína o energía.

7. BIBLIOGRAFIA

- ABREU, M.P. 1975. Simulación de crecimiento y performance reproductiva en vaquillonas de primero y segundo entore. In Sistemas de Producción Pecuaria: Principios y Aplicación de Investigación y Extensión. H. Caballero D. (Ed.). Montevideo. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones No. 63. p. 39-48.
- ALAGON, G. 1990. Comparación del poró (Erythrina poeppigiana) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento de vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar (Saccharum officinarum). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. 145 p.
- ALDANA, C. 1990. Productividad y rentabilidad en sistemas de producción de leche en Colombia. Coyuntura Agropecuaria 7(2):81.
- ALVAREZ, F.J. 1980. Utilización de la caña de azúcar como forraje para la producción de leche y carne bovina en el trópico. Simposio Técnicas Modernas de Producción Animal en el Trópico. Tegucigalpa, Honduras. p. 18.
- ALVAREZ, F.J. 1986. Sistemas de producción bovina de doble propósito en el trópico mexicano. In Panorama de la ganadería de doble propósito en la América Tropical. L. Arango N., A. Charry, R. Vera (eds). Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 45-58.
- AMADOR, A.J. 1990. Programa nacional de la ganadería bovina de carne. San José, C.R., SEPSA. 52 p.
- ARAGON, C. 1992. Sistemas de producción bovina en la zona atlántica de Costa Rica con énfasis en los cantones de Pococí y Guácimo. Atlantic Zone Programme. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Field report No. 27. 47 p.
- BATEMAN, J.V. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. México, D.F., Herrero. 468 p.
- BENEKE, R. 1976. Linear programming applications to agriculture. Iowa, EE.UU., State University Press. 239 p.
- BLAXTER, K.L. 1964. Metabolizable energy and feeding systems for ruminants. Proceedings of the Nutrition Conference for Feed Manufacturers. London, Butterworth.

- BOPPEL CABRERA, A. 1975 Análisis y plan de producción de una empresa agrícola aplicando el método de la programación lineal. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos Guatemala 141 p.
- BRENES, M. 1989. Práctica realizada sobre el manejo y desarrollo integral de la hacienda La Rosalía, Guácimo, Limón. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. UCR. Costa Rica. 136 p.
- BROUGHMAN, R.W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Australian Journal of Agricultural Research 7(5):337-387.
- CAMERO, A.; VASQUEZ, R.; ALAGON, G.; KASS, M.; ROMERO, F. 1993. Uso de Erythrina poeppigiana como suplemento a forrajes con bajo contenido protéico. In S.B. Westley y M.H. Powell (eds), Erythrina in the new and old worlds. NFTA, Paia, Maui, Hawaii. 231-236 p.
- CARAZO, X. 1986. Efecto de los índices reproductivos: intervalo entre partos y edad al primer parto. In Algunas consideraciones sobre la producción de ganado de doble propósito en el istmo Centroamericano. p.11-23. CATIE, Turrialba, C.R. (Serie Técnica. Informe Técnico, CATIE; No. 111).
- CATIE. 1981. Informe semestral de progreso, Julio-Diciembre, 1980. Proyecto de investigación aplicada en sistemas de producción de leche para campecinos de limitados recursos del istmo centroamericano. Convenio ATM/SF-1695-RE-CATIE-BID. Turrialba, Costa Rica. 170p.
- CATIE. 1983. Aspectos nutricionales en la producción de leche. Compilación de documentos presentados en actividades de capacitación. Vol. 1. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE/BID. 1983. Investigación aplicada en sistemas de producción de leche. Informe técnico final del proyecto CATIE/BID. Turrialba, Costa Rica. 155 p.
- CATIE. 1986a. Descripción y prueba de una alternativa de producción animal para pequeñas fincas del parcelamiento de Cariari, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico No. 104, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. 1986b. Diseño y prueba de una alternativa tecnológica para los sistemas mixtos de producción de Guácimo Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico No. 108. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

- CATIE. 1987. Proyecto de desarrollo de tecnologías apropiadas para producción de leche y carne bovina en un sistema de doble propósito en el trópico centroamericano. Propuesta presentada al Banco Interamericano de Desarrollo, BID. Departamento de producción animal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 71p.
- CATIE. 1990. Sistemas silvopastoriles para el trópico húmedo bajo. Primer informe anual segunda fase. MAG-IDA-CATIE/-CIID. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 170p.
- CATIE. 1994. Sistemas silvopastoriles para el trópico húmedo. Primer informe anual tercera fase. CATIE/CIID. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 52p.
- CCAMA, F. 1991. Herramienta de análisis de aspectos económicos: El caso del modelo sectorial. In perspectivas de la investigación agropecuaria para el altiplano. L. Argüelles y R.D. Estrada (eds). Lima, Proyecto de Investigación en Sistemas Agropecuarios Andinos, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. p. 67-86.
- CHANG, A. 1971. Métodos fundamentales de economía matemática. Buenos Aires, Argentina, Amorcortu editores. 801 p.
- CONRAD, J.; SIMPSON, J. 1992. Intensificación de los sistemas de producción ganadera en América Central: Por qué y Cuándo. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences. International working series paper, IW92-9. 18 p.
- CRAMPTON, E.W.; LLOYD, L.E.; MACKOY, V.G. 1957. The caloric value of TND. Journal Animal Science. 16:541.
- CUBILLOS, H.; VOHNOUT, K.; JIMENEZ, C. 1975. Sistemas intensivos de alimentación del ganado en pastoreo. En El potencial para la producción de ganado de carne en América tropical. CIAT. Cali, Colombia, Serie CS-10. 215-241.
- DUFUMIER, M. 1990. Importancia de la tipología de unidades de producción agrícolas en el análisis de diagnóstico de realidades agrarias. In: Escobar, G.; Berdegue, J. (Eds.). Tipificación de sistemas de producción agrícola. Santiago, Chile. RIMISP/GIA. p. 13-43.
- EDELMAN, M. 1985. Extensive land use and the logic of the latifundio: A case study in Guanacaste province, Costa Rica, Human Ecology, vol. 13, No. 2. 153-185.

- ESCOBAR, G. 1984. La caracterización de sistemas de producción en la metodología de generación de tecnología apropiada: Conceptos y criterios de ordenamiento. CATIE. Turrialba, C.R. 30 p.
- FAO. 1986. FARMAP: The FAO farm analysis package user's manual. Volume III, Appendix B. Full code list. FAO, Rome, 72 p.
- FRANCO, M.A. 1987. Prototipo de unidad familiar, Carimagua, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- GALVIZ DOMINGUEZ, L.C. 1981. Comportamiento de una pradera naturalizada por efecto del período de descanso y la presión de pastoreo en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 113 p.
- GONZALES RODRIGUEZ, M.C. 1979. Comportamiento de praderas de baja productividad bajo los efectos del período de descanso, presión del período de descanso, presión de pastoreo y fertilización fosfatada. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 105 p.
- GUILLEN, C. 1983. Análisis de sistemas de producción predominantes en pequeñas fincas ganaderas en cuatro regiones de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 119p.
- GUTIERREZ, W. 1983. Caracterización de los sistemas predominantes con énfasis en el componente bovino, en fincas familiares de Cariari y Monteverde, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE. 120 p.
- GUTIERREZ-ALEMAN, N.; De BOER, A.J.; HART, R.D.; KEHRBERG, E.W. 1986. A bioeconomic model of small-ruminant production in the semiarid tropics of the northeast region of Brazil: Part 2- Linear Programming applications and results. Agricultural Systems, 19:55-66.
- HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. 1987. Multivariate data analysis with readings. 2 ed. New York, Macmillan. 449 p.
- HART, R.D. 1982. An ecological systems conceptual framework for agricultural research and development. In Readings in farming systems research and development. Ed. by W.W. Shanner, P.F. Philip, W.R. Schmehl. Colorado, Colorado State University. p. 44-58.

- HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal Experimental Agricultural & Animal Husbandry.15:-663-670.
- HAYMAN, R.H. 1974. Formación de la raza Cebú lechera australiana. Revista mundial de zootecnia. 11:31-35.
- HENDY, K. 1975. Review of natural pasture and their management problems on the north coast of Tanzania. East African Agricultural and Forestry Journal 41(1):52-57.
- HERRERA, W.; GOMEZ, L.D. 1993. Mapa de unidades bióticas de Costa Rica. Instituto Geográfico de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- HOLMANN, F. 1992. Costos de producción de leche y carne, inversión de capital y competitividad en fincas de doble propósito en cinco regiones de Nicaragua. Comisión Nacional de Ganadería. Managua, Nicaragua. 48 p.
- HOTELLING, H. 1933. Analysis of a complex as statistical variables into principal components. Journal of Education and Psychology (India) 24:417-441, 498-520.
- HUNTER, J. R. 1987. Some observations on Ischaemum indicum a recent aggressive introduction to Costa Rican pastures land. Turrialba 37:71-76. Turrialba, Costa Rica.
- IBRAHIM, M.A. 1989. Response of dwarf elephant grass (Pennisetum purpureum Schum) to different frequencies and intensities of grazing in the humid zone of Guápiles, Costa Rica. Thesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 123 p.
- IBRAHIM, M.A. 1994. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic Zone of Costa Rica. Doctoral thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands. 129 pp.
- JANSEN, D.M.; SCHIPPER, R.A. 1995. A static, descriptive approach to quantify land use systems. Netherlands Journal of Agricultural Science. 43:31-46.
- JANSEN, D.M.; STOORVOGEL, .J.J; SCHIPPER, R.R. 1995. Using sustainability indicators in agricultural land use analysis: an example from Costa Rica. Netherlands Journal of Agricultural Science. 43:61-82.
- JARVIS, L. 1986. Livestock development in Latin America. World Bank. Washington D.C. 214 p.

- JOENJE, M. 1995a. A cost-benefit analysis for the establishment of mixed pastures and without legume trees, in humid tropical Costa Rica. Research Program on Sustainability in Agriculture . CATIE, Turrialba, Costa Rica. Field Report No. 145. 50 p.
- JOENJE, M. 1995b. Adopción de tecnología de pastos mejorados en la zona Atlántica de Costa Rica. Research Program on Sustainability in Agriculture. CATIE, Turrialba, Costa Rica, Field Report No. 146. 39 p.
- JONES, R. M. 1979. Effects of stocking rate and grazing frequency on a siratro (Macroptilium atropurpureum)/ *Setaria anceps* cv. Nandi pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 19(98):318-324.
- JUSTESEN, S.H. 1965. Programación lineal. Universidad Agrícola de Wageningen. Wageningen, Holanda. 56 p.
- KEARL, L.C. 1982. Nutrient requirements of ruminants in developing countries. International Feedstuffs Institute. Utah Agricultural Experiment Station. Utah State University. p. 71-87.
- KLEIBER, M. 1961. The fire of life: An introduction to animal energetics. New York, N.Y. Wiley and Sons. 454 p.
- KOFFEMAN, A.I. 1989. La ganadería en pequeña escala en el norte de la zona atlántica de Costa Rica. Atlantic Zone Programme. CATIE, Turrialba, Costa Rica. field report No. 30. 56 p.
- LAZARTE, M. A. 1978. Efecto de la suplementación con yuca (Manihot esculenta, Crantz) como fuente de almidón sobre la producción de leche en vacas en pastoreo. Tesis M. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 52 p.
- MARCHI, A. 1973. Principios generales para la suplementación de ganado. Información Técnica No. 100. San Luis, Argentina. INTA.
- MOLINA, O. 1973. Efecto de la suplementación de concentrados líquidos y la restricción del pastoreo en producción de leche. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 53 p.
- MORALES, J.; ROMERO, F. 1993. Evaluación de pasturas en fincas en Río Frío y Guácimo, Costa Rica: Un estudio de caso. In P.J. Argel, C.V. Durán, L.H. Franco (eds). Memorias del taller: Planeación y conducción de ensayos de evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en fincas. Costa Rica y Panamá, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 95-106.

- MORALES, J. 1992. Distribución del pasto ratana (Ischaemum ciliare) en las tierras de pastoreo de Costa Rica. Memorias del seminario-taller "El pasto ratana (Ischaemum ciliare) en Costa Rica, alternativa o problemática en nuestra ganadería. San Carlos. Costa Rica.
- NICHOLSON, C.F. 1990. An optimization model of dual purpose cattle production in the humid lowlands of Venezuela. MSc thesis, Cornell University, Ithaca, New York.
- NICHOLSON, C.; BOISVERT, R.; LEE, D. 1994. An optimization model of dual purpose cattle production in the humid lowlands of Venezuela. *Agricultural Systems*. 46:311-334.
- NRC. 1976. Nutrient requirements of Beef Cattle, 5th ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 56p.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle, 6 th. ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- OTTENS, J. 1989. To Borden or not to Borden. Developments in dairy farming in the atlantic zone of Costa Rica. Atlantic Zone Programme. CATIE, Turrialba, Costa Rica. field report No. 15. 46 p.
- PEARSON, K. 1901. On lines and planes of closed fit to system of point in space. *Philippine Magazine (Filipinas)* 6:559-572.
- PEZO, D.; ROMERO, F.; BENAVIDES, J.; KASS, M. 1991. Utilización de árboles y arbustos en sistemas de producción de rumiantes. In Memorias del Simposio-Taller: Ganadería y recursos naturales en América Central: estrategias para la sostenibilidad. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 207-220 p.
- PEZO, D. 1994. Suplementación de bovinos manejados bajo pastoreo. In Seminario sobre sistemas de suplementación animal bajo condiciones del trópico. Guanacaste, Costa Rica, junio 24, 1994. MAG-PROGASA/EARTH. 20 p.
- PINEDA, O. 1986. Hojas de poró (Erythrina poeppigiana) como suplemento protéico para cabras lactantes. In Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas, en el proyecto de Sistemas de Producción Animal. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Informe técnico No. 67.
- PRESTON, T.R.; LENG, R. 1988. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. (CONDRIT) Ltda. Cali. Colombia. 312 p.

- RAMIREZ, A.D.; ARAGON, C. 1994. Matriz ganadería: Zona Atlántica costarricense. Atlantic Zone Programe. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Field Report No. 66. 33 p.
- REID, R.L.; JUNG, G.A.; THAYNE, W.V. 1988. Relationships between nutritive quality and fiber components of cool season and warm season forages: a retrospective study. Journal Animal Science. 66:1275-1291.
- RIOS, S.; IGLESIAS, A.; QUIEL, J.; SCHELLENBERG, R. 1986. Estudio de sistemas de producción animal en Panamá. I. Marco metodológico y su estado de instrumentación. X Reunión ALPA, Acapulco:58 (resumen).
- RIVAS, L.R. 1991. Importancia y perspectivas de los sistemas doble propósito en América Latina Tropical. In Seminario internacional sobre lechería tropical. Ed. J. Pérez Guerrero. Tabasco, México.
- RODRIGUEZ, R.A. 1985. Producción de biomasa de poró gigante (Erythrina poeppigiana) (Walpers) P.F. Cook y King Grass (Pennisetum purpureum x P.typhoides) intercalados en función de la densidad de siembra y la frecuencia de poda del poró. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE.
- RODRIGUEZ, H.; PINEDA, E. 1975. Pérdidas en la producción láctea debido a prolongados intervalos entre partos. Instituto Colombiano Agrícola. 10(2):155.
- RUIZ, A. 1982. Sistemas de producción de doble propósito para pequeños productores. In Sistemas de Producción de Bovinos en el Trópico Americano. Vaccaro, L. (ed). (Instituto de Producción Animal, Universidad Central de Venezuela. Maracay. p. 137-157).
- RUSSO, R.O. 1984. Studies on Erithryna poeppigiana (Walpers O.F.Cook), aversatile tree in Costa Rican farms. Doctoral thesis, Southeastern University, New Orleans, Louisiana, 145 p.
- SERE, C. 1986. Socioeconomía de la producción bovina de doble propósito. In Panorama de la ganadería de doble propósito en la América Tropical. L. Arango N., A. Charry, R. Vera (eds). Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 13-28.
- SIERRA POSADA, O. 1980. Efecto de tres factores de manejo sobre la productividad y evolución de un pastizal natural en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 128 p.

- SOIL SURVEY STAFF, 1992. Keys to soil taxonomy, 5th ed. SMMS technical monograf, N^o 19. Pocahontas press, inc. Blacksburg, Virginia, U.S.A.
- SOLANO, R. 1986a. Algunos aspectos del manejo del hato. In Algunas consideraciones sobre la producción de ganado de doble propósito en el istmo Centroamericano. p.29-30. CATIE, Turrialba, C.R. (Serie Técnica. Informe Técnico, CATIE; No. 111).
- SOLANO, R. 1986b. Estrategias para el mejoramiento genético del ganado de doble propósito en el trópico. In Algunas consideraciones sobre la producción de ganado de doble propósito en el istmo Centroamericano. p.43-53. CATIE, Turrialba, C.R. (Serie Técnica. Informe Técnico, CATIE; No. 111).
- STOBBS, T.H. 1976. Milk production per cow and hectare from tropical pastures. In Memoria S16T Producción de Forraje. FIRA México pp. 129.146.
- STOORVOGEL, J.J.; SCHIPPER, R.A.; JANSEN, D.M. 1995. USTED: a methodology for a quantitative analysis of land use scenarios. Netherlands Journal of Agricultural Science. 43:5-18.
- TEIZEL, J.K. 1991. Productive and stable pasture systems for cattle fattening in the humid tropics. 3. Development and use of a computer model to evaluate management options. Agricultural Systems, 36:279-96.
- TEWOLDE, A. 1986. A brief review of current and desirable national services for dairy cattle improvment in Central America. Informal Regional Meeting Sponsored by FAO-Rome in Brasilia, Brazil. 12 p.
- TILLEY, J.; TERRY, R. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society (G.B.) 18:104-111.
- 't MANNETJE, L.; HAYDOCK, K.P. 1963. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. Journal of the British Grassland Society. 18:268-275.
- TOLEDO, J.; MORALES, V. 1979. Establecimiento y manejo de praderas mejoradas en la Amazonia Peruana. En Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. CIAT, Cali, Colombia. Serie 035G-5. p. 191-209.
- TOLEDO, J.M.; NORES, G.A. 1986. Tropical pasture technology for marginal lands of tropical America. Outlook on Agriculture. 15(1):2-9.

- TOLEDO, J.M. 1994. Ganadería bajo pastoreo: Posibilidades y parámetros de sostenibilidad. *In* Ganadería y recursos naturales en América Central: Estrategias para la sostenibilidad. E.J. Homan (ed). San José, Memorias de un simposio/taller, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, University Group for International Animal Agriculture. p. 141-162.
- UGARTE, J.; PRESTON, T.R. 1975. Amamantamiento restringido. 6. Efectos sobre la producción de leche, Comportamiento reproductivo e incidencia de mastitis clínica a través de la lactancia. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 9:17-26.
- UNAM. 1979. Boletín informativo, Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en ganadería Tropical, Martínez de la Torre, Veracruz, UNAM. 93p.
- VACCARO, L. 1986. Sistemas de producción bovina predominantes en el trópico latinoamericano. *In* Panorama de la ganadería de doble propósito en la América Tropical. L. Arango N., A. Charry, R. Vera (eds). Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 29-43.
- VAN DER KAMP, E.J. 1990. Aspectos económicos de la ganadería en pequeña escala y de la ganadería de carne en la zona Atlántica de Costa Rica. CATIE/UAW/MAG, Field Report No. 51. 61 p.
- VAN HIJFTE. 1989. La ganadería de carne en el norte de la zona atlántica de Costa Rica. Atlantic Zone Programme. CATIE, Turrialba, Costa Rica. field report No. 31. 50 p.
- VAN SOEST, P. 1987. Nutritional ecology of the ruminant. Comstock Publishing, Ithaca, N.Y.
- VARGAS, A. 1987. Evaluación de forraje de poró (Erythrina coccleata) como suplemento protéico para toretes en pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Programa de posgrado UCR/CATIE. 88 p.
- VARGAS, E; FONSECA, H. 1989. Contenido mineral y protéico de forrajes. Ed. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 217 p.
- VERA, R. Y SERE, C. 1985. Sistemas de producción pecuaria extensiva. Informe final. CIAT. Cali, Col. 530 p.

- VILLALOBOS, J.L. 1979. Efecto del intervalo de descanso y la presión de pastoreo sobre el comportamiento de la asociación de Kudzú tropical (Pueraria phaseoloides, Roxb. Benth) y pasto ruzi (Brachiaria ruziziensis, Germain y Crard). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 103 p.
- VILLEGAS, L. 1979. Suplementación con banano verde a vacas lecheras en pastoreo. Tesis Mag. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 103 p.
- VOHNOUT, K.; JIMENEZ, C.; ISIDOR, M.; ALPIZAR, J.; ETTINGER, A.; PERLA, F.; JEAN-POIS, CH. 1974. Sistemas intensivos de alimentación del ganado en pastoreo en el trópico. In Tercer simposio de nutrición y sanidad animal de Centro América y Panamá, patrocinado por la División Agrícola Veterinaria de Pfizer. San José, Costa Rica. 11 p.
- WARD, J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association (EE.UU.) 58(301):236-244.
- YUILL, T. 1991. Strategies for sustainability: animal agriculture and natural resources in Central America. Proc. Symposium/Workshop, October 7-12, San José, Costa Rica.

8. ANEXOS

Cuadro 1A. Formulario de Encuesta

FORMULARIO DE ENCUESTA	
Nombre del Ganadero.....	Nº de Encuesta.....
Sector.....	Fecha: Día... Mes... Año....

I. INFORMACION GENERAL.

- a. Area de la finca.....(ha.)
- b. Area de pasto.....(ha.)
- c. Suelos con pasto:
 - Fértiles bien drenados.....(ha).....% del total
 - Fértiles mal drenados.....(ha).....% del total
 - Infértiles bien drenados.....(ha).....% del total

II. ASPECTOS TECNICOS.

2.1 Manejo de los pastos.

MANEJO DE PASTOS	Area (ha)	Especie	No. apar-tos.	Tipo Pas-toreo	Tiem-po pas-toreo	Días Des-can-so
PASTO NATURAL						
PASTO MEJORADO						
ASOCIACIONES						
OTROS PASTOS						

- a. Meses de abundancia de pasto: E F M A M J J A S O N D.
- b. Meses de escasez de pasto: E F M A M J J A S O N D.
- c. Usa fertilizantes? NO.....SI..... Tipo de fertilizante:
 - Orgánico.....Químico.....indicar veces/año.....
 - cantidad aplicada.....total/año aplicado.....
 - costo de fertilizante/ha.....
 - costo mano de obra de fertilización/ha.....
- d. Cómo controla la maleza: manual.....químico.....
 - costo de herbicida.....tipo de herbicida.....
 - cuántas veces controla en el año.....
 - costo mano de obra aplicación de herbicida/ha.....

2.2 Costos/ha de establecimiento de pasturas:

- a. Preparación el terreno:

Manual Tracción animal Tracción mecánica
 Desmonte.....
 Quema.....

- b. Aplicación de herbicida: antes después de preparar el terreno. costo/ha.....
- c. Rastreado
- d. Arado
- e. Costo de Semilla.....
- f. Mano de obra para siembra de semilla.....

2.3 Costos de establecimiento de cercas:

- Costo alambre/ha.....
- Costo de grapas/ha.....
- Costo de mano de obra.....

2.4 Costos de mantenimiento de cercas:

- alambre.....grapas.....
- mano de obra: -reparación.....
- poda de cerca.....

2.5 Poda de poró o madero negro para alimentar ganado:

- época de poda.....
- costo de mano de obra/día.....
- cantidad de follaje/vaca/día.....

2.6 Manejo del hato:

CATEGORIA	No.	VACUNA veces- /año	BAÑOS veces- /año	DESP. veces- /año	SUPLEM. sal común	SUPLEM. mineral
Total vacas						
Vacas en producción						
Vacas secas						
Novillas 1-2 años						
Novillas 2-3 años						
Novillos 1-2 años						
Novillos 2-3 años						
Terneros < 1 año						
Toros						

- a. Tipos de vacunas:.....
Costo de la vacuna.....
- b. Tipo de desparasitante.....
Costos del desparasitante.....
- c. Tipo de suplemento mineral.....
Costo del suplemento.....

2.7 Alimentación suplementaria/animal/día:

TIPO	CANTIDAD	EPOCA	COSTOS	CATEGORIA ANIMAL
CONCENTRADO				
BANANO				
MELAZA				
OTROS				

Si usa banano: Cuántos días dura la carga de banano?.....
 Cuántas veces/día suplementa?.....Cantidad/vaca.....
 Comentarios sobre suplementación.....

2.8 Aspectos productivos:

- a. Número de ordeños diarios.....
- b. Cuánto tiempo pasa la vaca con el ternero.....
Usando apoyo a la hora del ordeño, la hora en que los junta
.....y la hora en que separa la vaca.....
- c. Cuantos cuartos de la ubre deja al ternero.....
- d. Producción promedio de leche en cada ordeño.....
precio de leche/litro.....
- e. Producción total de leche al día en la finca.....
- f. Tiempo de ordeño
- g. Cuanto produce su mejor vaca en invierno.....
Cuanto en verano.....
- h. Cuanto produce su peor vaca en invierno.....
Cuanto en verano.....
- i. Cuantos meses de lactancia tiene su mejor vaca.....
y cuantos su peor vaca.....
- j. Cómo maneja la producción de leche con relación al engorde?
.....
- k. Edad de venta de novillos..... y novillas.....
peso a la venta.....precios de venta.....
.....
Cada cuánto descarta animales.....cantidad/año.....
Precios de venta.....
Cada cuánto compra animales.....
precios de compra.....
- l. Se fabrica queso? si no
costo del equipo para su fabricación.....
relación leche/queso:bot. de leche/.....kg de queso
precio del kg de queso.....
comercialización del queso.....

III. ASPECTOS REPRODUCTIVOS

- a. Que razas tiene en su finca?.....
- b. Tiene cruzamientos? SI.....NO.....Que razas cruza.....
- c. Número de terneros nacidos en el ultimo año.....
 Número de muertos.....Edad al destete.....
 % de mortalidad.....
- d. Edad de venta de los terneros.....
- e. Edad o peso de la vaca al primer servicio.....
- f. Cada cuanto paren las vacas (intervalo entre partos).....
 % de pariciones.....
- g. Días de descanso entre el parto y el siguiente servicio.....

IV. INSTALACIONES Y EQUIPO

TIPO	No. y/0 TAMAÑO	COSTO	TIPO DE MATERIAL
Casa			
Granero			
Silo			
Sala de ordeño			
Bodega			
Corral			
Cerca V/M/E			
Vehiculos			
Tractor			
Equipo sanitario			
Maquina ordeñadora			
Bomba de espalda			
Machetes			
Azadones/palas			
Rastrios			
Cubetas			
Mangueras			
Bebederos			

V. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

- a. Trabaja independiente cooperativa otros.....
- b. Recibe ayuda técnica. SI NO
veces al año.....de quien.....
- c. Utiliza crédito. SI NO porque.....
- d. Recogen la leche en la finca SI NO
- e. Mano de obra: Familiar.....Contratada casualmente.....
costo/semana.....
- f. Tiene otros ingresos aparte del ganado?.....

VI. SITUACION SOCIAL DE LA FAMILIA

- a. Número de hijos.....Número de hijas.....
- b. Cuantas personas de su familia residen en la finca.....
- c. Cuantas personas estan a su cargo.....
- d. Grado de escolaridad del padre de familia.....

Cuadro 2A. Análisis discriminante

Classification Results for Calibration Data: UNO.CLUSTER4

Resubstitution Results using Linear Discriminant Function

Generalized Squared Distance Function:

$$D_j(X) = (X - \bar{X}_j)' \text{COV}_j^{-1} (X - \bar{X}_j)$$

Posterior Probability of Membership in each CLUSTER:

$$\text{Pr}(i|X) = \frac{\exp(-.5 D_j(X))}{\sum_k \exp(-.5 D_k(X))}$$

Obs	From CLUSTER	Classified into CLUSTER	Posterior Probability of Membership in CLUSTER:		
			1	2	3
1	2	2	0.0000	1.0000	0.0000
2	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
3	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
4	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
5	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
6	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
7	2	2	0.0000	1.0000	0.0000
8	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
9	3	3	0.0000	0.0000	1.0000
10	2	2	0.0000	1.0000	0.0000
11	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
12	2	2	0.0000	1.0000	0.0000
13	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
14	2	2	0.0000	1.0000	0.0000
15	2	2	0.0000	1.0000	0.0000
16	2	2	0.0000	1.0000	0.0000
17	3	3	0.0000	0.0000	1.0000

Discriminant Analysis

Classification Results for Calibration Data: UNO.CLUSTER4

Resubstitution Results using Linear Discriminant Function

Obs	From CLUSTER	Classified into CLUSTER	Posterior Probability of Membership in CLUSTER:		
			1 4	2	3
18	2	2	0.0000	1.0000	0.0000
19	3	3	0.0000	0.0000	1.0000
20	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
21	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
22	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
23	3	3	0.0000	0.0000	1.0000
24	4	4	0.0000	0.0000	0.0000
25	2	2	0.0000	1.0000	0.0000
26	2	2	0.0000	1.0000	0.0000
27	4	4	0.0000	0.0000	0.0000
28	1	1	1.0000	0.0000	0.0000
29	1	1	1.0000	0.0000	0.0000

Análisis Discriminante para validar el cluster, para 4 cluster

Cuadro 3A. Programa en SAS para elegir la finca típica

```

data ajsset uno.cluster4;
proc sort;by cluster;
proc means mean noprint;by cluster;
var x5 x10 x14 x95--x97 x114 x116 x117 x147 x148 x150--x152;
output out=m1 mean=;
mx5 mx10 mx14 mx95--mx97 mx114 mx116 mx117 mx147 mx148 mx150--mx152;

data bmerge a m1;by cluster;
array ori x5 x10 x14 x95--x97 x114 x116 x117 x147 x148 x150--x152;
array media mx5 mx10 mx14 mx95--mx97 mx114 mx116 mx117 mx147 mx148 mx150--mx152;
do over ori;
  dife=abs(ori-media);
end;
proc means sum noprint;by cluster;var
dx5 dx10 dx14 dx95--dx97 dx114 dx116 dx117 dx147 dx148 dx150--dx152;
output out=s1 sum=;
sdx5 sdx10 sdx14 sdx95--sdx97 sdx114 sdx116 sdx117 sdx147 sdx148 sdx150--sdx152;
data cmerge b s1;by cluster;
array dife2 dx5 dx10 dx14 dx95--dx97 dx114 dx116 dx117 dx147 dx148 dx150--dx152;
array sdif
sdx5 sdx10 sdx14 sdx95--sdx97 sdx114 sdx116 sdx117 sdx147 sdx148 sdx150--sdx152;
array pdif
pdx5 pdx10 pdx14 pdx95--pdx97 pdx114 pdx116 pdx117 pdx147 pdx148 pdx150--pdx152;
do over dife2;
  pdif=dife2/sdif;
end;
spdif=sum (of pdx5 pdx10 pdx14 pdx95--pdx97 pdx114 pdx116 pdx117 pdx147 pdx148 pdx150--pdx152);
data cliset c;
if cluster=1 then output;
proc sort;by spdif;
proc print;var cluster x2 spdif;
proc means sum;var
pdx5 pdx10 pdx14 pdx95--pdx97 pdx114 pdx116 pdx117 pdx147 pdx148 pdx150--pdx152;
data cliset c;
if cluster=2 then output;
proc sort;by spdif;
proc print;var cluster x2 spdif;
proc means sum;var
pdx5 pdx10 pdx14 pdx95--pdx97 pdx114 pdx116 pdx117 pdx147 pdx148 pdx150--pdx152;
run;

```

Cuadro 4A. Estructura de un APST									
	oper.fecha,fecha2,marodeo,trace, trace2,herram1,herram2,cantmat1,codmat1,unidmat1,cantmat2,codmat2,unidmat2,comentario								
9.2002,0/1/1/83,00/00/00,0,0,0,7404,2,0,0,0,0,0,0,0,contrato para construccion de corral con manga, sala de ordeno de 10 cepos, comederos									
2.031,0/1/1/83,00/00/00,6,0,0,7433,21,0,0,0,0,0,0,compra de equipo en la tienda y llevado a la finca por transporte contratado'									
2.031,0/1/2/83,00/00/00,6,0,0,7433,21,0,0,0,0,0,0,compra de equipo en la tienda y llevado a la finca por transporte contratado'									
9.209,1/1/1/84,15 novillas encastadas de 1 a 2 años.'									
9.209,1/1/1/84,32 en produc 2 toros pardo suizo puros mayores de 3 años.'									
9.235,0/1/1/84,00/00/00,0,0,0,0,0,0,40944,5,2990,19,-2466,14,2991,1,energia metabolizable y proteina cruda requerida para el mes de enero'									
9.235,0/1/1/84,00/00/00,0,0,0,0,0,0,-1075,43,2992,1,1,-21831,8,2993,1,'limites minimos de fibra detergente neutro y maximos de materia seca'									
9.233,0/1/1/84,00/00/00,1,0,0,7433,22,0,0,0,0,0,0,compra de minerales '									
9.233,0/1/1/84,00/00/00,2,58,0,0,0,142,6,2430,1,50,2430,3,1,'suministro de minerales'									
9.2121,0/1/1/84,00/00/00,7,75,0,0,0,0,0,0,0,0,0,traslado de vacas y terneros del potrero a la sala de ordeno'									
9.261,0/1/1/84,00/00/00,62,6903,0,8905,8905,4650,300,1,0,0,0,'ordeno de 32 vacas en produccion, con una produccion diaria promedio de 150									
9.2121,0/1/1/84,00/00/00,15,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,'juntado de vacas y terneros para amamantamiento'									
9.2121,0/1/1/84,00/00/00,7,75,0,0,0,0,0,0,0,0,0,'separacion de vacas y terneros'									
9.244,0/1/1/84,00/00/00,24,8,0,0,8905,1,8908,0,88,1694,2,1,0,0,0,'preparacion e higiene de la vaca antes del ordeno'									
9.244,0/1/1/84,00/00/00,0,0,0,8906,3,8906,3,0,0,0,0,0,0,'preparacion e higiene de la vaca antes del ordeno'									
9.203,0/1/1/84,00/00/00,7,75,6501,3,0,8908,0,0,0,0,0,0,0,'aseo de sala de ordeno, con manguera y agua a presion'									
9.2121,0/1/1/84,00/00/00,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,'traslado de todos los animales al corral para ser marcados con fierro candente en la manga'									
9.258,0/1/1/84,00/00/00,5,03,0,0,8910,8907,1,1971,16,0,0,0,'marcado o identificacion de 57 animales, no se marcaron los terneros menores de									
9.2121,0/1/1/84,00/00/00,1,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,'traslado de todos los animales al corral para practica de desparasitacion externa en la manga'									
9.241,0/1/1/84,00/00/00,6,0,0,7330,0,2,2600,1,11,0,0,0,'desparasitacion externa con bayfol, con bomba de espalda aplicado a todos los anima									
9.2571,0/1/1/84,00/00/00,0,23,0,0,0,1,2640,1,11,0,0,0,'aplicacion de cicatrizante en ombligo de terneros recién nacidos'									
9.272,0/1/1/84,00/00/00,46,5,0,0,8905,6,8905,6,150,300,1,7,5,1692,3,'Elaboracion artesanal de queso tierno'									
9.272,0/1/1/84,00/00/00,0,0,0,8905,6,8905,7,0,0,0,0,0,0,'Elaboracion artesanal de queso tierno'									
9.272,0/1/1/84,00/00/00,0,0,0,8905,7,0,0,0,0,0,0,'Elaboracion artesanal de queso tierno'									
9.27,0/1/1/84,00/00/00,0,0,0,8905,7,0,0,0,0,0,0,'Elaboracion artesanal de queso tierno'									
9.235,0/2/1/84,00/00/00,0,0,0,0,0,0,-36982,1,2990,19,-2227,48,2991,1,energia metabolizable y proteina cruda requerida para el mes de enero'									
9.235,0/2/1/84,00/00/00,0,0,0,0,0,0,-971,36,2992,1,1,-19719,2993,1,'limites minimos de fibra detergente neutro y maximos de materia seca'									

Cuadro 7A. Estructura de los Atributos.												
CODE	NAME	CODNAM	PRICE	UNIT	KG/UN	MONTH	DATEPR	%DM	%N	%P	%K	DESCR
0300.0	'cow milk 3.5 % fat, locally sold	CMLACL	45.81	1	1	0	1095	-9	-9	-9	-9	'from
0300.1	'cow milk of 3-3.5 % fat	CM30%F	58.5	1	1	0	1095	-9	-9	-9	-9	'sold
0300.2	'cow milk of 3.5-4 % fat	CM35%F	59.5	1	1	0	1095	-9	-9	-9	-9	'sold
0300.3	'cow milk of 4-4.5 % fat	CM40%F	60.5	1	1	0	1095	-9	-9	-9	-9	'sold
0300.4	'cow milk of 4.5-5 % fat	CM45%F	61.5	1	1	0	1095	-9	-9	-9	-9	'sold
301	'cheese (soft: cow)	CCSOFT	350	1	1	0	1095	-9	-9	-9	-9	'from
302	'cheese (hard: cow)	CCHARD	-9	1	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
310	'milk (goat)	GMILK	-9	3	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
311	'cheese (soft: goat)	GCSOFT	-9	1	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
312	'cheese (hard: goat)	GCHARD	-9	1	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
400	'meat, cattle	CMEAT	-9	1	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
410	'meat, pig	PMEAT	-9	1	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
420	'meat, horse	HMEAT	-9	1	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
430	'meat, goat	GMEAT	-9	1	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
440	'meat, poultry	BMEAT	-9	1	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
450	'live cattle, calf < 250	CCALF	-9	11	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
451	'live cattle, young bull	CYBULL	-9	11	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
452	'live cattle, bull > 500	CABULL	-9	11	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
0453.1	'discarded cow < 400 Kg	CCDISC	40000	11	350	0	1095	-9	-9	-9	-9	"
0453.3	'bull calf	CBCALF	2000	11	50	0	1095	-9	-9	-9	-9	"
0453.4	'replacement heifer of 1-	CHREPL	40000	11	300	0	1095	-9	-9	-9	-9	"
0453.41	'pregnant heifer	CHPREG	80000	11	350	0	1095	-9	-9	-9	-9	"
0453.42	'deadborn calf	CCDEAD	0	11	25	0	1095	-9	-9	-9	-9	"
0453.6	'discarded bull <600 kg	CBDISC	82500	11	550	0	1095	-9	-9	-9	-9	"
0454.00	'weaned bull calf, mixed	CBWEAN	27500	11	150	0	1095	-9	-9	-9	-9	"
458	'animal unit	CAUNIT	40000	11	350	0	91	-9	-9	-9	-9	'weig
459	'live cattle, undetermine	CUNDET	-9	11	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
460	'live pig < 50 kg	PL50K	-9	11	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
461	'live pig < 100 kg	PL100K	-9	11	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"
462	'live pig > 100 kg	PG100K	-9	11	-9	0	91	-9	-9	-9	-9	"

Cuadro 8A. Salida de SAS para elegir la finca típica

OBS	CLUSTER	X2	SFDIF
1	1	12	0.68468
2	1	22	0.69344
3	1	23	0.75805
4	1	29	0.83165
5	1	14	0.85449
6	1	21	1.06838
7	1	3	1.07514
8	1	6	1.08627
9	1	2	1.11477
10	1	5	1.17059
11	1	30	1.20337
12	1	7	1.21473
13	1	9	1.24443

The SAS System

Variable	Sum
FDX5	1.0000000
FDX10	1.0000000
FDX14	1.0000000
FDX95	1.0000000
FDX96	.
FDX97	1.0000000
FDX114	1.0000000
FDX116	1.0000000
FDX117	1.0000000
FDX147	1.0000000
FDX148	1.0000000
FDX150	1.0000000
FDX151	1.0000000
FDX152	1.0000000

The SAS System

OBS	CLUSTER	X2	SFDIF
1	2	16	0.89228
2	2	17	0.90995
3	2	26	1.03089
4	2	19	1.25160
5	2	27	1.27912
6	2	11	1.39371
7	2	1	1.50427
8	2	13	1.51491
9	2	15	1.56012
10	2	8	1.66314

The SAS System

Variable	Sum
FDX5	1.0000000
FDX10	1.0000000
FDX14	1.0000000
FDX95	.
FDX96	1.0000000
FDX97	1.0000000
FDX114	1.0000000
FDX116	1.0000000
FDX117	1.0000000
FDX147	1.0000000
FDX148	1.0000000
FDX150	1.0000000
FDX151	1.0000000
FDX152	1.0000000

Cuadro 9A. Calculo de Requerimientos Nutricionales diarios para hato de doble proposito en finca de bajos insumos.

Req. vacas produccion*	EM(Mcal)	PC (kg)
Mantenimiento	17.5	0.757
Produccion	8.025	0.5325
TOTAL	25.525	1.2895

* PV promedio= 400 kg

* produccion promedio= 7.5 kg;5 kg leche vendible + 3 kg del ternero

* % de grasa de leche= 3.5%

* Tablas del International Feedstuffs Institute (IFI)

Req. vacas secas*	EM(Mcal)	PC (kg)
Mantenim + 3 ultimos meses de gestacion	17.8	0.671

* PV promedio= 400 kg

* Tablas IFI

Req. Terneros < 1 ano*	EM(Mcal)	PC (kg)
Mantenim. + Crecim.	5.92	0.739

* PV promedio= 100 kg

* ganancia de peso diaria= 500g

* Tablas IFI

Requerimientos Toros*	EM(Mcal)	PC (kg)
Mant. Toros en servicio	15.95	0.673

* PV promedio= 500 kg

* Tablas de Req. para toros lecheros en servicio de la National Research Council (NRC)

Cuadro 10A. Cálculo de Requerimientos Nutricionales diarios para hato doble propósito en finca de altos insumos.

Req. vacas producción*	EM(Mcal)	FC (Kg)
Mantenimiento	17.5	0.757
Producción	9.56	0.568
TOTAL	26.06	1.325

* PV promedio = 400 kg

* produce promed = 8 kg; 5 kg leche vendible + 3 kg del ternero

* %de grasa de leche = 3.5%

* Tablas del International Feedstuffs Institute (IFI)

Requerim. vacas secas*	EM(Mcal)	FC (kg)
Mant + 3 últimos meses de gestación	17.8	0.671

* PV promedio = 400 kg

Req. Novillas 1-2 años*	EM(Mcal)	FC (kg)
Mantenim + Crecim	8.81	0.502

* PV promedio = 225 kg

* ganancia de peso diaria = 250 g

Req. Terneros < 1 año*	EM(Mcal)	FC (kg)
Mantenim + Crecim	5.82	0.739

* PV promedio = 100 kg

* ganancia de peso diaria = 500 g

Requerimientos Toros*	EM(Mcal)	FC (kg)
Mant. toros en servicio	15.95	0.673

* PV promedio = 500 kg

* Tablas de req. para toros lecheros en servicio de la NRC

Cuadro 11A. Cálculo de requerimientos de EMI y PC mensuales para hato doble propósito en finca de bajos insumos

Categoría del hato	No. anim.	EMV animal/a	EMV/día	M E S E S													
				ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
Uso de Producción	12	25.000	300.3	946.3	679.4	946.3	919.9	946.3	919.9	946.3	919.9	946.3	919.9	946.3	919.9	946.3	919.9
Uso de Bases	23	17.8	408.4	1287.4	1163.2	1287.4	1258.2	1287.4	1258.2	1287.4	1258.2	1287.4	1258.2	1287.4	1258.2	1287.4	1258.2
Partidos < 1 año	30	5.82	116.4	360.4	329.2	360.4	346.2	360.4	346.2	360.4	346.2	360.4	346.2	360.4	346.2	360.4	346.2
Totales	2	15.82	31.9	900.3	838.2	900.3	890.2	900.3	890.2	900.3	890.2	900.3	890.2	900.3	890.2	900.3	890.2
TOTAL	57		653.74	2677.9	2418.7	2677.9	2612.2	2677.9	2612.2	2677.9	2612.2	2677.9	2612.2	2677.9	2612.2	2677.9	2612.2

Categoría del hato	No. anim.	PC animal/a	PC/día	E L I E R E M E N T O S													
				ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
Uso de Producción	12	1.2665	15.634	479.24	432.22	479.24	444.22	479.24	444.22	479.24	444.22	479.24	444.22	479.24	444.22	479.24	444.22
Uso de Bases	23	0.801	16.423	478.423	442.124	478.423	442.124	478.423	442.124	478.423	442.124	478.423	442.124	478.423	442.124	478.423	442.124
Partidos < 1 año	30	0.734	14.78	428.78	413.24	428.78	413.24	428.78	413.24	428.78	413.24	428.78	413.24	428.78	413.24	428.78	413.24
Totales	2	0.073	1.244	41.238	37.488	41.238	40.38	41.238	40.38	41.238	40.38	41.238	40.38	41.238	40.38	41.238	40.38
TOTAL	57		47.033	1459.02	1316.92	1459.02	1410.93	1459.02	1410.93	1459.02	1410.93	1459.02	1410.93	1459.02	1410.93	1459.02	1410.93

Cuadro 12A. Cálculo de requerimientos de EMI y PC mensuales para hato doble propósito en finca de altos insumos

Categoría del hato	No. anim.	EMV animal/a	EMV/día	M E S E S													
				ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
Uso de Producción	32	26.06	833.82	2561.82	2324.76	2561.82	2507.8	2561.82	2507.8	2561.82	2507.8	2561.82	2507.8	2561.82	2507.8	2561.82	2507.8
Uso de Bases	18	17.8	441.4	4414.4	4072	4414.4	4272	4414.4	4272	4414.4	4272	4414.4	4272	4414.4	4272	4414.4	4272
Movimiento < 1 año	15	8.81	132.15	400.26	370.2	400.26	384.5	400.26	384.5	400.26	384.5	400.26	384.5	400.26	384.5	400.26	384.5
Partidos < 1 año	31	5.22	101.42	628.12	561.76	628.12	591.2	628.12	591.2	628.12	591.2	628.12	591.2	628.12	591.2	628.12	591.2
Totales	2	15.87	31.2	1028.9	983.2	1028.9	987	1028.9	987	1028.9	987	1028.9	987	1028.9	987	1028.9	987
TOTAL	58		1330.79	4034.45	3682.1	4034.45	3823.7	4034.45	3823.7	4034.45	3823.7	4034.45	3823.7	4034.45	3823.7	4034.45	3823.7

Categoría del hato	No. anim.	PC animal/a	PC/día	E L I E R E M E N T O S													
				ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
Uso de Producción	32	1.266	42.4	1314.4	1187.2	1314.4	1272	1314.4	1272	1314.4	1272	1314.4	1272	1314.4	1272	1314.4	1272
Uso de Bases	18	0.871	5.280	160.408	149.204	160.408	151.06	160.408	151.06	160.408	151.06	160.408	151.06	160.408	151.06	160.408	151.06
Movimiento < 1 año	15	0.782	7.83	233.43	210.84	233.43	225.9	233.43	225.9	233.43	225.9	233.43	225.9	233.43	225.9	233.43	225.9
Partidos < 1 año	31	0.723	22.304	710.178	641.862	710.178	687.27	710.178	687.27	710.178	687.27	710.178	687.27	710.178	687.27	710.178	687.27
Totales	2	0.073	1.244	41.238	37.488	41.238	40.38	41.238	40.38	41.238	40.38	41.238	40.38	41.238	40.38	41.238	40.38
TOTAL	58		79.953	2486.14	2227.48	2486.14	2409.14	2486.14	2409.14	2486.14	2409.14	2486.14	2409.14	2486.14	2409.14	2486.14	2409.14

Cuadro 13A. Cálculo del límite mínimo de FDN/hato/rmes en finca de altos insumos

Categoría del hato	Kg P.V.	Kg de FDN 100 kg P.V.	Mín. Kg FDN por C. de g.	SE DE FIBRA DETERMINANTE NEUTRO														
				ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE			
Vacas Producción (20)	400	0.13	10.04	616.24	406.02	515.24	402.2	515.44	402.2	515.24	402.2	515.24	402.2	515.24	402.2	515.24	402.2	515.24
Vacas Secas	400	0.16	5.12	169.22	143.26	158.26	163.8	169.22	153.8	166.22	166.22	163.22	163.22	163.22	163.22	163.22	163.22	163.22
Resacas 1-2 años (10)	225	0.175	5.0625	183.025	166.505	183.025	177.1675	183.025	177.1675	183.025	177.1675	183.025	177.1675	183.025	177.1675	183.025	177.1675	183.025
Terminos < 1 año (31)	100	0.175	5.425	168.175	161.8	168.175	162.25	168.175	162.25	168.175	162.25	168.175	162.25	168.175	162.25	168.175	162.25	168.175
Totales	1000	0.16	1.8	429.8	42.2	42.8	42	42.8	42	42.8	42	42.8	42	42.8	42	42.8	42	42.8
TOTAL			34.58125	1075.4	971.56	1075.4	1040.7	1075.4	1040.7	1075.4	1040.7	1075.4	1040.7	1075.4	1040.7	1075.4	1040.7	1075.4

Cuadro 14A. Cálculo del límite mínimo de FDN/hato/rmes en finca de bajos insumos

Categoría del hato	Kg P.V.	Kg de FDN 100 kg P.V.	Mín. Kg FDN por C. de g.	SE DE FIBRA DETERMINANTE NEUTRO														
				ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE			
Vacas Producción (20)	400	0.13	8.24	163.44	175.22	163.44	167.2	163.44	167.2	163.44	167.2	163.44	167.2	163.44	167.2	163.44	167.2	163.44
Vacas Secas	400	0.16	14.24	468.22	412.16	468.22	441.8	468.22	441.8	468.22	441.8	468.22	441.8	468.22	441.8	468.22	441.8	468.22
Terminos < 1 año (30)	100	0.175	3.5	100.5	88	100.5	106	100.5	106	100.5	106	100.5	106	100.5	106	100.5	106	100.5
Totales	1000	0.16	1.5	429.8	44.8	42.8	42	42.8	42	42.8	42	42.8	42	42.8	42	42.8	42	42.8
TOTAL			26.06	807.96	728.68	807.96	781.8	807.96	781.8	807.96	781.8	807.96	781.8	807.96	781.8	807.96	781.8	807.96

Cuadro 17A. Disponibilidad de nutrientes/ha de pasto en época de baja precipitación

FINCA	EPOCA						SECA			
	% MS(kg/ha)	Pasto kg/ha	MS(kg/ha)FU	% FDN	FDN(kg/ha)	% DM/MS	EM (kg MS)	EM/ha	% PC	PC(kg/ha)
ALTOS INSUMOS	32.35	2461.51	795.3	71.77	571.5045	62.35	228418943	1795	10.46	83.293
BAJOS INSUMOS	31.18	2282.7	711.75	74.89	533.0295	56.82	2018105116	1436.4	9.95	70.8191

Cuadro 18A. Disponibilidad de nutrientes/ha de pasto en época de alta precipitación

FINCA	EPOCA						LLUVIOSA			
	% MS(kg/ha)	Pasto kg/ha	MS(kg/ha)FU	% FDN	FDN(kg/ha)	% DM/MS	EM (kg MS)	EM/ha	% PC	PC(kg/ha)
ALTOS INSUMOS	24.17	5981.6	1256.3	68.15	862.9835	67.15	242411229	3069.7	9.7	122.831
BAJOS INSUMOS	23.34	4101.76	957.35	75.09	718.8741	47.73	1755620874	1652	10.2	97.6497

Cuadro 19A. 'Descripción de coeficientes técnicos en el modelo de programación lineal.

Nombre	Unidad	Comentario
Goal	colonos/año	maximización del ingreso neto= $\text{totincome}-\text{totcost}-\text{toyyearlab}^*\text{reserewage}-\text{reglabuse}^*(\text{regwage}-\text{reserewage})$
Farmland	ha	area de la finca
Landuse	ha	area utilizada
Land	ha	area sobrante
Farmlab	peones	mano de obra familiar
Reserewage	colonos/h	salario mano de obra familiar
Daym	dias/mes	dias de cada mes
Hrday	h/d	jornal de mano de obra familiar
Reglab	peones	mano de obra regional potencialmente contratable
Regwage	colonos/h	salario mano de obra contratada
Hrdayrent	h/d	jornal mano de obra contratada
Reglabuse	h/año	mano de obra regional contratada, calculado por el modelo
Labbal	h/año	balance de la mano de obra = $\text{Farmlab}+\text{Reglabuse}-\text{Totmlu}$
Reglabav	h/año	mano de obra regional disponible = $\text{reglab}^*\text{daym}^*\text{hoursdayrent}$
Farmlabav	h/año	mano de obra familiar disponible = $\text{daym}^*\text{farmlab}^*\text{hoursday}$
Reglabal	h/año	balance de mano de obra regional = $\text{reglabav}-\text{reglabuse}$
Number	unidades	número de sistemas seleccionados
Totcost	colonos	total de costos = sumatoria (número de sistemas*costo)
Totlanduse	ha	total de área de tierra usada = sumatoria (number*landuse)
Toyyearlab	h/año	total de mano de obra anual = sumatoria (number*yearlab)
Income	colonos	ingresos = sumatoria (precio del producto*cantidad producida)
Totincome	colonos	total de ingresos = sumatoria (number*income)
Carga	UA/ha	máxima capacidad potencial de carga
CM4.0%F	colonos/kg	precio de leche de 4% de grasa, precio Dos Pinos
CMLOCL	colonos/kg	precio de leche de 3.5% de grasa, precio local
CCSOFT	colonos/kg	precio queso fresco
CCDISC	cabezas	precio vaca de descarte

CBCALF	cabezas	precio ternero macho
CHREPL	cabezas	precio novilla de reemplazo
CBDISC	cabezas	precio toro de descarte
CBWEAN	cabezas	precio ternero destetado
Animals	cabezas	total de animales
Totanimals	unidades	balance del numero de animales y la capacidad de carga = sumatoria (number*animals)
Mlu	h/mes	mano de obra mensual usada
Totmlu	h/mes	total de mano de obra mensual usada
Men	Mcal/mes	energia metabolizable mensual
Totmen	Mcal/mes	balance de energia metabolizable mensual producida/ requerida = sumatoria (number*men)
Mpr	kg/mes	proteina cruda mensual
Totmpr	kg/mes	balance de proteina cruda mensual producida/requerida = sumatoria (number*mpr)
Mfi	kg/mes	fibra detergente neutra mensual
Totfi	kg/mes	balance de fibra detergente neutra mensual producida/requerida = sumatoria (number*mf)
Mdm	kg/mes	materia seca mensual
Totmdm	kg/mes	balance de materia seca mensual producida/requerida = sumatoria (number*mdm)
fabal001	3000kg	fast de banano en enero
fabal002	3000kg	fast de banano en febrero
fabal003	3000kg	fast de banano en marzo
fabal004	3000kg	fast de banano en abril
fabal005	3000kg	fast de banano en mayo
fabal006	3000kg	fast de banano en junio
fabal007	3000kg	fast de banano en julio
fabal008	3000kg	fast de banano en agosto
fabal009	3000kg	fast de banano en septiembre
fabal010	3000kg	fast de banano en octubre
fabal011	3000kg	fast de banano en noviembre
fabal012	3000kg	fast de banano en diciembre
FACOI001	460kg	fast de concentrado leche en enero
FACOI002	460kg	fast de concentrado leche en febrero
FACOI003	460kg	fast de concentrado leche en en marzo

FACO1004	460kg	fast de concentrado leche en abril
FACO1005	460kg	fast de concentrado leche en mayo
FACO1006	460kg	fast de concentrado leche en junio
FACO1007	460kg	fast de concentrado leche en julio
FACO1008	460kg	fast de concentrado leche en agosto
FACO1009	460kg	fast de concentrado leche en septiembre
FACO1010	460kg	fast de concentrado leche en octubre
FACO1011	460kg	fast de concentrado leche en noviembre
FACO1012	460kg	fast de concentrado leche en diciembre
FACO2001	460kg	fast de concentrado terneras en enero
FACO2002	460kg	fast de concentrado terneras en febrero
FACO2003	460kg	fast de concentrado terneras en marzo
FACO2004	460kg	fast de concentrado terneras en abril
FACO2005	460kg	fast de concentrado terneras en mayo
FACO2006	460kg	fast de concentrado terneras en junio
FACO2007	460kg	fast de concentrado terneras en julio
FACO2008	460kg	fast de concentrado terneras en agosto
FACO2009	460kg	fast de concentrado terneras en septiembre
FACO2010	460kg	fast de concentrado terneras en octubre
FACO2011	460kg	fast de concentrado terneras en noviembre
FACO2012	460kg	fast de concentrado terneras en diciembre
fame1001	estañon de 300kg	fast de melaza en enero
fame1002	estañon de 300kg	fast de melaza en febrero
fame1003	estañon de 300kg	fast de melaza en marzo
fame1004	estañon de 300kg	fast de melaza en abril
fame1005	estañon de 300kg	fast de melaza en mayo
fame1006	estañon de 300kg	fast de melaza en junio
fame1007	estañon de 300kg	fast de melaza en julio
fame1008	estañon de 300kg	fast de melaza en agosto
fame1009	estañon de 300kg	fast de melaza en septiembre
fame1010	estañon de 300kg	fast de melaza en octubre

fame1011	estación de 300kg	fast de melaza en noviembre
fame1012	estación de 300kg	fast de melaza en diciembre
FAST1001	5000kg	fast de banano (5 ton) en enero
FAST1002	5000kg	fast de banano (5 ton) en febrero
FAST1003	5000kg	fast de banano (5 ton) en marzo
FAST1004	5000kg	fast de banano (5 ton) en abril
FAST1005	5000kg	fast de banano (5 ton) en mayo
FAST1006	5000kg	fast de banano (5 ton) en junio
FAST1007	5000kg	fast de banano (5 ton) en julio
FAST1008	5000kg	fast de banano (5 ton) en agosto
FAST1009	5000kg	fast de banano (5 ton) en septiembre
FAST1010	5000kg	fast de banano (5 ton) en octubre
FAST1011	5000kg	fast de banano (5 ton) en noviembre
FAST1012	5000kg	fast de banano (5 ton) en diciembre
FAST2001	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en enero
FAST2002	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en febrero
FAST2003	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en marzo
FAST2004	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en abril
FAST2005	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en mayo
FAST2006	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en junio
FAST2007	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en julio
FAST2008	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en agosto
FAST2009	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en septiembre
FAST2010	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en octubre
FAST2011	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en noviembre
FAST2012	estación de 300kg	fast de melaza (300 kg) en diciembre
SIWLGR01	ha	lust de 15 ha en suelo infértil bien drenado, <i>Brachiaria ruziziensis</i>
SIWLGR02	ha	lust de 11 ha en suelo infértil bien drenado, <i>Ischaemum ciliare</i>
SIWLGR03	ha	lust de 33 ha en suelo infértil bien drenado, Natural + Ratana, usa herbicida
SIWLGR04	ha	lust de 23 ha en suelo infértil bien drenado, Natural + Ratana, sin herbicida

Cuadro 20A. Ejemplo de informe de resultados de un escenario en el modelo de programación lineal

Target Cell (Max)		
Cell	Name	Final Value
\$B\$1	Goal	1065376,266
Adjustable Cells		
Cell	Name	Final Value
\$B\$34	faba1001 number	0
\$B\$35	faba1002 number	0
\$B\$36	faba1003 number	0
\$B\$37	faba1004 number	0
\$B\$38	faba1005 number	0
\$B\$39	faba1006 number	0
\$B\$40	faba1007 number	0
\$B\$41	faba1008 number	0
\$B\$42	faba1009 number	0
\$B\$43	faba1010 number	0
\$B\$44	faba1011 number	0
\$B\$45	faba1012 number	0
\$B\$46	FACO1001 number	0
\$B\$47	FACO1002 number	0
\$B\$48	FACO1003 number	0
\$B\$49	FACO1004 number	0
\$B\$50	FACO1005 number	0
\$B\$51	FACO1006 number	0
\$B\$52	FACO1007 number	0
\$B\$53	FACO1008 number	0
\$B\$54	FACO1009 number	0
\$B\$55	FACO1010 number	0
\$B\$56	FACO1011 number	0
\$B\$57	FACO1012 number	0
\$B\$58	FACO2001 number	0
\$B\$59	FACO2002 number	0
\$B\$60	FACO2003 number	0
\$B\$61	FACO2004 number	0
\$B\$62	FACO2005 number	0
\$B\$63	FACO2006 number	0
\$B\$64	FACO2007 number	0
\$B\$65	FACO2008 number	0
\$B\$66	FACO2009 number	0
\$B\$67	FACO2010 number	0
\$B\$68	FACO2011 number	0
\$B\$69	FACO2012 number	0
\$B\$70	fame1001 number	2,039483546
\$B\$71	fame1002 number	0
\$B\$72	fame1003 number	2,039483546
\$B\$73	fame1004 number	0,910464993
\$B\$74	fame1005 number	0

Constraints					
Cell	Name	Formula	Status	Slack	
\$B\$3	land	$\$B\$3 \geq 1E-20$	Not Binding	10,72354539	
\$G\$23	labbal labbal1	$\$G\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	35,27180866	
\$H\$23	labbal labbal2	$\$H\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	75,91731868	
\$I\$23	labbal labbal3	$\$I\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	59,19839922	
\$J\$23	labbal labbal4	$\$J\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	42,42146196	
\$K\$23	labbal labbal5	$\$K\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	87,34545749	
\$L\$23	labbal labbal6	$\$L\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	66,61337186	
\$M\$23	labbal labbal7	$\$M\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	89,51886693	
\$N\$23	labbal labbal8	$\$N\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	40,24545749	
\$O\$23	labbal labbal9	$\$O\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	149,0813881	
\$P\$23	labbal labbal10	$\$P\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	73,34256557	
\$Q\$23	labbal labbal11	$\$Q\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	94,98138809	
\$R\$23	labbal labbal12	$\$R\$23 \geq 1E-20$	Not Binding	137,0454575	
\$AE\$31	CBWEAN totmen1	$\$AE\$31 \geq 1E-20$	Binding	0	
\$AF\$31	CBWEAN totmen2	$\$AF\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	951,8206683	
\$AG\$31	CBWEAN totmen3	$\$AG\$31 \geq 1E-20$	Binding	0	
\$AH\$31	CBWEAN totmen4	$\$AH\$31 \geq 1E-20$	Binding	0	
\$AI\$31	CBWEAN totmen5	$\$AI\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	5587,565921	
\$AJ\$31	CBWEAN totmen6	$\$AJ\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	6384,765921	
\$AK\$31	CBWEAN totmen7	$\$AK\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	5587,565921	
\$AL\$31	CBWEAN totmen8	$\$AL\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	5587,565921	
\$AM\$31	CBWEAN totmen9	$\$AM\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	6384,765921	
\$AN\$31	CBWEAN totmen10	$\$AN\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	5587,565921	
\$AO\$31	CBWEAN totmen11	$\$AO\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	6384,765921	
\$AP\$31	CBWEAN totmen12	$\$AP\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	5587,565921	
\$AQ\$31	CBWEAN totmpr1	$\$AQ\$31 \geq 1E-20$	Binding	0	
\$AR\$31	CBWEAN totmpr2	$\$AR\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	115,3117701	
\$AS\$31	CBWEAN totmpr3	$\$AS\$31 \geq 1E-20$	Binding	0	
\$AT\$31	CBWEAN totmpr4	$\$AT\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	35,05816457	
\$AU\$31	CBWEAN totmpr5	$\$AU\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	367,9108175	
\$AV\$31	CBWEAN totmpr6	$\$AV\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	411,2108175	
\$AW\$31	CBWEAN totmpr7	$\$AW\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	367,9108175	
\$AX\$31	CBWEAN totmpr8	$\$AX\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	367,9108175	
\$AY\$31	CBWEAN totmpr9	$\$AY\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	411,2108175	
\$AZ\$31	CBWEAN totmpr10	$\$AZ\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	367,9108175	
\$BA\$31	CBWEAN totmpr11	$\$BA\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	411,2108175	
\$BB\$31	CBWEAN totmpr12	$\$BB\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	367,9108175	
\$BC\$31	CBWEAN totmfi1	$\$BC\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	6911,998062	
\$BD\$31	CBWEAN totmfi2	$\$BD\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	6984,198062	
\$BE\$31	CBWEAN totmfi3	$\$BE\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	6911,998062	
\$BF\$31	CBWEAN totmfi4	$\$BF\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	6936,098062	
\$BG\$31	CBWEAN totmfi5	$\$BG\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	8916,008379	
\$BH\$31	CBWEAN totmfi6	$\$BH\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	8940,108379	
\$BI\$31	CBWEAN totmfi7	$\$BI\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	8916,008379	
\$BJ\$31	CBWEAN totmfi8	$\$BJ\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	8916,008379	
\$BK\$31	CBWEAN totmfi9	$\$BK\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	8940,108379	
\$BL\$31	CBWEAN totmfi10	$\$BL\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	8916,008379	
\$BM\$31	CBWEAN totmfi11	$\$BM\$31 \geq 1E-20$	Not Binding	8940,108379	

\$BN\$31	CBWEAN totmf12	\$BN\$31>=1E-20	Not Binding	8916,008379
\$BO\$31	CBWEAN totmdm1	\$BO\$31>=1E-20	Not Binding	3094,660861
\$BP\$31	CBWEAN totmdm2	\$BP\$31>=1E-20	Not Binding	2120,03403
\$BQ\$31	CBWEAN totmdm3	\$BQ\$31>=1E-20	Not Binding	3094,660861
\$BR\$31	CBWEAN totmdm4	\$BR\$31>=1E-20	Not Binding	2866,248243
\$BS\$31	CBWEAN totmdm5	\$BS\$31>=1E-20	Not Binding	470,7
\$BT\$31	CBWEAN totmdm6	\$BT\$31>=1E-20	Binding	0
\$BU\$31	CBWEAN totmdm7	\$BU\$31>=1E-20	Not Binding	470,7
\$BV\$31	CBWEAN totmdm8	\$BV\$31>=1E-20	Not Binding	470,7
\$BW\$3	CBWEAN totmdm9	\$BW\$31>=1E-20	Binding	0
\$BX\$31	CBWEAN totmdm10	\$BX\$31>=1E-20	Not Binding	470,7
\$BY\$31	CBWEAN totmdm11	\$BY\$31>=1E-20	Binding	0
\$BZ\$31	CBWEAN totmdm12	\$BZ\$31>=1E-20	Not Binding	470,7
\$G\$21	reglabal reglabbal1	\$G\$21>=0	Not Binding	3720
\$H\$21	reglabal reglabbal2	\$H\$21>=0	Not Binding	3390
\$I\$21	reglabal reglabbal3	\$I\$21>=0	Not Binding	3720
\$J\$21	reglabal reglabbal4	\$J\$21>=0	Not Binding	3600
\$K\$21	reglabal reglabbal5	\$K\$21>=0	Not Binding	3720
\$L\$21	reglabal reglabbal6	\$L\$21>=0	Not Binding	3600
\$M\$21	reglabal reglabbal7	\$M\$21>=0	Not Binding	3720
\$N\$21	reglabal reglabbal8	\$N\$21>=0	Not Binding	3720
\$O\$21	reglabal reglabbal9	\$O\$21>=0	Not Binding	3600
\$P\$21	reglabal reglabbal10	\$P\$21>=0	Not Binding	3720
\$Q\$21	reglabal reglabbal11	\$Q\$21>=0	Not Binding	3600
\$R\$21	reglabal reglabbal12	\$R\$21>=0	Not Binding	3720
\$CA\$31	CBWEAN totanimals	\$CA\$31<=0	Not Binding	14,10581844
\$B\$34	faba1001 number	\$B\$34>=0	Binding	0
\$B\$35	faba1002 number	\$B\$35>=0	Binding	0
\$B\$36	faba1003 number	\$B\$36>=0	Binding	0
\$B\$37	faba1004 number	\$B\$37>=0	Binding	0
\$B\$38	faba1005 number	\$B\$38>=0	Binding	0
\$B\$39	faba1006 number	\$B\$39>=0	Binding	0
\$B\$40	faba1007 number	\$B\$40>=0	Binding	0
\$B\$41	faba1008 number	\$B\$41>=0	Binding	0
\$B\$42	faba1009 number	\$B\$42>=0	Binding	0
\$B\$43	faba1010 number	\$B\$43>=0	Binding	0
\$B\$44	faba1011 number	\$B\$44>=0	Binding	0
\$B\$45	faba1012 number	\$B\$45>=0	Binding	0
\$B\$46	FACO1001 number	\$B\$46>=0	Binding	0
\$B\$47	FACO1002 number	\$B\$47>=0	Binding	0
\$B\$48	FACO1003 number	\$B\$48>=0	Binding	0
\$B\$49	FACO1004 number	\$B\$49>=0	Binding	0
\$B\$50	FACO1005 number	\$B\$50>=0	Binding	0
\$B\$51	FACO1006 number	\$B\$51>=0	Binding	0
\$B\$52	FACO1007 number	\$B\$52>=0	Binding	0
\$B\$53	FACO1008 number	\$B\$53>=0	Binding	0
\$B\$54	FACO1009 number	\$B\$54>=0	Binding	0
\$B\$55	FACO1010 number	\$B\$55>=0	Binding	0
\$B\$56	FACO1011 number	\$B\$56>=0	Binding	0
\$B\$57	FACO1012 number	\$B\$57>=0	Binding	0

\$B\$58	FACO2001 number	\$B\$58>=0	Binding	0
\$B\$59	FACO2002 number	\$B\$59>=0	Binding	0
\$B\$60	FACO2003 number	\$B\$60>=0	Binding	0
\$B\$61	FACO2004 number	\$B\$61>=0	Binding	0
\$B\$62	FACO2005 number	\$B\$62>=0	Binding	0
\$B\$63	FACO2006 number	\$B\$63>=0	Binding	0
\$B\$64	FACO2007 number	\$B\$64>=0	Binding	0
\$B\$65	FACO2008 number	\$B\$65>=0	Binding	0
\$B\$66	FACO2009 number	\$B\$66>=0	Binding	0
\$B\$67	FACO2010 number	\$B\$67>=0	Binding	0
\$B\$68	FACO2011 number	\$B\$68>=0	Binding	0
\$B\$69	FACO2012 number	\$B\$69>=0	Binding	0
\$B\$70	fame1001 number	\$B\$70>=0	Not Binding	2,039483546
\$B\$71	fame1002 number	\$B\$71>=0	Binding	0
\$B\$72	fame1003 number	\$B\$72>=0	Not Binding	2,039483546
\$B\$73	fame1004 number	\$B\$73>=0	Not Binding	0,910464993
\$B\$74	fame1005 number	\$B\$74>=0	Binding	0
\$B\$75	fame1006 number	\$B\$75>=0	Binding	0
\$B\$76	fame1007 number	\$B\$76>=0	Binding	0
\$B\$77	fame1008 number	\$B\$77>=0	Binding	0
\$B\$78	fame1009 number	\$B\$78>=0	Binding	0
\$B\$79	fame1010 number	\$B\$79>=0	Binding	0
\$B\$80	fame1011 number	\$B\$80>=0	Binding	0
\$B\$81	fame1012 number	\$B\$81>=0	Binding	0
\$B\$82	FAST1001 number	\$B\$82>=0	Binding	0
\$B\$83	FAST1002 number	\$B\$83>=0	Binding	0,00E+00
\$B\$84	FAST1003 number	\$B\$84>=0	Binding	0,00E+00
\$B\$85	FAST1004 number	\$B\$85>=0	Binding	0,00E+00
\$B\$86	FAST1005 number	\$B\$86>=0	Binding	0
\$B\$87	FAST1006 number	\$B\$87>=0	Binding	0
\$B\$88	FAST1007 number	\$B\$88>=0	Binding	0
\$B\$89	FAST1008 number	\$B\$89>=0	Binding	0
\$B\$90	FAST1009 number	\$B\$90>=0	Binding	0
\$B\$91	FAST1010 number	\$B\$91>=0	Binding	0
\$B\$92	FAST1011 number	\$B\$92>=0	Binding	0
\$B\$93	FAST1012 number	\$B\$93>=0	Binding	0
\$B\$94	FAST2001 number	\$B\$94>=0	Binding	0
\$B\$95	FAST2002 number	\$B\$95>=0	Binding	0
\$B\$96	FAST2003 number	\$B\$96>=0	Binding	0
\$B\$97	FAST2004 number	\$B\$97>=0	Binding	0
\$B\$98	FAST2005 number	\$B\$98>=0	Binding	0
\$B\$99	FAST2006 number	\$B\$99>=0	Binding	0
\$B\$100	FAST2007 number	\$B\$100>=0	Binding	0
\$B\$101	FAST2008 number	\$B\$101>=0	Binding	0
\$B\$102	FAST2009 number	\$B\$102>=0	Binding	0
\$B\$103	FAST2010 number	\$B\$103>=0	Binding	0
\$B\$104	FAST2011 number	\$B\$104>=0	Binding	0
\$B\$105	FAST2012 number	\$B\$105>=0	Binding	0
\$B\$118	SIWLGR01 number	\$B\$118>=0	Not Binding	3,917148654
\$B\$119	SIWLGR02 number	\$B\$119>=0	Binding	0

\$B\$120	SIWLGR03,, numbe	\$B\$120>=0	Binding	0
\$B\$121	SIWLGR04,, numbe	\$B\$121>=0	Not Binding	8,359305956
\$G\$19	reglabuse reglabuse	\$G\$19>=0	Binding	0
\$H\$19	reglabuse reglabuse	\$H\$19>=0	Binding	0
\$I\$19	reglabuse reglabuse	\$I\$19>=0	Binding	0
\$J\$19	reglabuse reglabuse	\$J\$19>=0	Binding	0
\$K\$19	reglabuse reglabuse	\$K\$19>=0	Binding	0
\$L\$19	reglabuse reglabuse	\$L\$19>=0	Binding	0
\$M\$19	reglabuse reglabuse	\$M\$19>=0	Binding	0
\$N\$19	reglabuse reglabuse	\$N\$19>=0	Binding	0
\$O\$19	reglabuse reglabuse	\$O\$19>=0	Binding	0
\$P\$19	reglabuse reglabuse	\$P\$19>=0	Binding	0
\$Q\$19	reglabuse reglabuse	\$Q\$19>=0	Binding	0
\$R\$19	reglabuse reglabuse	\$R\$19>=0	Binding	0