

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACION DEL COMPONENTE ALIMENTICIO Y DE LA  
RENTABILIDAD ECONOMICA DEL MODULO LECHERO DEL  
CATIE

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DEL PROGRAMA CONJUNTO  
DE ESTUDIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS AGRICOLAS Y RECURSOS NATURALES DE LA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA Y EL CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE  
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, PARA OPTAR AL GRADO DE :

*Magister Scientiae*

---

WALTER ROCHA GONGORA

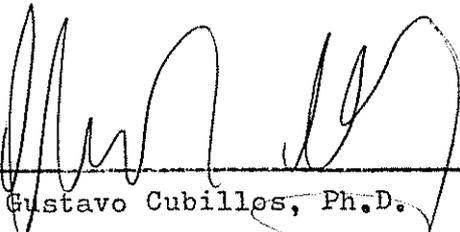
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
TURRIALBA, COSTA RICA

1978.

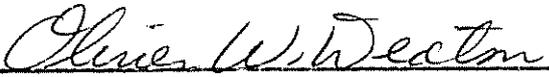
Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la  
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto  
UCR-CATIE, como requisito parcial para optar  
el grado de

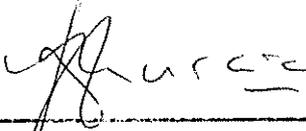
Magister Scientiae

JURADO:

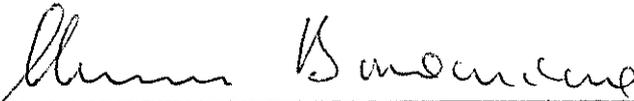
  
\_\_\_\_\_  
Gustavo Cubillos, Ph.D. Profesor Consejero

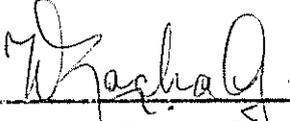
  
\_\_\_\_\_  
Héctor Muñoz C., Ph.D. Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Oliver W. Deaton, Ph.D. Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Héctor Murcia, M.S. Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado  
En Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales

  
\_\_\_\_\_  
Coordinador, Sistema de Estudios de Posgrado de  
la Universidad de Costa Rica

  
\_\_\_\_\_  
Walter Rocha Góngora  
Candidato

DEDICATORIA

A la memoria  
de mi padre

A mi madre  
y mis hermanos  
A mis amigos

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento:

Al Dr. Gustavo Cubillos, profesor consejero, por la orientación en el desarrollo del presente trabajo;

Al Dr. Héctor Muñoz y el Dr. Oliver Deaton, miembros del comité consejero, por su valiosa colaboración tanto en el trabajo de tesis como durante su estadía en este centro de estudios:

Al Ing. Héctor Murcia miembro del comité consejero, por las acertadas críticas;

Al Ing. Danilo Peso y al Dr. Marcelino Avila por su desinteresada ayuda.

A todas las personas que de algún modo contribuyeron en la realización de este trabajo.

Al Gobierno de Holanda, por su apoyo económico durante la realización de sus estudios.

## BIOGRAFIA

El autor nació en La Paz, Bolivia.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Mayor de San Simón, graduándose como Ing. Agrónomo en 1972.

En julio de 1976 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, del Convenio Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza (UCR-CATIE), en Turrialba, Costa Rica, donde realizó estudios en el Programa de Bovinos y Especies Menores, obteniendo el título de Magister Scientiae en noviembre de 1978.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1 Factores que afectan la tasa de crecimiento de los pastos .....	3
2.2 Factores que afectan el consumo voluntario de los animales .....	6
2.3 Factores que afectan la utilización de los pastos .....	10
2.4 Factores que afectan la producción animal ....	11
3. MATERIALES Y METODOS .....	13
3.1 Localización .....	13
3.2 Descripción del sistema de producción de leche	13
3.2.1 Componente alimentación .....	13
3.2.2 Componente genético .....	17
3.3 Metodología .....	17
3.3.1 Mediciones en la pradera .....	18
3.3.2 Mediciones en los animales .....	21
3.3.3 Mediciones al suelo .....	23
3.3.4 Análisis económico .....	26
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	27
4.1 Efectos sobre la pradera .....	27
4.1.1 Efectos sobre la composición botánica .	27
4.1.2 Efectos sobre la tasa de crecimiento del pasto .....	28
4.1.3 Efectos sobre la disponibilidad del forraje .....	30
4.1.3.1 Efectos de la época sobre el contenido de proteína cruda y la digestibilidad de la MS disponible .....	33

	<u>Página</u>
4.2 Efectos sobre el consumo voluntario de alimentos de los animales .....	38
4.2.1 Efectos sobre el porcentaje de utilización del pasto .....	41
4.3 Efectos sobre la producción animal .....	45
4.3.1 Producción por animal .....	45
4.3.2 Producción por unidad de área .....	47
4.3.3 Efecto de la variación de la proteína y energía metabolizable en la producción .....	52
4.4 Análisis económico .....	59
4.5 Discusión general .....	64
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
6. RESUMEN .....	71
6a. SSUMMARY .....	74
7. LITERATURA CITADA .....	77
8. APENDICE .....	85

## LISTA DE CUADROS

<u>Texto</u>		<u>Página</u>
<u>Cuadro N°</u>		
1	Efectos del tiempo sobre la tasa de crecimiento y disponibilidad de la materia seca	31
2	Eficiencia de uso del pasto en 5 períodos .	32
3	Valores promedios del consumo de pasto ....	40
4	Porcentaje de utilización del pasto para vacas en producción y secas .....	45
5	Leche producida por animal por día en relación a la PC y EM consumidas por cien kg de peso vivo .....	47
6	Relaciones entre la disponibilidad y consumo de materia seca y porcentaje de utilización .....	50
7	Producción de leche por hectárea por día en relación a la MS consumida por hectárea por día y la carga animal .....	51
8	Leche esperada y producida con base a la PC y EM en el pasto y en pasto + concentrado .	53
9	Distribución porcentual de la inversión y costos de producción .....	61
10	Resultado económico del sistema de producción de leche del CATIE .....	63

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura NO</u>		<u>Página</u>
1	Efecto del tiempo sobre la tasa de crecimiento del pasto .....	29
2	Efecto del tiempo sobre la disponibilidad de la MS del pasto .....	34
3	Efecto del tiempo sobre la proteína cruda en el pasto .....	36
4	Efecto del tiempo sobre el porcentaje de digestibilidad de la materia seca disponible .....	37
5	Efecto del tiempo sobre el consumo de pasto .....	39
6	Efecto del tiempo en el porcentaje de utilización de la MS disponible .....	44
7	Consumo de materia seca por animal por día en función de la disponibilidad .....	49
8	Kg de leche producida y esperada con base a la proteína cruda de pasto consumido, de pasto + urea + melasa .....	54
9	Kg de leche producida y esperada con base a la PC y de pasto consumido, de pasto + urea + melaza .....	58

## LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

<u>Texto</u>		<u>Página</u>
<u>Cuadro N<sup>o</sup></u>		
1	Resumen de datos meteorológicos durante el período experimental .....	86
2	Composición de la melaza y urea .....	87
3	Aporte con proteína cruda y energía metabolizable por el pasto y el suplemento alimenticio .....	87
4	Cuadrados medios obtenidos en los análisis de varianza de las variables medidas en el capítulo de resultados y discusión .....	88
5	Variación de la composición botánica a través de 300 días .....	89
6	Requerimientos de PC para mantenimiento y producción por animal por día .....	90
7	Requerimientos de EM para mantenimiento y producción por animal por día .....	90
8	Porcentaje de digestibilidad y proteína cruda para vacas lactantes y secas .....	91
9	Leche esperada con base a la EM y PC en el pasto consumido .....	91
10	Leche esperada con base a la EM y PC presentes en el pasto y suplemento alimenticio ..	92
11	Valores promedios de acidez a diferentes profundidades de la superficie del suelo antes y después del período de observaciones .....	93
12	Efecto sobre el contenido de N del suelo a diferentes profundidades, al inicio y al final del período de observaciones .....	93

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
13	Valores promedios iniciales y finales de la resistencia del suelo a la penetración a cinco profundidades diferentes .....	94
14	Inversión y costos del sistema de producción de leche del CATIE .....	95
15	Cálculo del costo de producción de la MS del pasto .....	98

## 1. INTRODUCCION

Uno de los problemas más serios que el ganadero enfrenta en los trópicos, donde la alimentación del ganado se basa casi completamente en forraje, es la fluctuación de disponibilidad de alimento a través del año. Generalmente hay un exceso de alimento durante la época húmeda y escasez durante la época seca. La solución de este complejo problema no significa simplemente escoger una alternativa sobre otra, sino la selección de una combinación de alternativas.

La producción de leche en régimen de pastoreo es un sistema complejo físico-biológico regulado por un número de factores cuya combinación para maximizar el producto final es un trabajo de síntesis que permite desarrollar sistemas de producción animal basados en el uso eficiente de los recursos disponibles.

El instrumento que da a la investigación esa capacidad de generar sistemas, es la unidad experimental de producción que encara en el proceso el conjunto de problemas e integra los factores que son importantes en la producción pecuaria.

El CATIE ha dirigido sus esfuerzos a la generación e integración de tecnología en sistemas de producción de leche a partir de los mejores resultados de investigaciones en las áreas de alimentación, sanidad, genética y manejo. La componente alimentación de ganado lechero, objeto de este estudio, está fundamentado en el uso de recursos locales y de animales que pueden

hacer uso eficiente de esos recursos.

El sistema de alimentación adquiere mayor importancia cuando la producción del pasto es estacional, porque permite visualizar que es posible compensar la disminución de la disponibilidad de forraje mediante la suplementación y lograr con ello mantener una elevada producción por unidad de área durante el año.

En el módulo lechero del CATIE la alimentación de los animales está basado en pasto y melaza-urea, con una carga animal de 6.4 animales/ha, triple cruza (Criollo, Jersey y Ayrshire) que de acuerdo a investigaciones previas tiene un buen comportamiento productivo y reproductivo.

Bajo estas consideraciones los objetivos que se persiguen son:

- 1.- Evaluar la eficiencia físico-biológica del sistema de alimentación en el módulo lechero del CATIE.
- 2.- Calcular la rentabilidad económica del sistema de producción de leche del CATIE.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Factores que afectan la tasa de crecimiento de los pastos

La capacidad de los pastos tropicales y subtropicales para producir grandes cantidades de forraje lo deben a su alto potencial de crecimiento (17, 21). Esto se refiere a la alta capacidad de las plantas para aumentar su peso neto al incrementar el tamaño y la cantidad de sus hojas y otros órganos. Este aumento expresado en kg de materia seca (MS) por hectárea (ha) y por día es lo que se conoce como tasa de crecimiento (21, 42).

Numerosos trabajos experimentales (17, 21, 42), han encontrado que las tasas de crecimiento en el trópico varían de 30 a 700 kg de MS/ha/día, aunque el límite superior es alto y teórico. En la práctica estos valores son menores aún en condiciones experimentales (233 kg de MS/ha/día, pasto Pennisetum purpureum, en el Salvador).

Los procesos implicados en la tasa de crecimiento son influidos por factores ambientales importantes, como la radiación solar, la temperatura y la provisión de agua que varían en forma estacional y también por la disponibilidad de nutrientes del suelo (35, 64).

En ambientes tropicales la energía radiante es grande, varía poco entre estaciones y está concentrado en días cortos. Los pastos en estas regiones generalmente tienen niveles altos de

saturación de luz y fotosíntesis, además la fotorrespiración diurna es casi nula o no existe. Estas características y factores dan como resultado una tasa de crecimiento potencial mayor que en regiones de clima templado (21, 27).

La tasa de crecimiento es afectada por los cambios de temperatura. En la mayoría de los pastos tropicales la temperatura óptima de fotosíntesis está cerca de 30°C y disminuye, cuando las temperaturas están por debajo de los 15°C (19).

La provisión de agua, especialmente por su distribución estacional, es un factor que puede limitar la producción de pastos, al afectar los procesos de síntesis y la tasa de crecimiento de la planta (55).

En la época húmeda las plantas están en crecimiento activo y los tejidos mantienen el nivel de síntesis durante un período mayor, mientras que en la época seca la planta tiende al crecimiento reproductivo con mayor facilidad (55, 64) y por lo tanto la tasa de síntesis es menor. En esta etapa los tallos y hojas son fisiológicamente menos eficientes. Es casi seguro que la escasez de humedad del suelo, reduce el índice de crecimiento de la pastura, con más frecuencia que otros factores, tanto dentro de cada estación como entre estaciones (24, 58). Esto se hace crítico cuando va asociado con una alta incidencia de energía radiante. En regiones tropicales húmedas el agua no es un factor limitante, sin embargo el crecimiento estacional existe, aunque no tan marcado como en condiciones de precipitación estacional.

Otro factor, que en la práctica determina el crecimiento

de las plantas es la disponibilidad de nutrientes del suelo, particularmente el nitrógeno (73). En regiones tropicales el lavado de los suelos por las lluvias, incide en su fertilidad, afectando los rendimientos y calidad del pasto (58). Por esto, el uso de los fertilizantes en pastos generalmente aumenta la producción de forraje durante la época húmeda y ayuda a reducir el efecto adverso de la época seca (16, 61, 69, 73).

La fertilización nitrogenada es solo un componente del sistema de alimentación forraje-animal. Los pastos tropicales responden favorablemente a la fertilización nitrogenada (24, 73), pero esta respuesta es mejor utilizada cuando se combina con otras prácticas de manejo del sistema.

Aún con suficiente cantidad de agua y nutrientes del suelo, se requieren prácticas de manejo del pasto que permiten interceptar una adecuada proporción de energía radiante tanto para mantener un alto crecimiento como para la acumulación de reservas energéticas por la planta. Ello ayuda en la actividad meristemática para un nuevo crecimiento de la planta, al mismo tiempo que minimiza las pérdidas por envejecimiento y muerte (27, 61). Una buena técnica de manejo sería aquel en que la cantidad de pasto consumido por los animales sea más o menos igual a la ganada por la pastura.

Las variaciones de producción de pasto por causas estacionales y propias de la planta pueden reducir el crecimiento a niveles de 20 - 30 por ciento de las tasas de crecimiento obtenidos en los períodos de máxima producción (23). La disminución de

la tasa de crecimiento influye directamente sobre la disponibilidad de pasto por animal, aunque esto depende también del número de animales sobre la pastura (23, 33).

Una utilización efectiva de los altos niveles de producción potencial en los trópicos depende del desarrollo de sistemas de producción donde los rendimientos y la intensidad de pastoreo sean balanceados según los requerimientos de consumo y las variaciones estacionales de la producción del pasto.

## 2.2 Factores que afectan el consumo voluntario de los animales

Los pastos utilizados directamente por los animales constituyen la alimentación más económica (23, 50). Sin embargo la calidad de forraje disponible es variable debido al crecimiento estacional.

En un sistema de producción de leche basado en el pastoreo la cantidad y calidad de MS de pasto que consume voluntariamente un animal es probablemente el factor principal que determina la producción animal, pues a mayor consumo de MS, los animales consumen mayor cantidad de nutrientes (energía, proteínas, vitaminas y minerales) (60).

Se define como consumo voluntario la cantidad de alimento ingerido por el animal en un período determinado (19). Este consumo voluntario, es afectado por varios factores concernientes

a la planta, al animal, al ambiente y otros.

Cuando la disponibilidad es alta al animal consume más pasto y tiene la oportunidad de seleccionar su alimento, en este caso el consumo tiende hacia un valor constante determinado por el control físico de consumo del animal (57). Si la disponibilidad de pasto es baja, el animal no puede seleccionar y consume todo el pasto, pero este alimento es de menor calidad y la producción por animal será menor.

En algunos casos las pasturas no llegan a cubrir la totalidad de los requerimientos del animal, especialmente en épocas críticas de la producción de pasto. Esto hace necesario buscar fuentes alternativas de alimentación como los subproductos agrícolas o industriales locales (20, 77).

Las vacas alimentadas con pasturas al ser suplementadas con concentrados, aumentan el consumo total del alimento. Sin embargo parte de la dieta básica (pasto) es sustituida por el concentrado y la magnitud de la sustitución depende de la calidad del forraje y del nivel de suplementación (18). Así, el consumo de un pasto de baja calidad disminuye de 0.3 - 0.4 kg por cada kg de alimento concentrado, cuando la calidad de la pastura es buena, la disminución es de 0.6 a 0.7 kg por kg de concentrado (19).

Varios trabajos (7, 23, 49) señalan que los resultados obtenidos en áreas tropicales para vacas lecheras con producciones entre 9 y 13 litros diarios, la suplementación no resulta económica. Por lo que concluyen que en vacas con limitada capacidad de consumo de pasto, su rendimiento está en función de la calidad del

pasto (20). También se ha encontrado que pastos o forrajes con alto contenido de agua reducen el consumo a causa de la capacidad física del animal, ya que existe una correlación positiva entre la cantidad de MS ingerida y el porcentaje de MS en el pasto (71).

Por otra parte, el bajo contenido de proteína de pastos maduros ó de baja calidad deprimen el consumo, cuando el porcentaje de proteína se encuentra por debajo de 6 a 7 por ciento (66, 67).

No obstante, es importante resaltar que en pastos fertilizados con nitrógeno, el nivel de energía limita más la producción animal que el nivel de proteína (3, 14, 19, 27, 31, 34, 45, 67). El contenido de carbohidratos solubles disminuye a medida que el contenido de proteína en el pasto es más alto, como en el pasto tierno o en el pasto fertilizado con altas dosis de nitrógeno (64).

En especies templadas, la relación entre digestibilidad de MS y el consumo voluntario es estrecha, pero para especies tropicales esta relación no se cumple exactamente (19). Aunque la fertilización nitrogenada aumenta el contenido de proteínas y la digestibilidad, cuando es aplicado a muy altos niveles deprime el consumo (15). La mayor ventaja de fertilizar radica en el aumento de la masa verde y la productividad por área (16, 55, 73). Sin embargo otros (75) sostienen que el consumo está positivamente correlacionado con la digestibilidad de los pastos.

En raciones de alta digestibilidad, (20, 52) los factores reguladores del consumo son de tipo fisiológico y dependen

del tamaño metabólico, el nivel productivo del animal y la digestibilidad de la ración. Hay evidencias (15, 19, 21) de que esta regulación del consumo voluntario es de naturaleza quimiostática, relacionada con la concentración de ácidos grasos volátiles en la sangre.

Con raciones de baja digestibilidad los factores reguladores del consumo son de naturaleza física (34, 50, 58, 67). Así la ingestión voluntaria de los forrajes se relaciona con la cantidad de digesta en el retículo-rumen, estando determinadas hasta cierto punto por la digestibilidad y la rapidez de salida del rumen de los residuos no digeridos (58, 71). También la gordura y la preñez determinan la disminución del consumo (27).

Algunos problemas carenciales, en especial las deficiencias de calcio, fósforo y cobalto reducen el consumo. Sucede lo mismo cuando los animales presentan estados patológicos, como diarreas, parasitismo y otros (15, 19).

Las temperaturas por encima de los 23°C con alta humedad relativa reducen mucho el consumo de MS. Cuando el animal no puede disipar el calor de digestión, la reacción natural es reducir el consumo, para contrarrestar ese efecto (35, 65).

Los animales alimentados con pastos y forrajes fibrosos en ambientes calientes, reducen su consumo (20, 67), porque este tipo de alimento produce más calor en la digestión, debido al alto porcentaje de fibra y bajos porcentajes de proteína y digestibilidad (17).

### 2.3 Factores que afectan la utilización del pasto

La utilización eficiente de las pasturas es uno de los problemas más complejos de la agricultura. Aunque el potencial de producción de forraje en el trópico es uno de los más altos (17, 23), la cantidad de pasturas que actualmente se utiliza es muy baja. La falla no solo radica en la baja productividad de los pastos sino también en una ineficiente utilización de los mismos (25, 45).

Si los factores concernientes al pasto y su disponibilidad no son una barrera para el consumo por el animal, la cantidad utilizada está determinado por la capacidad de consumo del animal y su número sobre la pastura (11, 49).

El porcentaje de utilización de los pastos es mayor con cargas altas y bajo pastoreo controlado (32, 43, 49), y la contaminación del pasto producida por las excreciones de un mayor número de animales en una superficie restringida no constituyen un problema para el consumo (20, 37).

La producción de leche aumenta cuando el porcentaje de utilización de los pastos es mayor debido a una alta carga animal (13, 27, 42). Igualmente la producción de grasa butirométrica está positivamente relacionada con el porcentaje de MS utilizada, pero negativamente relacionada con el rendimiento de MS en la pastura. Así mismo el sistema de manejo es tan importante como la carga en el porcentaje de utilización (7, 16, 18, 27, 43, 54).

En una pastura, donde el 50 por ciento tiene menos de

15 cm de altura se encontró que las vacas cosecharon un promedio de 11 kg de MS, cuando la altura de la pastura aumentó la cantidad utilizada disminuyó a 9.5 kg. Esto permite ver que, no es con la hierba más alta, que la vaca cosecha una cantidad máxima (43).

#### 2.4 Factores que afectan la producción animal

Se conoce que las altas temperaturas tienen un efecto negativo sobre la producción de leche. Una reducción en el consumo de alimentos parece ser la causa principal de esta disminución, por lo que las vacas más productivas son las más afectadas (8, 20, 31, 34, 50).

Por otra parte, se acepta que los pastos tropicales tienen un bajo valor nutritivo y que las altas temperaturas determinan en los pastos el alto porcentaje de fibras y bajo porcentaje de proteína y digestibilidad, aunque la disponibilidad sea grande (17, 34, 52).

Sin embargo las altas producciones de leche obtenidas en regiones tropicales (58), en algunos casos tan elevados como en regiones de clima templado, son consecuencia de un mejor conocimiento adquirido a través de la investigación de los factores que inciden en los aspectos negativos mencionados. La aplicación de estos conocimientos, han permitido comprender mejor los problemas relacionados con el manejo de los pastizales, principal-

mente los que se refieren a la carga animal, fertilización, rotación y la introducción de variedades mejoradas de pastos.

Visto así, las altas producciones de leche a base de pastos tropicales, depende más del desarrollo técnico que de la calidad de los pastos (58).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización

La evaluación del sistema de alimentación en la producción de leche en base a pastos, se realizó en la Unidad Experimental de Producción de Leche de la Finca Experimental del Programa de Producción Animal del CATIE, en Turrialba, Costa Rica, durante los meses de julio 1977 a abril 1978.

#### 3.2 Descripción del sistema de producción de leche

A fin de facilitar la descripción de la Unidad de producción se divide este en dos componentes: Componente alimentación y genético.

##### 3.2.1 Componente alimentación

El área total de la Unidad de producción son de 3.5 ha, cultivadas con pasto Estrella africana (Cynodon nlemfluensis; Vanderyst var nlemfuensis), esta área fue dividida en 33 apartos de los cuales ocho han sido destinados a la crianza de remplazos y uno para la siembra de caña que sirve como alimento para la época de verano, y 25 apartos de 1250 c/u para las vacas en

producción y secas.

Cada parto es ocupado dos días, el primero por las vacas en producción y el segundo por las secas, el período de descanso de los partos de vacas es de 23 días, y 21 lo de terneros lo cual estaba dentro el rango óptimo encontrado por las investigaciones realizadas en el CATIE (14).

El pasto Estrella recibe una fertilización nitrogenada de 250 kg/ha/año que se aplican en los meses de mayor precipitación pluvial y después de cada pastoreo. Las malezas son escasas y se controlan a mano.

Los animales están divididos en los siguientes grupos: vacas en producción, vacas secas, remplazos y terneras.

Vacas en producción tienen como alimento básico el pasto Estrella más una suplementación con melaza y urea. Según el NRC para una producción potencial de 15 kilogramos de leche por día por animal, el pasto Estrella con 12% de proteína (31) no satisface esos requerimientos. Y de acuerdo a investigaciones del CATIE se recurre a la urea como fuente de nitrógeno no proteico suministrando un total de 3% de la ración.

En lo referente a energía las necesidades son de 27,73 Mcal de Energía Digestible (ED) y una cantidad de 2 kg de melaza por día por animal cubren el déficit de energía

Entre las prácticas sanitarias de este grupo están: baños garrapaticidas de acuerdo al grado de infestación, prueba de mastitis mensual, prueba de brucelosis una vez al año, control del gusano de monte y arreglo de pezuñas.

### Vacas secas

La ordeña se suspende dos meses antes del parto y pastorean la parte rechazada por las vacas en producción.

### Crianza de terneros

El ternero permanece con la madre durante los 4 primeros días a fin de aprovechar el calostro, luego se cría en una jaula individual donde se le proporciona 4 litros de leche por día durante dos meses, en esta etapa el animal debe llegar a un peso de 50 kg.

A partir de la segunda semana se le administra concentrado (24% de proteína) y pasto cortado con el objeto de acostumar al animal a estos alimentos y promover el desarrollo del rumen, la cantidad de concentrado puede ser de 1 kg por día dependiendo de la capacidad de la ternera. Después de la segunda semana se les expone a pastoreo directo en el día y cuando no hay exceso de lluvia.

Las prácticas sanitarias consisten en desinfección con tintura de yodo del ombligo del ternero recién nacido, también en esta etapa se procede a identificarlas.

Crianza de terneras desde los 50 kg hasta los 100 kg de peso

En este grupo el alimento básico es el pasto estrella, con libre acceso al agua y sales minerales. Además se les administra concentrado a razón de 1.5 a 2 kg por animal por día en un corral en el cual permanecen desde la tarde al día siguiente. El total de concentrado consumido por ternera es de aproximadamente de 300 g por día.

Las prácticas sanitarias de este grupo son: vacuna contra brucelosis, desparasitación cada 3 meses con antihelmínticos de amplio espectro y baños garrapaticidas con una frecuencia que depende del grado de infestación.

Se realizan pesadas cada 28 días con el objeto de obtener información a cerca de los incrementos de peso y el desarrollo del animal.

Remplazos de 100 kg hasta el apareamiento

Este grupo tiene como alimento básico pasto estrella y melaza a razón de 2 kg/animal/día, sales minerales y agua.

Las prácticas sanitarias son la desparasitación gastro-intestinales como pulmonares y baños garrapaticidas, según sea necesario.

En esta edad se les administra vacuna contra Carbón sintomático, Edema maligno y Septicemia hemorrágica los cuales se

repiten cada año.

Cuando las vaquillas llegan a 200 - 250 kg de peso se procede a inseminarlas. Estos datos se llevan a un registro del record del animal en lo referente al aspecto reproductivo.

### 3.2.2 Componente genético

Varios años de investigación (14) han dado como resultado el tipo de animal usado en el módulo lechero, ½ Ayrshire - Criollo - ½ Jersey, cuyas características son: tamaño mediano, buena producción y fertilidad y con un potencial genético para producir por lo menos 15 lt/día de leche.

La selección se realiza tomando en cuenta la producción y reproducción, la selección de las novillas se realiza basados en los registros de la madre, criterio reproductivo, defectos congénitos y record del reproductor.

### 3.3 Metodología

Debido a los objetivos que se persigue, se estudiaron solo aspectos relacionados con la componente alimentación.

La variable principal fue el tiempo y sus efectos sobre el comportamiento del pasto y el animal.

Los parámetros estimados en base a los datos obtenidos en el campo y laboratorio fueron los siguientes.

### 3.3.1 Mediciones en la pradera

#### Composición botánica

La composición botánica fue determinado al inicio del experimento y al final del mismo, para ello se utilizó el sistema de doble muestreo, efectuando 40 observaciones visuales por aparato, de un área de 400 cm<sup>2</sup> cada una, y se cosechó una muestra de cada 10 observaciones visuales. Estas muestras fueron separadas manualmente en pasto estrella y otras especies.

El objeto de estas estimaciones es determinar los cambios ocurridos en los componentes de la pradera por efecto de los factores que influyen sobre ella.

Para corregir las observaciones realizadas, se utilizó la siguiente ecuación que estima el porcentaje de pasto Estrella en la pradera.

$$Y = \bar{y} + b(x' - \bar{x})$$

donde:

Y = media estimada del porcentaje de pasto Estrella

$\bar{y}$  = media estimada de la muestra separada manualmente

x' = media de todas las observaciones visuales

$\bar{x}$  = media de las observaciones visuales correspondientes a las muestras reales

b = coeficiente de regresión lineal de y en x obtenido de las muestras reales

$x$  = estimación individual del porcentaje de pasto estrella

Tasa de crecimiento del pasto

Antes del pastoreo de un aparto se estimó la cantidad de forraje disponible en términos de materia seca (MS), para ello se utilizó el método de doble muestreo, tomando 20 lecturas visuales en un  $m^2$  c/u por aparto y una real por cada 10 visuales.

La anterior ecuación permite ajustar las muestras reales:

donde:

$Y$  = media estimada del % de MS del pasto que tiene relación con las  $x$

$\bar{y}$  = media estimada de la cantidad de MS por  $m^2$  de las muestras reales (4 muestras reales)

$x'$  = media de todas las observaciones visuales

$\bar{x}$  = media de las observaciones visuales correspondientes a las muestras reales

$b$  = coeficiente de regresión lineal de  $y$  en  $x$  obtenido de las muestras reales

$x$  = estimación individual del porcentaje de MS de pasto

Después de cada pastoreo se estimó la cantidad de forraje residual, como MS, utilizando el mismo procedimiento que para obtener el forraje ofrecido.

Con estos datos se estimó la tasa de crecimiento del pasto en términos de materia seca/ha/día ( $T_i$ ), siguiendo la siguiente ecuación:

$$T_i = \frac{B_i - A_{i-1}}{n}$$

donde:

$i = 1, 2$  días de pastoreo

$A_{i-1}$  = MS residual/ha después del pastoreo anterior

$B_i$  = MS/ha antes del pastoreo  $i$

$n$  = número de días de descanso (23)

Disponibilidad del forraje

$$D_i = B_i + T_i \times Ndp$$

donde:

$D_i$  = disponibilidad de MS en kg por hectárea ó por 100 kg de peso vivo

$Ndp$  = número de días de pastoreo

$B_i$  = MS/ha antes del pastoreo

En el laboratorio se determinó la Digestibilidad in vitro de la MS del pasto, que se efectuó mediante el procedimiento de Tilley y Terry de dos fases, digestión microbiana por 48 horas y digestión enzimática por otras 48 horas (72).

El contenido de proteína cruda (FC) de la materia seca (MS) se determinó por medio de la técnica de Micro Kjeldahlj (4).

A partir del porcentaje de digestibilidad de la MS se ha estimado la energía metabolizable (EM) del pasto usando las siguientes fórmulas (56).

$$DMS = NDT$$

$$ED \text{ en Mcal/kg} = \frac{NDT\%}{100} \times 4.409$$

$$EM \text{ en Mcal/kg} = ED \times 0.82$$

DMS = Digestibilidad de la materia seca

NDT = Nutrientes digestibles totales

ED = Energía digestible

### 3.3.2 Mediciones en los animales

#### Producción de leche

La leche producida por cada vaca, se pesó cada 15 días, estos datos permitieron calcular la producción por animal y por

hectárea. Previo a los cálculos la leche se corrigió por contenido graso mediante la fórmula (16)

$$\text{Leche de 4\%} = (0.4 \times \text{kg leche}) + (15 \times \text{kg grasa})$$

#### Carga animal

Este cálculo se hizo por cada período de dos meses y se usó la fórmula siguiente:

$$\text{Carga} = \text{NO animales} \times \text{ha}$$

Los animales tienen un peso promedio por período.

#### Consumo de pasto

El consumo de pasto por 100 kg de peso vivo del animal y por hectárea de vacas en producción y vacas secas, se estimó restando a la MS disponible, la cantidad de MS residual.

Se estimaron mediante las tablas del NRC (56) las cantidades de EM y PC requeridas para mantenimiento y producción. También se estimaron las cantidades de EM y PC que aportan la MS consumida, la melaza y la urca suplementadas y la cantidad de leche esperada con estos consumos. Estos valores se comparan con la producción de leche obtenida y se mide la eficiencia del sistema.

### 3.3.3 Mediciones al suelo

#### Resistencia a la penetración

Se utilizó un penetrómetro estático con pistón de acero inoxidable de 5 mm de diámetro con una línea circunscrita en el pistón a 5 cm del extremo. Se tomaron 4 muestras por cada aparcamiento efectuando 5 lecturas por muestra las cuales se tomaron en la superficie del suelo, a 7,5; 15,0; 22,5 y 30,0 cm de profundidad. Las lecturas obtenidas se multiplicaron por el factor 2,27 para transformarlas a bares. Para corregir las variaciones de resistencia a la penetración por efecto de la diferente humedad del suelo, se efectuó un muestreo del suelo de cada lugar de lectura (29).

En laboratorio se realizaron las siguientes determinaciones:

Contenido de N del suelo a niveles de 0; 7,5; 15; 22,5 y 30 cm de profundidad, por el procedimiento de semimicro kjeldalhj.

Se determinó la acidez del suelo en pH de las muestras del suelo indicadas tanto en agua como en cloruro de potasio.

Otras determinaciones se refieren a Nitrógeno, Fósforo y  $K_2O$  del suelo. El nitrógeno se obtuvo a partir de la determinación de materia orgánica del suelo.

Para el análisis de la información se utilizaron pruebas de "F", regresiones para expresar las funciones de respuesta y pruebas de "t" y Duncan para comparaciones de medias.

Previamente la información fue dispuesta en 5 períodos, cada una de dos meses, haciendo un total de 10 meses que duró la recolección de datos (de Julio de 1977 a Abril de 1978), de la siguiente manera: período 1 comprende Julio-Agosto, período 2, Septiembre-October; período 3, Noviembre-Diciembre; período 4, Enero-Febrero y período 5, Marzo-Abril.

Se probaron los siguientes modelos matemáticos en cada parámetro.

$$a.- Y = b_0 + b_1X$$

donde:

Y = valor estimado de cada parámetro

$b_0$  = valor de Y cuando X = 0

$b_1$  = coeficiente de regresión

X = tiempo en períodos

$$b.- Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$$

Y = valor estimado del parámetro

$b_0$  = valor de Y cuando X = 0

$b_1$  y  $b_2$  = coeficientes de regresión

X = tiempo en períodos

$$c.- Y = b_0 + b_1X + b_2X^{1/2}$$

Y = valor estimado del parámetro

$b_0$  = valor de Y cuando X = 0

$b_1$  y  $b_2$  = coeficientes de regresión

X = tiempo en períodos

d.-  $Y = b_0 X^{b_1}$

Y = Valor estimado de cada parámetro

$b_0$  = valor de Y cuando X = 0

$b_1$  = coeficiente de regresión

X = tiempo en períodos

e.-  $Y = b_0 e^{-b_1 X} X^{b_2}$

Y = valor estimado de cada parámetro

$b_0$  = valor de Y cuando X = 0

e = base de logaritmos naturales

$b_1$  = coeficiente de regresión

X = tiempo en períodos

Los modelos b y c fueron los que mejor ajuste dieron para tasa de crecimiento, disponibilidad, consumo de MS del pasto, contenido de proteína del pasto, digestibilidad de la MS del pasto, porcentaje de utilización del pasto y producción de leche por hectárea.

Los análisis de varianza y pruebas de comparación se muestra en el apéndice.

La evaluación final se realizó tomando en cuenta el efecto de las variables externas en el pasto y en la producción

animal mediante los siguientes parámetros.

- Composición botánica
- Tasa de crecimiento
- Disponibilidad del forraje
- Contenido de PC del pasto
- Digestibilidad de la MS
- Consumo de pasto y suplemento en términos de energía metabolizable y proteína cruda
- Producción de leche/animal/día
- Producción de leche/ha/día

### 3.3.4 Análisis económico

Previamente se calculó el costo de producción de un kg de pasto, luego el costo de alimentación por litro de leche producida.

Para conocer la viabilidad económica del sistema de producción de leche, se estudió el efecto del componente alimenticio con base a pasto y suplemento, sobre la rentabilidad económica mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{IN}}{\text{Costos totales}} \times 100$$

donde:

IN = ingreso neto por hectárea : kg de leche producida/  
ha x precio/kg - Costos totales

Costos totales = costos fijos + costos variables

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1 Efectos sobre la pradera

##### 4.1.2 Efectos sobre la composición botánica

En el Cuadro 5 del anexo se puede observar los resultados del análisis de la composición botánica donde existe diferencia ( $P < 0,01$ ) entre los porcentajes de pasto Estrella al inicio y al final del tiempo de observaciones de la prueba. Se considera que el punto crítico para un tratamiento de la pradera es aquel cuando se encuentra menos del 50 por ciento de la especie principal (35).

Los mayores porcentajes de pasto Estrella al inicio del experimento pueden deberse al activo crecimiento y su carácter agresivo durante la época de lluvias. Esto está de acuerdo con lo observado por Zañartu (80), que encontró que hay variaciones en la composición botánica debido al crecimiento estacional de las plantas.

La fertilización es otro de los factores principales que pudo hacer variar la composición botánica, Lemus (44), reporta que el porcentaje de pasto estrella aumenta al aumentar la fertilización nitrogenada, y que el nivel crítico de fertilización nitrogenada sobre la composición botánica de las praderas podría estar entre 125 y 250 kg/ha/año en cualquier presión de pastoreo

a que fueran sometidos. Esto explicaría el menor porcentaje de pasto Estrella al final de la prueba, ya que la fertilización se suspendió en los meses secos. En este trabajo el mayor contenido de pasto Estrella pueden deberse a la fertilización nitrogenada ya que este elemento favorece el crecimiento del pasto y esto a su vez aumenta la capacidad para competir con otras especies.

Por otro lado, Zañartu (80) y Ramírez (61) encontraron que la composición botánica del pasto Estrella, no era afectada por la presión de pastoreo en condiciones de Turrialba. En este caso debido a que la presión de pastoreo se asemeja a niveles usados por los trabajos anteriormente citados, se esperaría que los cambios ocurridos no se deben al efecto de ese factor.

#### 4.1.2 Efectos sobre la tasa de crecimiento del pasto

Se encontró que la tasa de crecimiento del pasto difiere significativamente ( $P < .05$ ) entre períodos (Cuadro 4 del Apéndice) esto fue debido a los factores climáticos que determinan el crecimiento de las plantas. Los cambios en la tasa de crecimiento se observan en la Figura 1. Se aprecia que la variación entre los 180 días iniciales es escasa, pero la tasa de crecimiento disminuye en forma significativa entre 180 y 300 días. Este hecho coincide con la distribución estacional de lluvias (Cuadro 1 del Apéndice), con menores precipitaciones durante los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril que corresponden al período entre 180 a

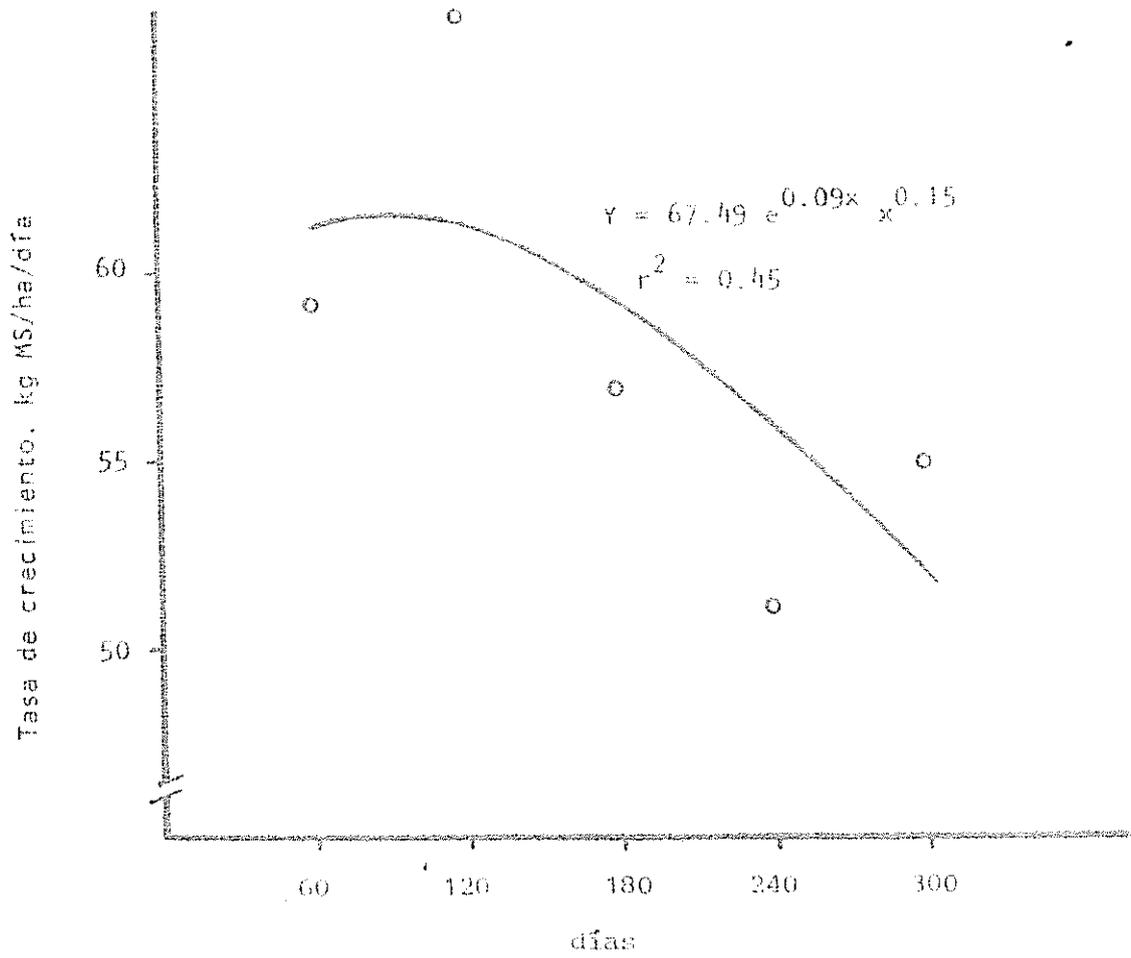


FIGURA 1. EFECTO DEL TIEMPO SOBRE LA TASA DE CRECIMIENTO DEL PASTO

300 días cuando las tasas de crecimiento fueron menores. Este comportamiento del pasto está de acuerdo con los resultados que aparecen en la literatura (25), que indica que la escasez de humedad en el suelo reduce el índice de crecimiento más que otros factores.

La importancia de las variaciones estacionales causado por los factores climáticos sobre la tasa de crecimiento se debe a que limitan la disponibilidad de forraje en determinados periodos mientras que en otros hay abundancia de pasto.

Las tasas de crecimiento de pasto Estrella determinados en este trabajo son altos y concuerdan con lo encontrado por Carrillo (12) y Lemus (44) en Turrialba.

Sin embargo la variación observada es mucho menor que la que se ha reportado para las mismas condiciones (25), porque hubo una disminución de solo 24% en la tasa de crecimiento entre la época de máximo y mínimo crecimiento.

#### 4.1.3 Efectos sobre la disponibilidad de Materia seca del pasto

En el Cuadro 1, se observan los valores promedios de la disponibilidad de MS por cien kg de peso vivo (PV) y por hectárea en los 300 días de prueba. La disponibilidad de pasto fue mayor ( $P < 0,01$ ) entre los 60 a 180 días que entre los primeros 60 y de 180 a 300 días y coinciden en parte con el régimen de precipitación

Cuadro 1. Efectos del tiempo sobre la tasa de crecimiento y disponibilidad de la materia seca.

Período días	Tasa de crecimiento kg de MS/ha/día	Disponibilidad	
		Porcentual	Por superficie
		kg de MS/100 de PV	kg de MS/ha
60	59,4 a	5,6 b	3028 b
120	67,4 b	7,2 a	3662 a
180	57,2 a	6,8 a	3212 a
240	51,2 a	5,1 b	2707 b
300	55,9 a	4,9 b	2506 b

Cifras con la misma letra entre columnas no difieren significativamente ( $P > 0,01$ )

estacional (Cuadro 1 del Apéndice).

Cuando la disponibilidad del pasto excede a la capacidad de consumo de los animales se esperaría que la tasa de crecimiento disminuye debido al envejecimiento del forraje. En éste caso aún en la época de mayor crecimiento la acumulación no tuvo efecto sobre la tasa de crecimiento y en el Cuadro 1, se aprecia que solo en el período de 180 a 240 días la tasa de crecimiento fue diferente al resto.

Durante el primer período la tasa de crecimiento fue de 59,4 kg de MS/ha/día lo que permitió una acumulación de 1366 kg

de MS/ha, ó sea 170 kg de MS por parcela de 1250 m<sup>2</sup> durante los 23 días de descanso. El consumo observado fue de 2,04% del PV, lo que significa 7,7 kg de MS/animal/día. Como la carga animal de vacas en producción en los primeros 60 días fue de 6,08 animales/ha/día, se encontró que la eficiencia de uso fue de 46,6% que puede considerarse baja. Como en todos los períodos la tasa de crecimiento fue alta y no hubo cambios sustanciales en la carga, la eficiencia de uso en cada período de pastoreo fue baja (Cuadro 2). De lo anterior se puede concluir que el consumo fue menor que el crecimiento de pasto.

Cuadro 2. Eficiencia de uso del pasto en cinco períodos

Tiempo días	Carga kg de MS/animal	Eficiencia de uso %
60	6,08	46,68
120	5,76	52,76
180	4,80	49,44
240	5,76	46,54
300	5,44	40,64

Estos resultados hacen suponer que hubo un aprovechamiento bajo del pasto disponible y que la carga animal utilizada no fue excesiva.

En la Figura 2, se observa que hubo un aumento en la disponibilidad durante los primeros 120 días de mediciones para luego disminuir con el avance de la temporada. La disminución se explica porque la tasa de crecimiento disminuyó lo cual al tener una carga constante significa menor posibilidad de acumulación de material en la pradera.

En pastos tropicales el ganado en pastoreo tiene dificultad para satisfacer sus requerimientos de mantenimiento y producción debido al contenido de fibra del forraje lo que causa un bajo aprovechamiento del alimento, por esta razón el pastoreo selectivo tiene un gran valor ya que permite aprovechar una mayor proporción de los nutrientes disponibles para la producción. Sin embargo, la selectividad solo es posible cuando existe buena disponibilidad y accesibilidad de forraje para un consumo adecuado tanto en calidad como en cantidad.

#### 4.1.3.1 Efectos sobre el contenido de proteína y la digestibilidad del pasto

Durante los 300 días de observación se encontró un efecto ( $P \leq 0,01$ ) del tiempo sobre el contenido de proteína cruda (PC) y el porcentaje de digestibilidad de la MS del pasto (Cuadro 4 del Apéndice). En las Figuras 3 y 4 se aprecian los valores de predicción y las tendencias de variación tanto para el contenido de PC y la digestibilidad que fueron similares. Estas tendencias

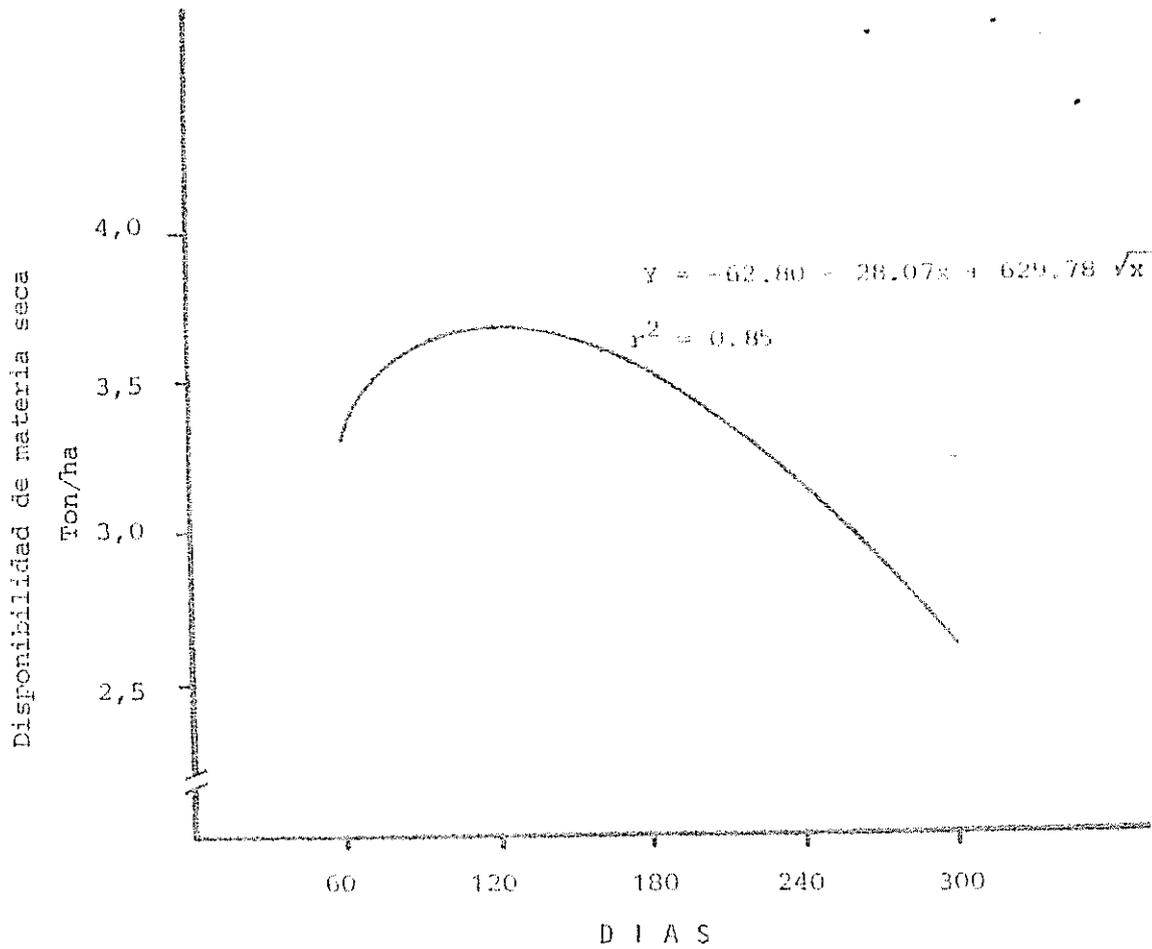


Fig. 2. EFECTO DEL TIEMPO SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE LA MS  
DEL PASTO

son el resultado de los factores climáticos que hacen variar la cantidad del pasto la cual aumenta durante los primeros 180 días que coincide con los meses de mayor precipitación.

De los 180 a 300 días la precipitación y la temperatura disminuyó, lo que provocó un menor crecimiento y una maduración más rápida de los pastos. Por lo tanto el porcentaje de la PC y la digestibilidad del pasto se encontró en los niveles más bajos como se ve en las Figuras 3 y 4.

Otro factor que influye en el contenido de proteína y la digestibilidad del pasto ofrecido al animal es la fertilización. En éste caso las aplicaciones de fertilizante se realizaron durante los primeros 180 días de la prueba. Esto pudo haber significado una baja en la calidad del pasto disponible en los períodos más avanzados. Lo anterior estaría reforzando lo encontrado por Zañartu (80) en condiciones de Turrialba donde la aplicación de fertilizante nitrogenado en la época de menor producción resultó en aumentos en la calidad del forraje disponible.

La importancia del porcentaje de PC y digestibilidad del pasto en el sistema de alimentación se basa en que una de las mayores causas para un bajo rendimiento de los animales parece ser su incapacidad para ingerir grandes cantidades de pasto cuando su valor nutritivo es bajo y lo cual resultaría en que no suple los requerimientos de mantenimiento y producción.

La literatura (19, 39, 58, 70, 74) indica que en animales en pastoreo, la proteína es un factor menos limitante que la

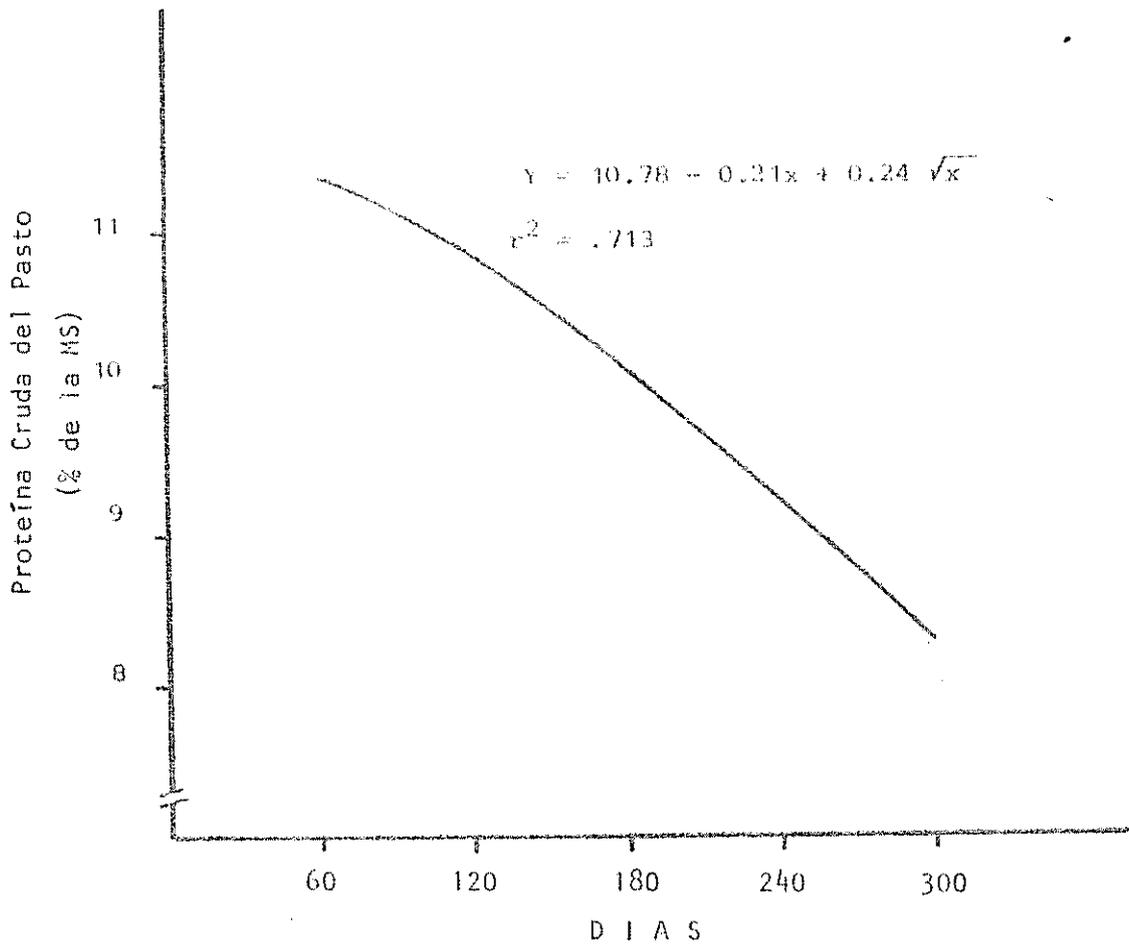


Fig. 3. EFECTO DEL TIEMPO SOBRE LA PROTEINA CRUDA EN EL PASTO

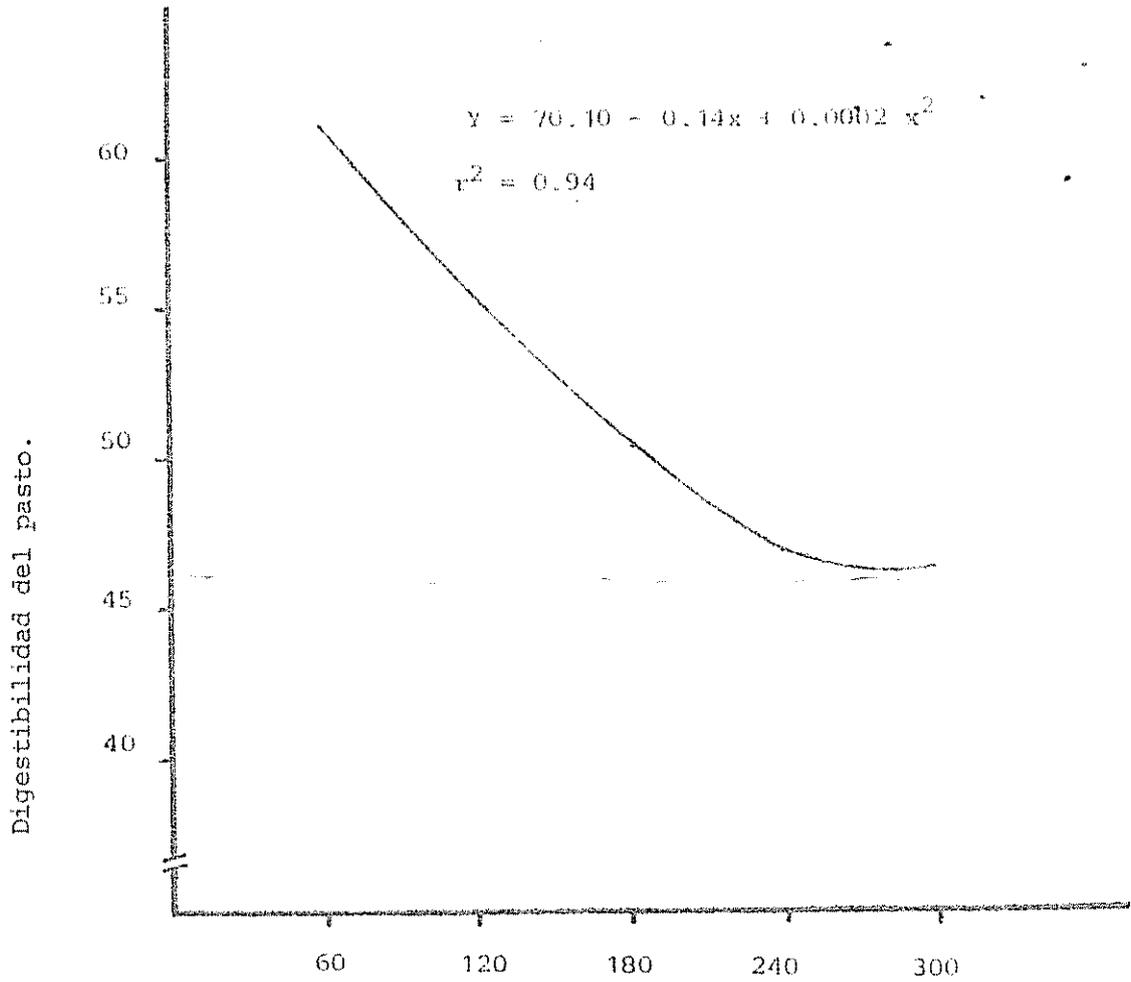


Fig. 4. EFECTO DEL TIEMPO SOBRE EL PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DISPONIBLE

energía. Sin embargo, en este caso la primera limitante de la producción parece ser la proteína en el alimento suplementario. Se sabe que el porcentaje de PC en la MS del pasto no significa en su totalidad proteína aprovechable e incluye varios compuestos nitrogenados que no pueden ser utilizados por el animal. Por otra parte el porcentaje de proteína obtenido a partir de una muestra total del pasto, no refleja el contenido real de proteína consumida por el animal debido a la ausencia del efecto de selección que realiza éste. Lo anterior permite suponer que no es la PC del pasto el principal factor limitante del consumo.

#### 4.2 Efectos sobre el consumo voluntario de los alimentos

En el Cuadro 4 del Apéndice se presentan las diferencias ( $P < 0,01$ ) de consumo de MS entre períodos. Estos variaron de 2,0 a 2,8 kg de MS/100 kg de PV (Cuadro 3). El consumo de MS/ha guarda una relación similar. De los resultados se infiere que el mayor consumo está entre los 60 a 180 días y coincide con la mayor disponibilidad de MS de pasto que se produjo durante los períodos de mayor crecimiento activo de los pastos.

En la Figura 5, se observa la variación del consumo durante los diez meses de observación y su tendencia es similar al de la disponibilidad de MS. Es así como se obtiene el máximo consumo entre los 60 y 180 días para luego decrecer en forma lineal.

Estos resultados concuerdan con lo encontrado en

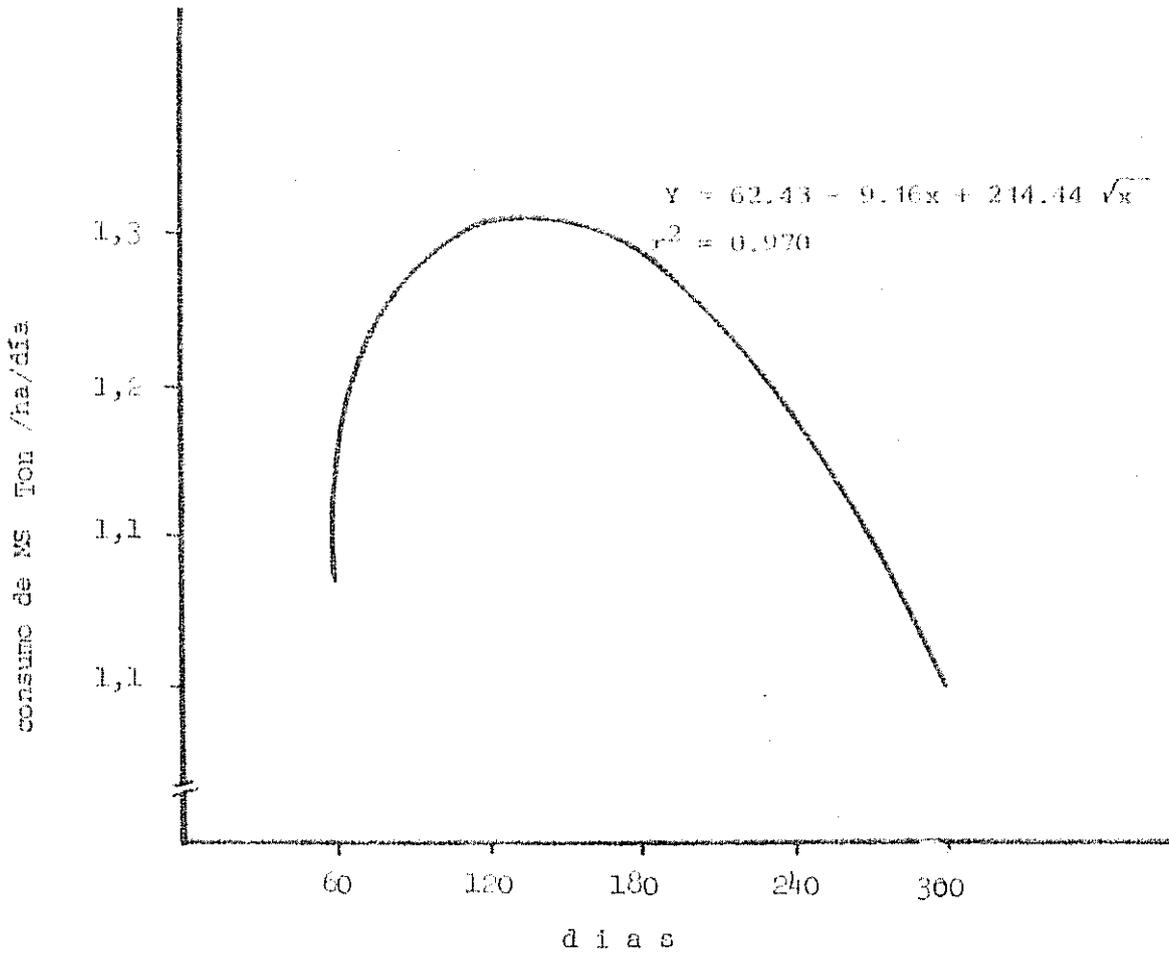


Fig. 5. EFECTO DEL TIEMPO SOBRE EL CONSUMO DE MS DE PASTO

Australia (67) en el sentido que el consumo varía con los cambios estacionales, y que la temperatura y humedad relativa altas son responsables de la disminución del consumo. Esto se hace más crítico cuando los pastos son muy fibrosos, o como ocurre en la época de lluvias de las regiones calurosas y húmedas, donde los pastos presentan un bajo contenido de glúcidos y proteínas digeribles en cambio contienen mucha agua.

Cuadro 3. Valores promedios del consumo de pasto

Tiempo días	Consumo de pasto diario		
	kg de MS/100 kg de PV	kg de MS/animal	kg de MS/ha
60	2,04 b	7,67 b	1165 b
120	2,49 a	9,16 a	1337 a
180	2,77 a	10,30 a	4096 a
240	2,19 b	8,08 b	1162 b
300	2,08 b	7,47 b	1044 b

Cifras con la misma letra entre columnas no difieren significativamente ( $P < 0,01$ ).

Aunque de acuerdo a la disponibilidad y calidad de MS del pasto en los primeros 60 días el consumo debió ser mayor que en el período de 180 a 300 días, las fuertes lluvias y el cambio en la disponibilidad podrían afectar el consumo.

En los períodos de 60 a 180 días los consumos fueron

significativamente superiores ( $P < .01$ ), igual que la disponibilidad de MS del pasto. El contenido de PC y la digestibilidad también fueron superiores, pero como el nivel de proteína cruda fue superior al 7% no habría limitación en el consumo (60).

En este caso los animales recibieron una suplementación constante de urea y melaza. Esto podría explicar por que los consumos de vacas en producción nunca sobrepasaron de 2,8 kg de MS/100 kg de PV, y en períodos de escasez de pasto los consumos fueron de 2,0 kg/100 kg de PV que son bajos y justifican las bajas producciones de leche, cuando se trata de explicar unicamente como función del pasto consumido. Según Phipp (59) y Compbellas (18), la suplementación provoca una disminución en el tiempo de pastoreo y consecuentemente en el consumo de pasto, funcionando este como un sustituto del pasto.

El sistema de guías y continuadoras empleado en el sistema de producción que se estudia, en que las vacas en producción son las guías y las vacas secas las continuadoras resultó en un consumo de alimento diferente en calidad por el consumo selectivo ( $P < 0,05$ ) (Cuadro 8 del apéndice). Las vacas en producción seleccionaron hierba de una digestibilidad y contenido proteico mayor que las vacas secas. El consumo por las vacas secas fue ligeramente mayor en cantidad que el consumo por vacas en producción, esto se debe a la mayor disponibilidad de pasto que tuvieron las vacas secas, aunque por causa de las deyecciones y el pisoteo el pasto residual es menos aceptable.

Los niveles de proteína y digestibilidad del pasto son bajos y la producción se limita cuando el contenido de proteína está por bajo del 12% (60). En este caso la disponibilidad y la calidad del pasto son especialmente bajos en los períodos entre 180 a 300 días, no ocurre lo mismo en los períodos desde el inicio hasta los 180 días en que la disponibilidad del pasto y su calidad son mayores.

La adición de NNP en forma de urea a la dieta diaria elevó el porcentaje de PC disponible para el animal de 11,04: 11,90; 9,55; 8,96 y 9,02 a 12,26; 12,88; 10,57; 10,33 y 10,47% respectivamente en los cinco períodos de observación. Estos incrementos no tienen significación hasta que el animal consume el pasto y el suplemento.

La proporción de nitrógeno aportada por el suplemento es pequeña, sin embargo, permitió mantener una producción de leche más o menos constante durante el año.

Esto se atribuye a que la cantidad de amoniaco suministrado por el suplemento es suficiente para cubrir la deficiencia de nitrógeno y facilitar la síntesis proteica además de mejorar la utilización de la energía.

#### 4.2.1 Efectos sobre la utilización de la pradera

El porcentaje promedio de utilización del forraje por

vacas en producción y secas se presenta en el Cuadro 4. Se observa que los promedios fluctúan entre 38,0 y 61,8% entre períodos y las diferencias son significativas ( $P < 0,01$ ), (Cuadro 4 del Apéndice).

Las tendencias de variación en los diferentes períodos se muestra en la Figura 6, donde puede apreciarse que el porcentaje de utilización aumenta con el transcurso del tiempo desde 1 a 300 días. Los factores responsables de este comportamiento son los mismos que afectan la disponibilidad de pasto, pero en el porcentaje de utilización tienen efecto contrario.

El incremento del porcentaje de utilización durante los períodos de 1 a 180 días se explican por el aumento de consumo por los animales debido al aumento en la disponibilidad de pasto. El incremento en el porcentaje de utilización entre los 180 a 300 días se debe a que a pesar de haber disminuido el consumo de pasto la disponibilidad disminuyó en forma más rápida. Sin embargo, Johnstone-Wallace (43) y Wait (79) sostienen que a mayor disponibilidad, la utilización no necesariamente es mayor y que existe una disponibilidad media para máxima utilización.

Los porcentajes de utilización mencionados son bajos debido a que se refieren a la utilización en cada pastoreo dentro de los diferentes pastoreos y concuerda con lo encontrado por Campbell (11), Johnstone-Wallace (43) y De la Torre y otros (33). Los bajos valores se explican porque la cantidad de MS residual después de un pastoreo fue mayor que las cantidades de pasto

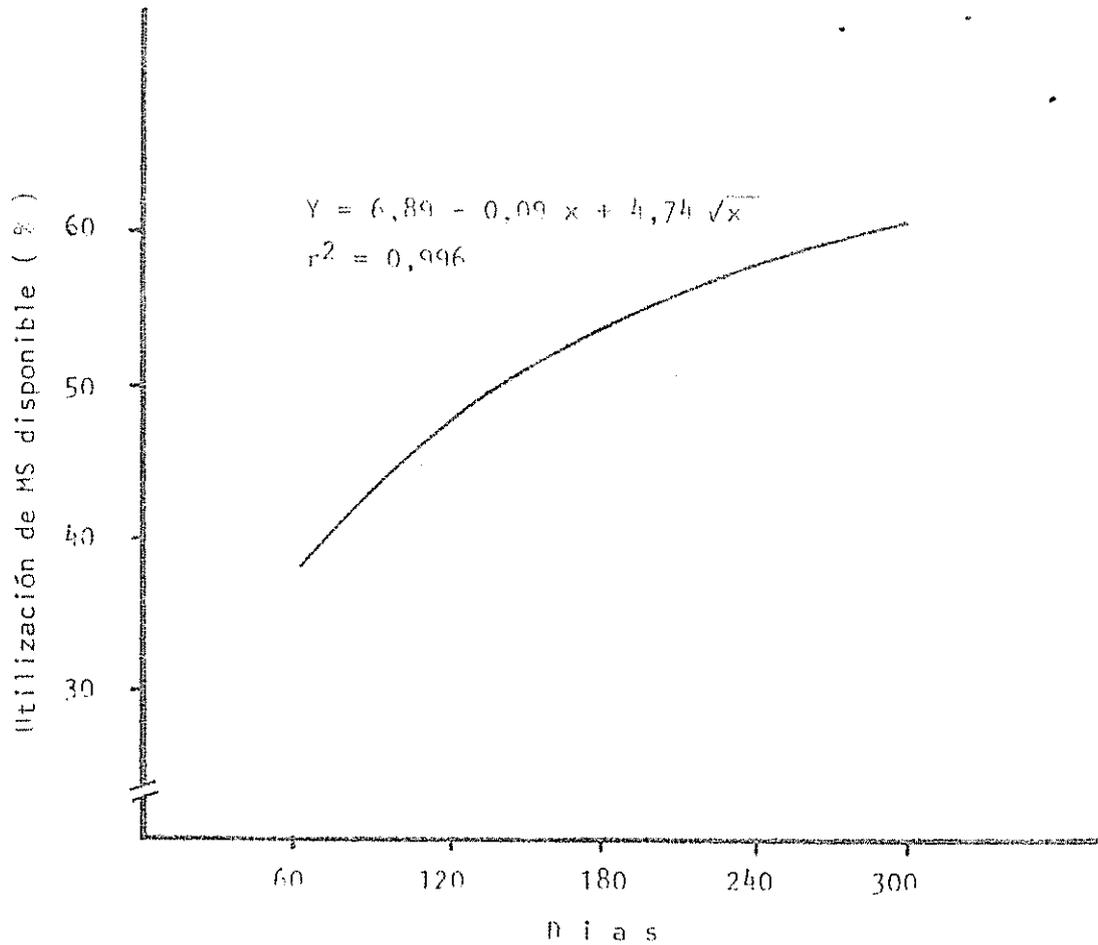


Fig. 6. EFECTO DEL TIEMPO EN EL PORCENTAJE DE UTILIZACION DE LA MS DISPONIBLE

Cuadro 4. Porcentaje de utilización del pasto para vacas en producción y secas.

	D í a s				
	60	120	180	240	300
% de utilización de:					
Vacas en producción	32,1	37,1	41,0	43,2	42,6
Vacas secas	5,9	10,9	13,3	14,1	19,2
TOTAL	38,0	48,0	54,3	57,3	61,8

ofrecido, particularmente en los períodos de mayor crecimiento. Los residuos del pasto ofrecido formaron parte del pasto disponible para el próximo pastoreo, lo que quiere decir que el consumo de pasto fue casi siempre menor que la producción neta dando origen a un bajo porcentaje de utilización en esos períodos.

Sin embargo al considerar la utilización anual o a largo plazo, en este caso diez meses, que es un parámetro frecuentemente empleado para expresar la eficiencia de un sistema de pastoreo el valor alcanza a 75,03%. Este es mayor que la tasa de utilización por pastoreo pero aún es bajo comparado al porcentaje anual de utilización encontrado por Gutiérrez (33), en Turrialba, que reporta datos cercanos al 100%. Este parámetro suele sobreestimar la utilización del pasto, ya que considera como consumido

una parte del forraje que se pierde por pudrición o que se incorpora por efecto del pisoteo y puede resultar en un valor alto donde verdaderamente la utilización es baja.

Aunque bajo condiciones de pastoreo el animal nunca llega a utilizar la totalidad del pasto disponible, es importante tratar de aumentar la utilización dentro de rangos aceptables para estimular crecimiento y calidad del forraje para la producción de leche.

En la práctica el factor principal que determina la utilización del pasto es la carga animal. En este caso la carga animal promedio fue de 6,4 animales/ha/día la cual puede considerarse alta. Pero debido a que con esa carga se consigue un 75% de utilización puede haber campo para aumentos en el futuro.

#### 4.3 Efectos sobre la producción animal

##### 4.3.1 Producción por animal

La producción promedio por animal por día fue de 9,63 kg, y no varió significativamente através del tiempo de la evaluación (Cuadro 5). Esto es una indicación de que la cantidad y calidad de pasto disponible no fue limitante para la producción y que de haber variaciones en la cantidad y calidad del alimento proveniente de la pradera el faltante fue proporcionado por el suplemento. Podría también considerarse que hubo períodos en los

Cuadro 5. Leche producida por animal por día en relación a la PC y EM consumidas por cien kg de peso vivo.

Tiempo Días	kg de PC* / consumida/100 kg de PV	Mcal de EM** / 100 kg de PV	kg MS consumida / kg de leche	Leche esperada kg/vaca/día	Leche producida kg/vaca/día
60	0,318	6,35	0,78	4,54	9,84
120	0,385	6,86	0,98	7,79	9,37
180	0,352	6,73	1,03	6,35	10,02
240	0,283	5,30	0,81	3,13	9,99
300	0,279	5,37	0,84	2,54	8,92
					9,63

\* kg de PC presente en el pasto y alimento suplementario

\*\* Mcal de EM presente en el pasto y alimento suplementario

cuales por la mayor disponibilidad del pasto la suplementación no sería necesaria.

En el Cuadro 5 se observa como la PC y la energía metabolizable (EM), proporcionado por el pasto por animal por día sería suficiente para la producción de leche obtenida entre los 60 y 180 días, esto indicaría que hubo posibilidad de selección de alimento de mejor calidad.

La causa principal que impide una mayor producción de leche por animal con base al pasto puede ser el bajo nivel de consumo de MS. Esto se puede apreciar en la Figura 7, donde el consumo aumenta casi linealmente al aumentar la disponibilidad dentro de los rangos que se indican en esta evaluación.

La cantidad de MS consumida por kg de leche producida fue de 0,78; 0,98; 1,03; 0,81 y 0,84 respectivamente entre 1 y 300 días.

La producción de leche promedio fue de 2822 kg por animal en 293 días de lactancia con 4% de grasa, que puede considerarse bueno para este tipo de animales (45). La producción de leche en el hato fue de 2455 kg/ha que también puede considerarse aceptable.

#### 4.3.2 Producción de leche por unidad de superficie

Aunque el potencial de producción del pasto Estrella es

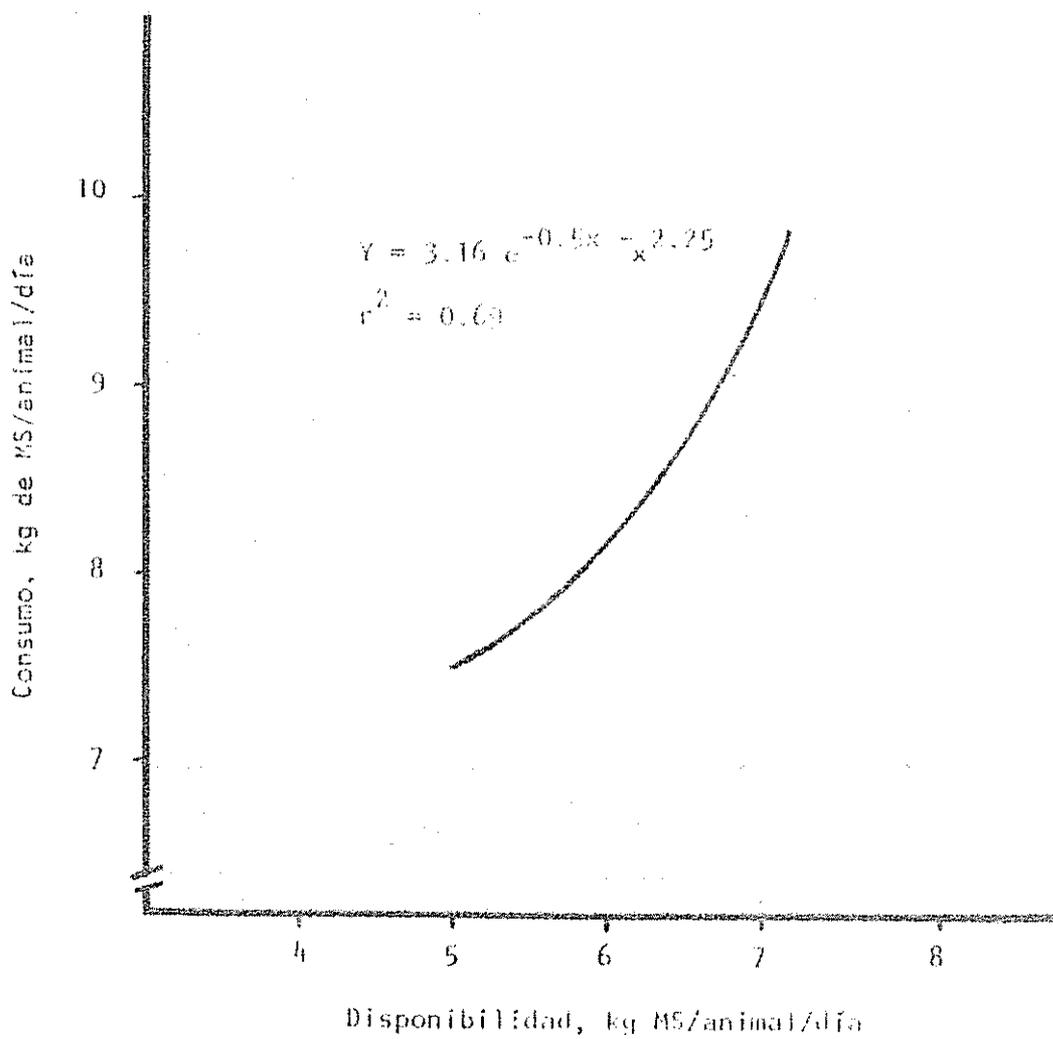


FIGURA 7. CONSUMO DE MATERIA SECA POR ANIMAL POR DÍA EN FUNCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD

alto, se ha visto que las cantidades de pasto utilizado en cada pastoreo son bajas. El porcentaje de utilización del pasto es uno de los factores de mayor influencia en la producción de leche, pues a mayor pasto utilizado por unidad de área mayor es la producción por hectárea.

En el Cuadro 6 se presenta las relaciones de porcentaje de utilización con el consumo y la disponibilidad de pasto. Se observa que a mayor disponibilidad de pasto mayor fue la cantidad consumida, mientras que la utilización porcentual fue incrementándose paulatinamente. Al inicio puede suponerse que se debió al mayor consumo del pasto, luego en los períodos entre 180 a 300 días se debió netamente a la disponibilidad. Esto queda confirmado por la disminución del pasto residual que es un indicio claro en la producción de leche.

Cuadro 6. Relaciones entre la disponibilidad y consumo de materia seca y de porcentaje de utilización

Disponibilidad	Consumo	Utilización
kg de MS/100 kg de PV		%
5,63	2,04	37,95
7,17	2,49	48,06
6,82	2,77	54,24
5,12	2,19	57,28
4,99	2,08	61,80

Cuadro 7. Producción de leche<sup>1/</sup> por hectárea por día en relación a la MS consumida por hectárea por día y la carga animal.

Período	MS consumida kg/ha/día	Animales en producción	Carga animal* vacas/ha/día	Leche**/vaca/día	Leche/ha/día (kg) †
1	1165	19	6,08	9,84	59,83
2	1357	18	5,76	9,37	53,97
3	1283	15	4,80	10,02	48,10
4	1162	18	5,76	9,99	57,54
5	1044	17	5,44	9,92	48,52
	1198		5,57	9,63	$\bar{X} = 53,592$

<sup>1/</sup> Leche corregida al 4% de grasa

\* Carga animal no incluye vacas secas

\*\* Leche/vaca/día =  $\bar{X}$  de las vacas en lactancia; no incluye secas

† Leche/ha/día: del área para vacas (3 1/8 ha) sin considerar el área para reemplazos, estables, etc.

En el Cuadro 7 la producción de leche por hectárea está relacionada con el consumo y la carga animal. En primer lugar la cantidad de leche por vaca por día puede apreciarse que difiere poco en los diferentes períodos lo que indica que apesar de las variaciones del pasto consumido seguramente el alimento suplementario fue suficiente para evitar las fluctuaciones. Las diferencias en la carga animal no fueron tan grandes para conseguir una variación en la producción de leche por animal por día, pero se ve que influyeron sobre la cantidad de leche por hectárea por día. Así aunque la diferencia en la producción de leche por animal en el tercer período es escasamente superior, sin embargo debido a la menor carga animal en ese período, la producción por unidad de área es reducida.

Durante los períodos de buen crecimiento del pasto, fue la carga animal la causa que impidió una mayor producción de leche por unidad de área. En estos períodos, debido a que en un sistema de producción no es posible tener aumento de la carga animal, puede reducirse los costos de producción a través de una disminución del alimento suplementario o la disminución en la fertilización nitrogenada.

La producción de leche promedio obtenida en esta evaluación fue de 15712 kg/ha. En condiciones de trópico, con niveles de fertilización de 250 kg de nitrógeno al año y alimento suplementario, de acuerdo a los resultados obtenidos por muchos investigadores (28, 32, 60, 68, 74) estas producciones son bastante

altas, más aún teniendo en cuenta el tipo de animales cuya capacidad de producción está alrededor de 15 kg de leche por día.

#### 4.3.3 Efectos de la variación de la proteína y energía metabolizable en la producción

En el Cuadro 8 se presenta la cantidad de leche que se esperaría producir basada solo en el consumo de pasto. Se observa que el mayor potencial para la producción de leche ocurre entre los 60 a 180 días lo cual coincide con los mayores consumos y el contenido de proteína cruda del pasto. El pasto disponible tuvo los porcentajes más altos de PC en los 120 primeros días (Cuadro 8 del Apéndice), sin embargo el consumo de PC por los animales fue más alto entre los 60 a 180 días debido al mayor consumo de MS.

Con base a la PC del pasto las cantidades de leche esperada entre los 60 a 180 días (septiembre, octubre, noviembre y diciembre) fueron 83,14 y 63,37% de la leche que se produjo con pasto y suplemento, mientras que entre los 60 días y entre 180 a 300 días representan solamente el 46,14; 31,33 y 28,48% respectivamente (Figura 8 y Cuadro 8).

Entre los 60 a 180 días la producción de leche no estuvo limitada por la proteína cruda del pasto ya que es de esperar que por el consumo selectivo, el porcentaje de proteína consumido sea más alto de lo obtenido al analizar muestras de la planta

Cuadro 8. Leche esperada y producida con base a la PC y EM en el pasto y en pasto + concentrado.

	Proteína cruda kg/vaca/día	Energía metabolizable Mcal/vaca/día		Leche esperada kg/vaca/día		Leche producida kg/vaca/día
		pasto	pasto + concentrado	PC	EM	
0,850	1,173	16,98	22,66	8,68 <sup>b</sup>	10,65 <sup>b</sup>	9,84
1,093	1,416	19,24	25,24	11,94 <sup>a</sup>	13,12 <sup>a</sup>	9,37
0,986	1,309	19,03	25,03	10,49 <sup>a</sup>	12,83 <sup>a</sup>	10,05
0,723	1,046	13,54	13,54	7,15 <sup>b</sup>	8,01 <sup>c</sup>	9,99
0,675	0,998	13,18	13,18	6,68 <sup>b</sup>	7,88 <sup>c</sup>	8,92

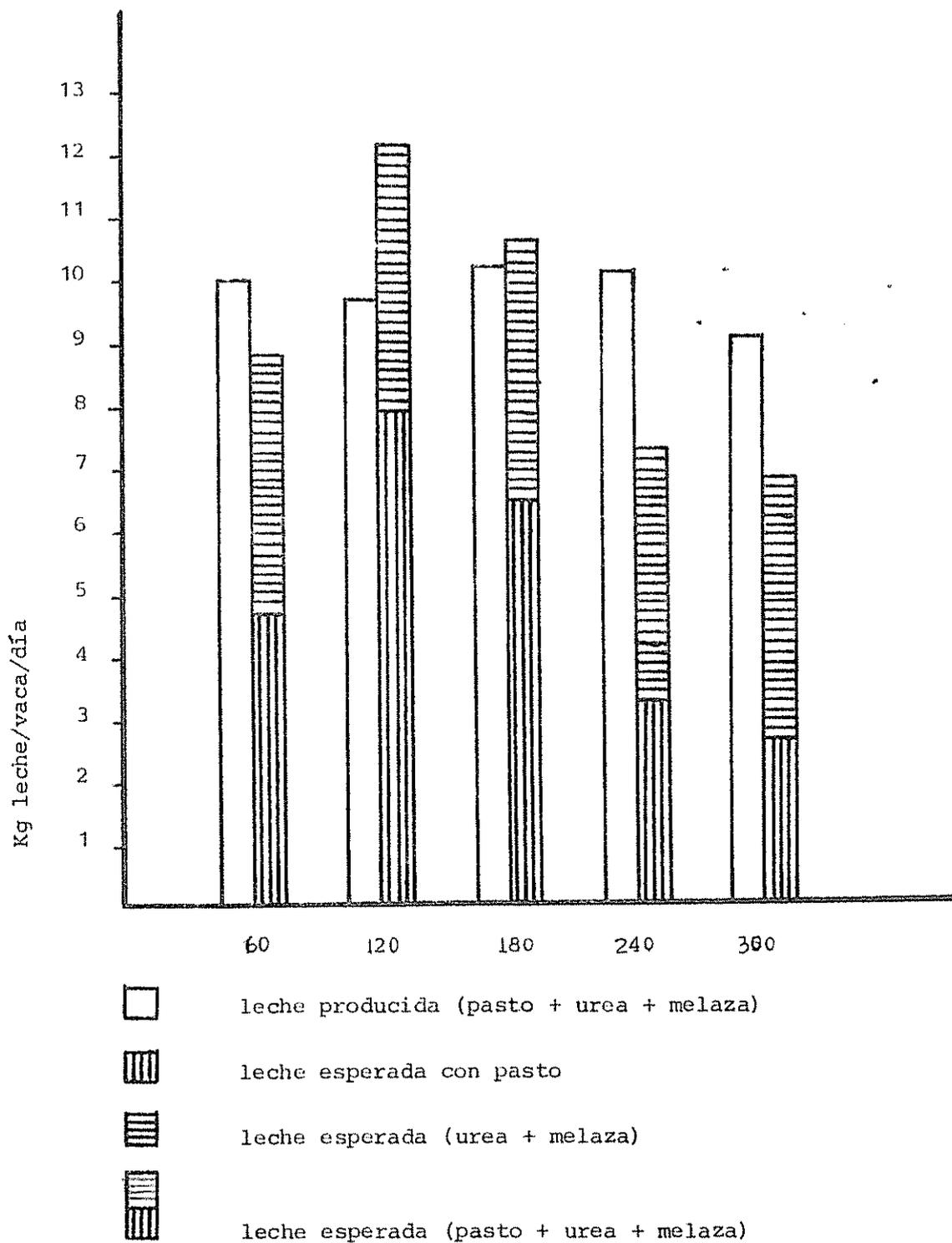


Fig. 8. KG DE LECHE PRODUCIDA Y ESPERADA CON BASE A LA PC DE PASTO CONSUMIDO, DE PASTO + UREA + MELAZA

completa.

La producción de leche esperada con base a pasto entre los 60 a 180 días pudo haber sido mayor debido al consumo de pasto y su contenido proteico, lo que sumado a lo proporcionado por la urea hubiera permitido llevar a niveles de más de 11, kg. En los períodos donde el contenido proteico del pasto disminuyó se esperarían las producciones que se muestran en el Cuadro 8. Sin embargo la adición de urea y melaza unido a posibilidades de selección permitieron que los animales mantuvieran su producción de leche. Es probable que algo de reservas corporales se hayan utilizado en la producción ya que las vacas tuvieron disminución de peso en esas épocas.

La menor diferencia en los períodos de mayor disponibilidad de pasto (60 a 180 días) puede indicar un efecto de calidad de pasto sobre la producción ya que la suplementación fue constante. La cantidad adicional de leche producida por la suplementación alimenticia fue de 5,3; 1,58; 3,67; 6,86 y 6,38 kg por día en los cinco períodos respectivamente (Figura 8).

Teóricamente las cantidades de leche esperada con base a pasto, melaza y urea como fuentes de PC son mayores en los períodos entre 60 a 180 días mientras que entre los primeros 60 días y entre los 180 a 300 días la leche esperada es menor que la producida.

La producción de leche por animal está también basada en la energía disponible en el alimento. En el Cuadro 8 se presenta los valores obtenidos para la energía metabolizable aportada por

el pasto y el suplemento.

Se observa que en los períodos entre 60 y 180 días la leche esperada es el 83,35 y el 75,05 por ciento de la leche producida cuando el animal consume pasto y suplemento, y son más altos que en los períodos entre los primeros 60 y entre 180 a 300 días, donde las cantidades de leche esperada significan el 57,22; 27,03 y 28,92% respectivamente.

La baja proporción de leche en los períodos de 0 a 60 y 180 a 300 días se explican por una menor disponibilidad de pasto en dichos períodos, como consecuencia de la estacionalidad de crecimiento del pasto. Por otra parte el porcentaje de utilización fue mayor en estos períodos y causa la baja consecuente en el valor energético del alimento disponible y se produce una disminución de la selectividad en el consumo.

La EM presente en el pasto consumido en los períodos entre 60 y 180 días alcanza para producir la leche obtenida, así mismo se podría esperar más leche en los períodos 1, 4 y 5 debido al suministro de suplemento. Las razones que permiten suponer lo anterior son: que la EM estimada a partir de una muestra de pasto no refleja el efecto del consumo selectivo de pasto por el animal, por otro lado el efecto aditivo del pasto y suplemento alimenticio ayuda a explicar esa mayor producción de leche.

La leche esperada con base a la EM y PC presentes en el pasto consumido no fue significativamente diferente dentro períodos (Cuadro 4 del Apéndice). Sin embargo entre períodos tuvieron

una tendencia similar variando con la disponibilidad estacional de pasto, por lo tanto la suplementación se hace necesaria como una alternativa para mantener la producción constante aún en la época de menor disponibilidad de pasto. En la época que la disponibilidad no es limitante en cantidad ni calidad la respuesta a la suplementación melaza y urea son mínimas en la producción de leche lo que está de acuerdo con lo observado por Molina (53) en las mismas condiciones de Turrialba.

\* En el Cuadro 8 y Figura 9 se presenta la cantidad de leche que pueden alcanzarse con base a la EM del pasto y la melaza. Hay aumentos considerables de leche en relación a la que se espera con solo pasto y dichos aumentos son mayores en los períodos entre 0 - 60 y 180 - 240 y 300 días constituyendo el 47,14; 66,29 y 67,26 por ciento de la leche esperada. Puede decirse que buena parte de la producción esperada se basa en el alimento suplementario en esos períodos mientras que en aquellos de mayor producción de pasto los porcentajes son de 40,47 y 39,13.

La leche esperada por vaca por día con base a la EM del pasto y la melaza excede a la leche producida real en 8,23; 40,02 y 28,04 por ciento en los períodos de 0 - 180 días, mientras que en los períodos 180 - 300 días es deficiente en 19,82 y 11,66 por ciento, lo que significa 0,81; 3,75; 2,81; -1,98 y -1,04 kg de leche más que lo real producido en los períodos de 1 al 5 respectivamente (Figura 8). Los valores negativos implicarían que esa cantidad de leche no fue producida con base al pasto ni la melaza,

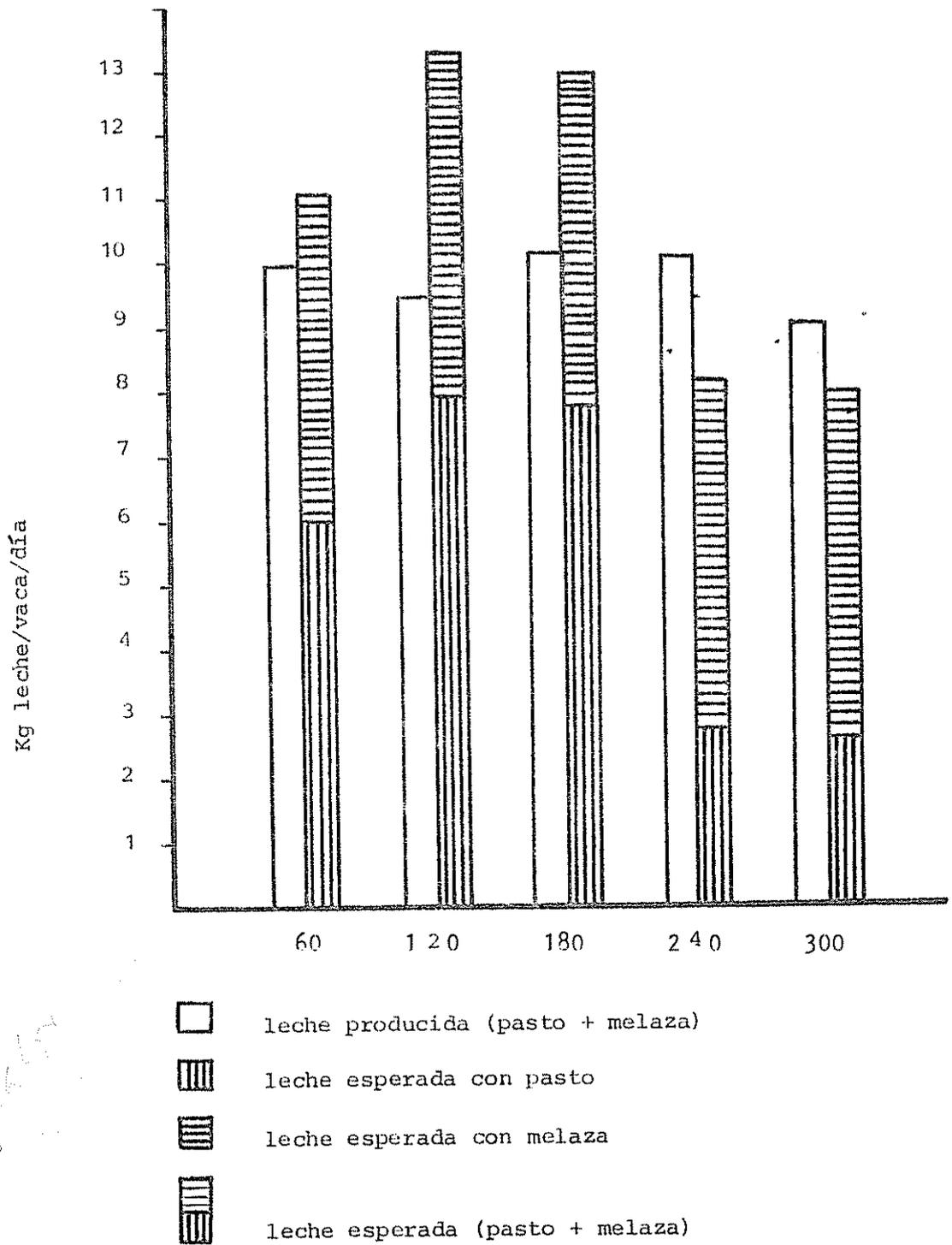


Fig. 9. KG DE LECHE PRODUCIDA Y ESPERADA CON BASE A LA EM DE PASTO CONSUMIDO, DE MELAZA Y PASTO + MELAZA

o sea que el animal tuvo que proveer la energía faltante. Sin embargo es de esperar que el consumo selectivo y el uso de algo de reservas corporales haya podido proveer el déficit de energía necesaria.

Con base en estos resultados existe la alternativa de incrementar la producción actual de leche si la proteína deja de ser limitante. Sin embargo un incremento de la producción con mayores cantidades de melaza sería un error debido a los efectos depresivos de la melaza sobre la producción de leche, lo mismo que de la urea.

#### 4.4 Análisis económico

El cálculo de costos se hizo considerando 20 vacas y su reposición, sobre una superficie de 3,5 ha, de las que 3,125 ha son para la producción y 0,380 ha para crianza.

La inversión y el costo total se agruparon en capital fijo y semovientes, costos fijos y variables. En base a los costos totales se calculó los costos unitarios del pasto y la leche.

En el Cuadro 9 se observa que el 82,99% de la inversión está en animales. Estos no se deprecian porque incorporan hembras jóvenes para reposición asegurando su continuidad. El capital fijo representa el 17,01% de la inversión total, debido a su duración limitada, sufre una depreciación que representa el

consumo de este bien para el período productivo de esta evaluación. Los costos fijos constituyen el 63,35% de los costos totales e incluyen, la depreciación del capital fijo, la renta a la tierra y los intereses o costos de oportunidad del capital fijo y capital en semovientes, debido a su uso alternativo. Los costos variables representan el 36,65% del costo total, y los alimentos constituyen el mayor porcentaje de estos costos (77,88%) y merecen especial atención por que determinan la producción animal y por que de acuerdo a la capacidad administrativa del productor <sup>2</sup> puede cambiar fácilmente influyendo sobre los costos de producción, y la rentabilidad del sistema. Los costos se refieren a alimentos concentrados, sales y minerales, leche para terneras y también los items de mantenimiento de cercas y fertilizantes que se utilizan para mantener el pasto.

El pasto como componente del sistema de alimentación es el recurso que más ayuda a disminuir los costos de alimentación bajo condiciones de un uso eficiente. En este caso el costo por kg de MS es de \$0,15 (Cuadro 15 del Apéndice) y representa el 43% del costo de un kg de alimento concentrado para vacas en producción (melaza + urea \$0,35/kg). Si la producción se basara solo en el uso de pasto, como es posible en los 60 a 180 días, el ahorro por suplemento alimenticio sería de \$861.00, sin considerar pérdidas y costo de manipulación. El costo de alimentación por kg de leche fue de \$0,40; de lo que \$0,13 corresponde al pasto y \$0,27 al concentrado y otros. La importancia del rubro alimentación se

Cuadro 9. Distribución porcentual de la inversión y costos de producción

	₡	%
Capital fijo	33448	17,01
Semovientes	<u>163200</u>	<u>82,99</u>
INVERSION TOTAL	196648	100,00
Costos fijos	53665	63,35
Costos variables	<u>30468</u>	<u>36,65</u>
COSTOS TOTALES	83133	100,00
Costos variables		
Alimentos	15848	52,01
Sanidad	3900	12,80
Inseminación	1540	5,06
Mantenimiento		
Fertilizantes para pasto	7180	23,57
Construcciones y cercas	<u>2000</u>	0,56
TOTAL COSTOS VARIABLES	30468	100,00
Alimentación		
Concentrados y leche	15848	66,74
Pasto (fertilizantes)	7180	30,25
Mantenimiento cercas	<u>700</u>	<u>3,01</u>
TOTAL COSTO DE ALIMENTACION	23728	100,00

La alimentación significa el 77,88% de los costos variables y el 28,54% de los costos totales.

debe a que los costos que de acuerdo a su eficiencia de uso, más influyen en la economía del productor ya que los rubros capital fijo, semovientes y costos fijos no varían con los cambios en la producción.

Bajo las condiciones actuales el costo de producción de un kg de leche es de \$1,41 que puede considerarse bueno y deja un saldo de \$0,59/kg de leche vendida. Sin embargo el costo por kg de leche disminuiría si se utiliza una mayor proporción del recurso pasto y se baja el nivel del alimento concentrado.

La utilidad neta por año es \$33087,00 y es particularmente sensible al cambio de los costos variables, en especial al costo de alimentación. El ingreso neto por hectárea es de \$10453,00 dando como resultado una alta rentabilidad que alcanza a 39%.

Cuadro 10. Resultado económico del sistema de producción de leche del CATIE.

	Total/ año	Total/ ha	Total/ vaca	Costo/ kg
<u>Ingresos</u>				
Leche	116712	33346	5210	
Terneros	500	143	22	
TOTAL	117212	33489	5232	
<u>Egresos</u>				
Costos variables	30460 <sup>8</sup>	8703	435	0,51
Costos fijos	53665	15333	2396	0,90
TOTAL	84125	23036	2831	1,41
Utilidad neta	33087	10453	2401	

1-) Carga animal = 5.57/animales/ha/día (vacas en producción)

2-) Carga animal = 6,4 animales/ha/día (vacas en producción y secas)

3-) Carga animal = 7 animales/ha/día (Total)

#### 4.5 Discusión general

Durante el período de observación hubo poco efecto sobre los aspectos relacionados con el suelo. En la disponibilidad de los nutrientes del suelo, particularmente el N no parece estar en condiciones limitantes. El H del suelo (3,4 ppm) no varió significativamente entre el inicio y el final de la prueba, pero fue mayor en los primeros 15 cm de profundidad, lo que es normal ya que en este estrato se encuentran el mayor porcentaje de raíces y microorganismos del suelo.

El pH del suelo tuvo un aumento final de la prueba (Cuadro 11 del Apéndice). La mayor acidez del suelo al inicio del experimento se debió a que la determinación coincidió con la época de lluvias donde la actividad química es mayor. Esto resulta en un mayor ciclaje de nutrientes lo que unido al efecto de la fertilización que activa el crecimiento de las plantas ocasiona una mayor extracción de bases cambiabiles. Por otro lado las lluvias abundantes que pudieron haber provocado una lixiviación de bases solubles. Al final de la prueba la actividad química disminuye y al haberse suspendido la fertilización puede explicarse el cambio en pH.

La resistencia del suelo a la penetración fue menor desde la superficie hasta los 15 cm de profundidad que de los 15 cm adelante. Esta mayor resistencia a la penetración es una característica propia del suelo (25). Mientras que el aumento de la resistencia a la penetración al final de la prueba se debe a la

compactación del suelo causada por el pisoteo de los animales, con el uso de una carga animal fue de 6,4 animales/ha/día que es alta. La compactación del suelo puede provocar una disminución del crecimiento de los pastos al restringir el crecimiento radicular a un espacio físico menor para la extracción de nutrientes, disminuyendo también la aereación e infiltración del agua. Sin embargo este cambio puede deberse a la disminución de la precipitación y menor actividad de las raíces y microorganismos del suelo. Esto es un aspecto que debe recibir atención en el futuro.

Por otra parte la temperatura no parece haber afectado la tasa de crecimiento de las plantas ya que se encontró dentro del rango no limitante (19). Sin embargo hubo una disminución de la tasa de crecimiento lo que coincide con la maduración más rápida de las plantas y se explica en parte por la disminución de lluvias y de la radiación solar en esa época.

Las tasas de crecimiento en este trabajo fueron altas, por lo que se supone que el manejo de pastos permitió interceptar suficiente energía radiante y hacer buen uso de los nutrientes del suelo en la medida que la humedad no limitó el crecimiento.

La disminución de la tasa de crecimiento fue de alrededor del 28% durante los meses de enero y febrero, no encontrándose diferencias significativas en los otros meses (Cuadro 4 del Apéndice).

La disponibilidad de forraje que está determinada por el crecimiento del pasto y el efecto de los animales sobre la

pradera fue mayor en la época de lluvias que en la seca, tanto en calidad y cantidad.

El porcentaje de PC y digestibilidad fue mayor al comienzo de la temporada de lluvias pero luego disminuyó hacia el final de la prueba. Sin embargo, el consumo de PC y la digestibilidad de la MS varió en forma similar que la disponibilidad de forraje y hubo un mayor consumo cuando la disponibilidad fue mayor debido al nivel de PC y digestibilidad en el forraje estos no influyeron en el consumo aún en los períodos de menor disponibilidad de pasto.

En los períodos en que el pasto no llegó a cubrir la totalidad de los requerimientos del animal, el alimento suplementario permitió satisfacer todos los requerimientos y mantener una producción con pocas variaciones durante el año.

En este trabajo el nivel de suplemento proporcionado al animal fue bajo y no podría esperarse un efecto de sustitución que explique los bajos consumos de materia seca por animal. Fue posible apreciar que las vacas en producción consumieron menos pasto que las vacas secas debido seguramente a la mayor disponibilidad que tuvieron estas últimas.

El porcentaje de utilización promedio en cada pastoreo fue bajo (51,4%) lo que indica que buena cantidad del pasto crecido no fue consumido, en el caso de las vacas en producción la eficiencia de utilización fue de 46%. Al tomar en consideración todo el período de observación la cantidad de pasto utilizado fue

de 75% que aun es baja. Esto permite pensar que se podría incrementar la carga animal en este sistema de producción, además con el método de manejo utilizado la calidad de la MS consumida por las vacas en producción fue mayor que la consumida por vacas secas. Esto se debe a la mayor oportunidad de selección que tuvieron las primeras.

La producción de leche por animal no fue diferente durante los 300 días de observación, pero la cantidad de leche esperada con base solo al pasto ofrecido fue diferente entre períodos y tuvo la misma tendencia a variar que el consumo del forraje. Entre los 60 a 180 días la cantidad de leche esperada con pasto casi es igual al producido con pasto y suplemento, por lo que en estos períodos se puede pensar en prescindir del suplemento, puesto que la cantidad de PC y EM del pasto consumido en forma selectiva son mayores que los determinados al analizar la planta completa.

En los primeros 60 y de 180 a 300 días la deficiencia de PC y EM para alcanzar las producciones reales se compensan por el consumo selectivo y la pérdida de peso de los animales.

La leche esperada con base a la PC a partir del pasto la melaza y la urea es menor que la leche esperada con base solo a la EM del pasto y la melaza. Sin embargo esta diferencia es aparente ya que la relación de proteína y carbohidratos del pasto son inversamente proporcionales, o sea que al consumir un mayor porcentaje de proteínas en el pasto el animal consumo menor

cantidad de energía lo que compensaría esa aparente mayor producción en base a EM.

La producción promedio de leche por animal por día fue de 9,63 que es aceptable para este tipo de animales y con la alimentación que reciben.

La producción de leche por vacas en producción fue de 2822 kg y por vaca en el hato fue de 2455 kg que también es una buena producción, sin embargo esta producción podría ser incrementada, con una mayor eficiencia del uso del pasto.

La producción por unidad de área fue de 15712 kg con 4% de grasa, y la carga animal fue de 6,4 que también es alta, sin embargo, la presión de pastoreo en términos de disponibilidad fue de 4,5 kg de MS/100 kg de PV que aún es baja y permitiría aumentar la carga animal.

El costo promedio de producción por kg de leche fue de \$1,41, aunque el costo de alimentación por kg de leche producido fue de \$0,40, la diferencia se debe a otros conceptos como pago a la tierra, mano de obra, intereses al capital, depreciación, sanidad y mantenimiento, mientras que el costo de producir un kg de MS del pasto fue de \$0,15, pero el costo por kg de MS utilizada fue de \$0,21, esto fue debido a que el porcentaje anual de utilización es de 75.

La rentabilidad del sistema de producción de leche es de 39% que es considerablemente alto y podría incrementarse si se mejora la producción animal en base a una mayor utilización del pasto. El costo de alimentación significó el 78% de los costos variables y es el mayor gasto que se realiza en la finca.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en este estudio bajo las condiciones en que se realizaron se puede derivar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

- 1.- La estacionalidad de los factores climáticos afectó la tasa de crecimiento y la disponibilidad del forraje. El consumo fue mayor en los periodos de mayor disponibilidad. Mientras que la tasa de utilización del pasto fue baja pero aumentó en la época de mayor crecimiento debido a la menor disponibilidad. En la época de mayor producción de forraje, este es suficiente para alcanzar la leche producida con pasto y concentrado, pero en la época de menor producción de pasto la mayor proporción de leche es producida con base en el concentrado.
- 2.- El pasto más el concentrado permiten producir una cantidad de leche en forma uniforme durante el año y conducen a altos niveles de producción de leche por hectárea.
- 3.- Los factores del suelo no tuvieron un efecto marcado sobre la producción de forraje.

- 4.- El análisis económico demuestra una alta rentabilidad del sistema de producción de leche, donde al querer economizar puede disminuirse el suplemento o el fertilizante.

Se recomienda investigar:

- a.- El uso de otras fuentes de proteína y energía para elevar los niveles de producción de acuerdo al potencial genético de los animales.
- b.- Estudiar la variación cíclica de la composición botánica a fin de detectar la estabilidad del pasto, igualmente la compactación del suelo debe recibir atención en el futuro.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el sistema de producción de leche del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Los objetivos fueron evaluar la eficiencia físico-biológico del componente de alimentación y calcular su rentabilidad económica.

El tiempo de evaluación se dividió en 5 períodos, cada uno de 60 días y comprendió desde julio de 1977 a abril de 1978.

La tasa de crecimiento del pasto Estrella varió de 51,24 a 67,35 kg de MS/ha/día. La disponibilidad de materia seca para vacas en producción fue de 2506 a 3662 kg/ha/día mientras que para vacas secas fue de 1464 a 2300 kg/ha/día. La disponibilidad porcentual fue de 4,99 a 7,17 y 11,49 a 62,55 kg de MS/100 kg de PV para vacas en producción y secas respectivamente. El consumo de pasto fue de 1044 a 1337 y 127 a 252 kg de MS/ha/día para vacas en producción y secas. El consumo por cada 100 kg de PV fue de 2,04 a 2,77 kg y 1,59 a 4,04 kg respectivamente. Los mayores valores de estos parámetros se encontraron siempre en los períodos de mayor producción de pasto (períodos 2 y 3).

La digestibilidad y la proteína cruda presente en el pasto disminuyó en el transcurso del tiempo siendo el porcentaje de digestibilidad del ofrecido de 47,56 a 61,13 para vacas en producción y de 43,84 a 55,68 para vacas secas. El contenido de PC tuvo el mismo comportamiento y varió de 11,9 a 8,96% para

vacas en producción y de 8,18 a 10,35% para vacas secas.

El porcentaje de utilización aumentó mientras la disponibilidad del pasto disminuyó, aunque el incremento en la utilización en los tres primeros períodos se debió al incremento en el consumo, los valores más altos se encontraron cuando hubo menos disponibilidad de pasto, en la fase final de la prueba.

La producción de leche esperada con base a pasto fue más baja en los períodos de menor crecimiento del pasto mientras que en los períodos de buen crecimiento parecen ser suficientes para sostener la producción. Las pequeñas diferencias se supone que fueron salvadas por el consumo selectivo del pasto, de mayor valor nutritivo al determinado. La leche esperada con base a pasto y suplemento fue mayor en los períodos 1, 2 y 3 y menor en los períodos 4 y 5, cuando la disponibilidad del pasto fue menor. Las cantidades de leche esperada en función de la EM y PC presentes en el pasto y suplemento tienen similar comportamiento que la esperada con solo pasto.

La cantidad de leche producida no difiere entre períodos, ello supone que los requerimientos fueron satisfechos para una producción constante y más bien exceden en los períodos de buen crecimiento del pasto.

En las mediciones al suelo se encontró que el pH de la solución del suelo tuvo poca variación entre períodos. El contenido de N del suelo se mantuvo igual y se encuentra dentro un buen rango para el aprovechamiento por las plantas. La resistencia a

la penetración del suelo aumentó significativamente al final de la prueba. Se atribuye el endurecimiento del suelo debido a la escasa precipitación durante el período en que se hizo las determinaciones. Esto en un futuro, si persiste puede limitar la producción de pasto.

El costo por kg de leche fue de 1,41 colones, el de pasto fue de 0,15 colones y el del suplemento fue de 0,35 colones.

La rentabilidad económica del sistema de producción es de 39,33% con una utilidad neta anual de 33087 colones.

## 6a. SUMMARY

The present study was carried out in the dairy production unit of the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE) in Turrialba, Costa Rica. The objectives were to evaluate the physical-biological efficiency of the dairy unit and to calculate its economic profitability.

The study was divided into five periods of 60 days each from July 1977 to April 1978.

The growth rate of Stargrass pasture varied from 51.24 to 67.35 kg DM/ha/day. The availability of dry matter for cows in production varied from 2506 to 3662 kg/ha/day whereas that for dry cows varied from 1464 to 2300 kg/ha/day. Dry matter availability, expressed as kg DM/100 kg of liveweight, ranged from 4.99 to 7.17 and 11.49 to 62.55 for cows in production and dry cows, respectively. Daily pasture consumption ranged from 1044 to 1337 and 127 to 252 kg DM/ha, respectively, for producing and dry cows. Consumption of dry matter as a ratio of each 100 kg liveweight for producing and dry cows ranged from 2.04 to 2.77 kg and 1.59 to 4.04 respectively. The highest values on these ranges always corresponds to the periods of greater pasture production; i.e. wet season.

Dry matter digestibility and protein content of the pasture declined throughout the experiment. The percent digestibility the experiment. The percent digestibility of the pasture

offered varied from 47.56 to 61.13 for cows in production and from 43.84 to 55.68 for dry cows, Crude Protein content similarly varied from 11.9 to 8.96% and 8.18 to 10.35% for the two groups, respectively.

The percent of utilization of dry matter increased as the pasture availability declined. The increased utilization in the first three periods was due to increased consumption, and the highest utilization was noted when the availability was reduced in the last period observed.

When pasture availability was abundant, the expected milk production from pasture alone was more than the realized production. However, the expected milk yields from pasture alone, in periods of limited availability, was much below the realized production indicating that considerable feed requirements were derived from supplemental sources. Small discrepancies between actual vs. estimated milk production was attributed to the consumption of higher than expected quality of forage due to selective grazing.

Expected milk production based on pasture plus supplement consumption was highest in periods of greater rainfall and lowest in dryer periods when the pasture availability was reduced. The quantities of milk expected as a function of metabolizable energy and crude protein content of the pasture and supplement were similar to the expected quantities based on pasture only.

Observed milk production did not differ between periods;

this seems to indicate that the requirements were available to support a constant level of production although a definite excess of requirements was indicated in the periods of most rapid pasture growth.

Measures of soil acidity were made but indicated that the pH varied little throughout the trial. Soil nitrogen content was also nearly constant and within a range considered desirable for the utilization by plants. The resistance of the soil to penetration was increased during the final phase of this trial. This hardening was attributed to the scarcity of rainfall during this period. This factor could cause reductions in pasture production if it really is a trend or tendency permanent.

The cost of producing a kg of milk was 1.41 colones; of 1 kg DM of pasture was 0.15 colones and 1 kg of DM of supplement was 0.35 colones.

The profitability of the system of milk production was estimated as 39,33% with a net yearly utility of 33087 colones. (One colon = \$US0.117).

## 8. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, J. A. Economía, tecnología y rentabilidad de la producción de leche en los trópicos de América Central. San Carlos, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas Nº 66. 1969. p. 98.
2. BAILE, C. A. and FLORES, J. M. Control of feed intake, and regulation of energy balance in ruminant. *Physiological Review* 54:160-230. 1974.
3. BALCH, L. C. y CAMPLING, R. C. Regulation of food intake in ruminants. Compendiado en *Nutrition Abstracts Review* 32:669. 1962.
4. BATEMAN, J. V. Nutrición animal. Manual de Métodos Analíticos, México, D. F., Herrero, 1971. p. 468.
5. BEAUDOUIN, J. Efectos de la melaza sobre el consumo de pasto en bovinos. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1968. p. 41.
6. BISHOP, C. E. y TOUSSAINT, W. D. Introducción al análisis de la economía agrícola. México, D. F., Limusa, 1977. p. 262.
7. BRYANT, H. T., et al. Method for increased milk production with rotational grazing. *Journal of Dairy Science* 44: 1733-1741. 1961.
8. BUTTERWORTH, M. H., GROOM, C. G. and WILSON, P. N. The intake of Pangola grass under wet and dry season conditions in Trinidad. *Journal of Agricultural Science* 56:407-409. 1961.
9. CAMPBELL, A. G. Grazed pasture parameter. 1 Pastures dry matter production and availability in stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. *Journal of Agricultural Science* 67:199-210. 1966.
10. \_\_\_\_\_. Grazed pasture parameters. 2 Pasture dry matter production and availability in stocking rate and grazing management experiment with dairy cow. *Journal of Agricultural Science* 67:211-216. 1966.

11. CAMPBELL, A. G. 3 Relationship of pasture and animal parameters in and general discussion of a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. *Journal of Agricultural Science* 67:217-221. 1966.
12. CARRILLO, F. Frecuencia de pastoreo y fertilización nitrogenada en la producción de seis gramíneas tropicales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1974. p. .
13. CASTLE, M. E., DRYSDALE, A. D. and WATSON, J. N. The effect of stocking rate and supplementary concentrate feeding on milk production. *Journal of the British Grassland Society* 23:137-143. 1968.
14. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Memoria anual 1976-1977, Turrialba, Costa Rica, 1977. p. 74.
15. CHURCH, D. C. y POND, W. G. Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos. Ed. Zaragoza, Acribia, 1977. p. 462
16. COLMAN, R. L. and HOLDER, J. M. Effect of stocking rate on milk production from kikuyo grass pastures fertilized with nitrogen. *Australia Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 14:155-160. 1974.
17. \_\_\_\_\_. Quality of pasture and forraje crops for dairy production in the tropical Regional Australia. I Review of the literature. *Trop. Grassland* 5:181-194. 1971.
18. COMPHELLAS, J., BAKER, R. D. y HODGSON, J. Efecto de la suplementación con concentrado sobre el consumo de pasto y la producción de vacas lecheras en pastoreo. Resúmenes, tomo II. ALPA - VI Reunión. Habana, Cuba. 1977.
19. CUBA, CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNICA RAMA ANIMAL. Metodología de balance alimentario para el ganado vacuno en Cuba. La Habana. Instituto Cubano del Libro. 1975. 192 p.
20. CONRAD, H. R. Factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Physiological and physical factors limiting feed intake. *Journal of Animal Science*, 25: 227-235. 1966.
21. COOPER, J. P. Potencial production and energy conversion in temperate and tropical grasses. Compendiado en *Herbage Abstracts* 40:1-15. 1970.

22. COWAN, R. T., BYFORD, I. J. R. and STOBBS, T. H. Effects of stocking rate and energy supplementation on milk production from tropical grass-legume pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 15:740-746. 1975.
23. CUBILLOS, G. et al. El uso intensivo del pasto Estrella africana (Cynodon plectostachyus) en la producción de leche. In: Día Ganadero, 7º, Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1973. 12 p.
24. \_\_\_\_\_. Utilización intensiva de los pastos para la producción lechera en el trópico húmedo. In Conferencia Anual sobre Ganadería y Avicultura en América Latina, 9º, Gainesville, Florida 32611. 1975. p. 29-A - 37-A
25. \_\_\_\_\_, VOHNOUT, K. Y. JIMENES, C. Sistemas intensivos de alimentación a pastoreo. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1974. 10p. (Mimeo.).
26. DILLON, L. J. Análisis económico de respuesta en cultivos y pecuarios. Santiago, Chile, Editorial del Pacífico. 1967. p. 527.
27. FAGGI, H. D. Producción lechera. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S. R. L. Alzaibar 1328 P. 1º Montevideo, Uruguay, 1976. p. 203.
28. FASSBENDER, H. W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica. 1968. p. 398.
29. FORSYTHE, W. M. Manual de laboratorio de Física de Suelos, Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1972. p. 212.
30. GASTAL, E. Análisis económico de los datos de la investigación en ganadería, Montevideo, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1971. p. 133-147.
31. GREENHALGH, J. F. D. Factors limiting animal production from grazed pasture. Journal of the British Grassland Society 30:153-160. 1975.
32. GREENHALGH, J. F. D. and REID, G. W. The effects of grazing intensity on herbage consumption and animal production. 3 dairycows grazed at two intensities on clean of contaminated pasture. Journal of Agricultural Science 72:223-228. 1969

33. GUTIERREZ, O. M. A. Comparación de dos métodos intensivos de utilización de pasto Estrella africana (Cynodon plestostachyus (K. Shum) Pilger), en la producción de leche. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1974. p. 71
34. HAMILTON, R. I., et al. In International Grassland Congress, 2ht, Australia, 1970. Proceedings. Quality of tropical grasses for milk production. Santa Lucía, University of Queensland Press, 1970. pp. 860-864.
35. HELMAN, M. B. Ganadería tropical. Buenos Aires, El Ateneo, 1977. p. 662
36. HENDERICKX, H. K. Aspectos cuantitativos del uso de Nitrógeno no proteico en la alimentación de los rumiantes, Revista Cubana de Ciencia Agrícola 10:1-9. 1976.
37. HERNANDEZ, S. G. Análisis económico y desarrollo de un modelo contable para fincas ganaderas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1971. p. 75.
38. HOLDER, J. M. Milk production from tropical pastures. Trop. Grassland 2:135-141. 1967.
39. HUNKAR, A. E. S. Estudios on the need for energy suplementation for milk production on tropical grassland. Surinaanise Landow 16:32-34. 1968
40. CABALLERO, D. ed. Sistemas de producción pecuaria, principios y aplicación en investigación y extensión. Editor D. Caballero. Montevideo, 1975. p. 220
41. MONTERO, H. ed. Centro de Investigación Económica y Experimentación Agrícola. Montevideo. 1967. p. 367.
42. JAMES, B. J. F. Utilización intensiva de las pasturas. Editorial Buenos Aires, Hemisferio Sur. 1974. p. 198.
43. JOHNSTONE-WALLACE and KENNEDY, K. Grazing management practices and their relationship to the behavior and grazing habits of cattles. Journal of Agricultural Science 34:190-197. 1944.
44. LEMUS, P. A. Producción de carne bovina en praderas de pasto Estrella (Cynodon nlemfuensis, Vanderyst var nlemfuensis) bajo diferentes presiones de pastoreo y niveles de fertilización nitrogenada. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1977. p. 104.

45. LOOSLI, J. K. Sistemas de alimentación para maximizar la producción de leche en hatos lecheros. In Conferencia Anual sobre ganadería y avicultura en América Latina, 9., Gainesville Fla., 1975. p. 7-E - 12-E
46. MAROH, R., CAMPLING, R. C. and HOLMES, W. A fourther study of a rigid grassing management and of suplementary feed on out put per hectarea and per cow. *Animal Production* 13:441. 1971.
47. MARTINEZ, G. A. Métodos econométricos. México, chapingo, Escuela Nacional de Agricultura. 1974. p. 522.
48. McDOWELL, R. E., et al. Performance of lacting cows on tropical grass pastures with and without suplement in Puerto Rico. *Journal of Dairy Science* 57:621-627. 1974.
49. Mc MEECKAN, C. P. and WALSHE, M. J. The interrelationship of grazing method and stoking rate in the efficiency of pasture utilization by dairy cattle. *Journal of Agricultural Science* 61:147-162. 1963.
50. MILFORD, R. and MINSON, D. J. Intake of tropical pasture species. Ninth International Grassland Congress, Sao Paolo, Brasil, Proccedings.
51. MIRANDA, A. Algunas consideraciones del análisis económico de forrajes. Metodología de Investigación en forrajes. Reunión de especialistas e investigadores forrajeros del Perú. Ministerio de Agricultura, Universidad Agraria La Molina. La Molina, Lima, Perú. 1970. pp. 96-177.
52. MINSON, D. J. y Mc LEOLD, M. N. The digestibility of temperate and tropical grasses. In Internacional Grassland Congress, 11th. Surfers Paradise, Australia, 1970. Proccedings. Santa Lucía, University of Queensland Press, 1970. pp. 719-722.
53. MOLINA, O. Efecto de la suplementación de concentrados líquidos y la restricción del pastoreo en producción de leche. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1973. 53 p.
54. MOTT, G. O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. International Congress 8th Reading, 1960. Proccedings. pp. 606-611.

55. MYERS, L. F. Biología básica del crecimiento vegetal. In: Utilización intensiva de Pasturas. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1974. p. 168
56. N.R.C. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, D.C. National Academy of Sciences, 1971. p. 54
57. PALADINES, O. Empleo de animales en las investigaciones sobre pasturas. La Estanzuela, Uruguay, IICA, Zona Sur, 1966. p. 106.
58. PEREZ, I. F. Potencial nutritivo de los pastos tropicales para la producción de leche. In Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. La Habana, Cuba, 1977. p. 26.
59. PHIPP, R. H. Supplementary feeding of grazing dairy cows in Uganda. Tropical Agriculture 52(1):59, 1975.
60. QUIÑONES, N. Producción de leche en pastos. Centro de Información y Documentación Agropecuarias. La Habana, Cuba, 4:2, 1977. p. 53.
61. RAMIREZ, A. Efecto del ciclo de uso, la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada en la producción de praderas de pasto Estrella (Cynodon plectostachyus (K. Schum) Filger). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. p. 118. ♂
62. RUIZ, E. M. Sistemas de alimentación intensiva en corrales de engorda a base de subproductos del trópico. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1974. p. 7. ♂
63. SALKELD, J. N. Supplementary feeding for dairy production in the tropical regions of Australia. 2<sup>o</sup> Review regions of Australia. Tropical Grassland 5:221-226. 1971.
64. SAMPLE, A. T. Avances en pasturas cultivadas y naturales. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1974. p. 193-218.
65. STOBBS, T. H. Suitability of tropical pastures for milk-production. Tropical Grasslands 6:67-69. 1972.
66. \_\_\_\_\_. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures, 2 Differences in sward structure, nutritive value and bite size of animal grazing setaria crops and lorys gayana at various stages of growth. Australian Journal of Agriculture Research 24:709-713. 1975.

67. STOBBS, T. H. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. *Tropical Grassland* 9:2, 1975.
68. \_\_\_\_\_ y TOMPSON, P. A. C. Producción de leche en praderas tropicales. *Revista mundial de Zootecnia* 13:27-32. 1975.
69. SWAIN, F. G. Dairy production sistem relevant to the tropical regions of Australia Review of literature. *Tropical Grassland* 5:269-280. 1971.
70. TAPARIAS, A. L. and DAVEY, A. W. F. The effect on food intake and milk production of adding concentrates to the rations of pasture fed cow. *New Zeland Journal of Agriculture Research* 13:616-622. 1970.
71. THORNTON, R. F. and MINSON, D. J. The relationship between apparent retention time in the rumen, voluntary intake, and apparent digestibility of legume and grass diets in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 24:889-898. 1972.
72. TILLEY, J. M. A. and TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18:104-111. 1963.
73. TIMM, D. H. Uso de fertilizante nitrogenado en sistemas tropicales de alimentación de ganado. IX Conferencia anual sobre Ganadería y Avicultura en América Latina. Universidad de Florida Gainesville, Florida 32611, 1975.
74. VEITIA, J. L. Producción de leche en vacas Holstein y Brahman con libre acceso a forraje de hierba elefante y un concentrado rico en proteína o miel yures. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 5:179-184. 1971.
75. \_\_\_\_\_. Algunos aspectos de la suplementación nitrogenada en la alimentación de los rumiantes en áreas tropicales. *Boletín de reseñas, serie ganadera*. Vol. 4, nº 5-6. CIDA. Calle II Nº 1057, Vedado, La Habana, Cuba, 1977.
76. VICENTE, C. J. and CARO- COSTAS, R. Puerto Rico dairy research high milk yields with tropical grasses alove. *World Farming* 16:30-38. 1974.
77. VOHNOUT, K. et al. Sistemas intensivos de alimentación del ganado de pastoreo en el trópico. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1974. p. 11.

78. WALDO, D. R. Nitrogen utilization by the ruminant nitrogen metabolism in the ruminant. *Journal of Dairy Science* 51:265-271. 1970.
79. WHITH, T. W. et al. Influence of urea and molasses on nutrient digestibility of high roughage rations by steers. *Journal of Animal Science* 37:1428-1432. 1973.
80. ZAÑARTU, D. Presión de pastoreo y fertilización nitrogenada en la producción de carne en praderas de pasto Estrella (Cynodon nlemfuensis Vanderyst var. nlemfuensis). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 99 p.

A P E N D I C E

Cuadro 1. Resumen de datos meteorológicos durante el período experimental:

Julio de 1977 a marzo de 1978, CATIE, Turrialba.

Año	Mes	Precipitación total (mm)	Temperatura media (°C)	Radiación promedio/día Cal/cm <sup>2</sup>	Balance hídrico atmosférico (mm)
1977	Julio	373	22.8	417	287
"	Agosto	378	22.8	485	266
"	Septiembre	177	22.8	425	82
"	Octubre	225	22.9	466	128
"	Noviembre	182	22.6	457	83
"	Diciembre	74	21.9	423	19
1978	Enero	63	20.1	482	-39
"	Febrero	267	20.8	358	184
"	Marzo	85	21.2	390	-26
"	Abril	50	22.1	460	-80

Cuadro 2. Composición de la melaza y urea.

Componentes de la melaza	%
Materia seca	63,00
Proteína cruda	3,50
Energía metabolizable	3,29 Mcal/kg de MS
Componentes de la urea	
Nitrógeno	46,00

Cuadro 3. Aporte con proteína cruda y energía metabolizable por el pasto y el suplemento alimenticio.

	Proteína Cruda kg	Energía Metabolizable Mcal
Pasto *	0,101	1,93
Suplemento *	0,086	2,07

\* Aporte por kg de MS disponible y de suplemento

Cuadro 4. Cuadrados medios obtenidos en los análisis de varianza de las variables medidas en el capítulo de resultados y discusión.

F.V.	G.L.	Tasa de crecimiento kg MS/ha/día	Disponibilidad de MS/100 kg PV/día	Proteína cruda % en MS
Períodos	4	210,09 *	5,94 **	10,34 **
Error	20	67,05	0,36	0,66
C. V. %		54,59	4,00	5,42

F.V.	G.L.	Digestibilidad % de MS	Consumo kg MS/ha/día	Utilización de MS (%)
Períodos	4	74,13 **	79051,83 **	177,25 **
Error	20	2,51	15753,53	18,12
C. V. %		10,56	836,75	28,38

F.V.	G.L.	Nitrógeno del suelo al inicio ( )	Nitrógeno del suelo al final ( )	Resistencia del suelo al inicio	Resistencia del suelo al final
Profundidades	4	1,89 **	1,94 **	198,11 **	17,17 **
Error	20	0,04	0,04	6,14	15,95
C. V. %		1,33	1,33	16,52	26,62

\* Significativo al 5%      \*\* Significativo al 1%

Cuadro 5. Variación de la composición botánica a través de 300 días.

	Junio - 1977 %	Abril - 1978 %
1	88,10	81,20
2	59,70	55,36
3	79,00	34,28
4	79,79	51,83
5	41,62	35,78
7	30,20	47,72
8	64,04	53,86
9	35,77	37,88
10	38,09	36,29
11	52,88	57,76
12	62,78	57,36
13	73,25	62,12
14	77,52	55,15
15	63,45	59,07
16	11,83	36,38
17	56,68	33,18
18	47,61	41,63
19	56,02	42,16
20	75,73	50,50
21	60,04	24,84
22	56,80	63,52
23	53,44	62,81
24	58,86	35,09
25	47,38	41,43
26	65,36	65,25
27	58,05	72,80
	1613,53	1313,25
	59,76	50,51

$$\bar{D} = 5,57 \quad S_{\bar{D}} = 7,92$$

Cuadro 6. Requerimientos de PC para mantenimiento y producción, por animal por día.

Peso vivo/vaca kg	Requerimientos		
	Mantenimiento kg	Producción kg	Total kg
357	0,496	0,768	1,264
368	0,485	0,731	1,216
372	0,491	0,784	1,275
369	0,488	0,779	1,267
358	0,477	0,695	1,172

Cuadro 7. Requerimientos de EM para mantenimiento y producción, por animal por día.

Peso vivo/vaca kg	Requerimientos		
	Mantenimiento kg	Producción kg	Total kg
357	10,62	11,12	21,74
368	10,42	10,59	21,01
372	10,53	11,97	22,50
369	10,49	11,29	21,78
358	10,27	10,08	20,35

Cuadro 8. Porcentaje de digestibilidad y proteína cruda para vacas lactantes y secas.

Períodos	% Digestibilidad		% Proteína cruda	
	vacas lactantes	vacas secas	vacas lactantes	vacas secas
1	61,13 a	55,68 a	11,04 a	9,56 a
2	58,06 a	53,63 a	11,90 a	10,35 a
3	50,80 b	47,29 b	9,55 b	8,64 b
4	47,56 b	44,28 b	8,96 b	8,63 b
5	48,74 b	43,84 b	9,02 b	8,18 b
	53,26 *	48,94	10,09 *	9,07
$\bar{D}$	4,31		1,01	
$S_{\bar{D}}$	0,95		1,50	

\* Significativo ( $P < 0,05$ )

Cuadro 9. Leche esperada con base a la EM y PC en el pasto consumido.

Períodos	Leche esperada con base a consumo de	
	Proteína cruda	energía metabolizable
1	4,67 b	4,84 b
2	8,97 a	9,23 a
3	6,10 a	7,66 a
4	3,15 b	3,12 b
5	3,01 b	3,19 b
	5,18	5,61

$\bar{D} = 0,32$        $s_d = 0,17$

No hay diferencia significativa

Cifras con la misma letra entre columna no difieren significativamente.

Cuadro 10. Leche esperada con base a la EM y PC presentes en el pasto y suplemento alimenticio.

Períodos	Leche con base al consumo de	
	PC del pasto y melaza	EM del pasto y melaza
60	8,68 b	10,65 b.
120	11,94 a	13,12 a
180	10,49 a	12,83 a
240	7,15 b	8,01 c
300	6,68 b	7,88 c
	8,99	10,50 **

$$\bar{D} = 1,51$$

$$S_{\bar{D}} = 0,62$$

\*\* significativa (P < ,01)

Cifras con la misma letra entre columnas no difieren significativamente

Cuadro 11. Valores promedios de acidez a diferentes profundidades de la superficie del suelo antes y después del período de observaciones.

Profundidades	Al inicio de la prueba pH	Al final de la prueba pH
0 - 7,5	5,47	5,48
7,5 - 15	5,50	5,61
15 - 22,5	5,58	5,69
22,5 - 30	5,60	5,69
30 - 37,5	5,67	5,76
* Significativo (P < ,10)	5,56	5,64

$$S_{\bar{D}} = 0,04 \quad \bar{D} = ,08$$

Cuadro 12. Efecto sobre el contenido de N del suelo a diferentes profundidades, al inicio y al final del período de observaciones.

Profundidades	Al inicio de la prueba N ppm	Al final de la prueba N ppm
0,0 - 7,5	4,30	4,17
7,5 - 15,0	3,57	3,47
15 - 22,5	3,36	3,19
22,5 - 30,0	3,07	3,02
30,0 - 37,5	2,83	2,58
$\bar{D} = 0,130$	$S_{\bar{D}} = 0,92$	3,43
No hay diferencias significativas		3,29

Cuadro 13. Valores promedios iniciales y finales de la resistencia del suelo a la penetración a 5 profundidades diferentes.

Profundidad del suelo (cm)	Al inicio bares	Al final barés	Promedio bares
0 - 7,5	6,72	18,02	12,37
7,5 - 15	10,22	17,97	14,10
15 - 22,5	11,97	18,11	15,04
22,5 - 30	13,03	19,25	14,14
30 - 37,5	14,03	19,82	16,93
	11,19	18,63 *	

$$\bar{D} = 7,44$$

$$S_{\bar{D}} =$$

\* (P < ,01) Prueba de "t"

Cuadro 14. Inversión y Costos del Sistema de Producción de Leche del CATIE.

		₡	\$US
1. CAPITAL FIJO			
Sala de ordeño			
20 sacos cemento (20₡ c/u)	450		
7 m <sup>3</sup> piedra (70₡/m <sup>3</sup> )	490		
7 m <sup>3</sup> piedra cuarta (70₡/m <sup>3</sup> )	490		
arena 12 m <sup>3</sup> (60₡/m <sup>3</sup> )	720		
50 láminas de zinc (28.25₡/una)	1447		
1300' de madera	2600		
Clavos y tornillos	450		
Mano de obra	1539		
		8186	959
Cepos			
65 m tubo galvanizado 2" Ø	1803		
24 m " " ½ Ø	152		
Pintura, soldadura, electric.	100		
Mano de obra	150		
		2205	258
Instalación eléctrica	1000	1000	117
Potreros			
Establecimiento pasto 3.5 ha estrella	3500	3500	410
Sistema de cercas			
Alambrada perimetral	2580		
Alambrado eléctrico	3332		
		5912	692
Aguajes y saladeras			
5 bebederos de ½ estación	750		
450 m PVC ½"	2150		
Llaves, cañería, manguera	450		
5 saladeros	475		
		3825	448
Equipo			
Máquina ordeñadora	7500		
Jaula doble para terneros	250	7750	907

Aperos y herramientas

Carretilla de mano	450	
Pala y palín (90 + 55 ¢)	145	
Pinza cerquera	80	
Machete y 4 baldes (25 + 120 ¢)	145	
Balanza	250	
		<u>1070</u>
		<u>33448</u>
		<u>125</u>
		<u>3917</u>

2. CAPITAL SEMOVIENTES

Animales

20 vacas (7000 c/u)	140000	
2 vaquillas (7000 c/u)	14000	
2 novillas (2500 c/u)	5000	
6 terneras (700 c/u)	4200	
		163200 19110

3. COSTOS FIJOS

Mano de obra

Salario (¢ 37/día, domingos doble, beneficios sociales patronales 27%)	21534	2522
--	-------	------

Energía eléctrica	500	59
-------------------	-----	----

Depreciación del capital fijo por año	5933	694
---------------------------------------	------	-----

Renta a la tierra (¢ 600/ha/año)	2100	246
----------------------------------	------	-----

Interés

Capital fijo (12% anual)	4014	
Capital semovientes (12% anual)	19584	
	<u>23598</u>	<u>2763</u>
	<u>53665</u>	<u>6284</u>

4. COSTOS VARIABLES

Alimentos

Melaza (21848 kg, ¢0,30/kg)	6554
Urea (637 kg, ¢2,1/kg)	1338
Concentrados (1372 kg, ¢2,76/kg)	3787
Sal y minerales (750 kg, ¢0,7/kg; 60 kg, ¢14/kg)	1365

Leche para terneras (1402 kg, \$2/kg)	2804		
		15848	
Medicamentos (\$130/animal)			3900
Inseminación artificial (2,2 dosis/vaca; \$35/dosis; 20 vacas/año)			1540
Mantenimiento (construcciones y cercas)			2000
Mantenimiento de potreros (Fertilizantes)			<u>7180</u>
		<u>30468.</u>	3427

5. COSTOS TOTALES

Total costos fijos	53665		
Total costos variables	39460		
		84125	9851

6. INGRESOS BRUTOS

58356 kg leche (\$2/kg)	116712		
ventas terneros (\$100/ternero)	500		
		117212	13725

7. DEPRECIACION\* CAPITAL FIJO POR UN AÑO

	Valor actual \$	Vida útil años	\$	\$US
Sala de ordeño	8181	10	812	
Cepos	2205	10	220	
Instalación eléctrica	1000	10	100	
Potreros	3500	8	437	
Sistema de cercas	5911	5	1182	
Aguajes y saladeros	3825	3	1275	
Equipo de ordeña	7750	5	1550	
Aperos y herramientas	1070	3	<u>357</u>	
			5933	695

\* Depreciación lineal

8. COSTO UNITARIO

$$\text{Costo por kg leche} = \frac{\text{Costo total}}{\text{Prod. total}} = \frac{84125}{59758} = 1,41$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{IN}}{\text{CT}} = \frac{33087}{84125} = 39,33\%$$

Cuadro 15. Cálculo del costo de producción de la MS del pasto.

	#	\$US
1. CAPITAL FIJO		
Instalación eléctrica	500	
Potreros	3500	
Sistema de cercas	5912	
Herramientas    Finza cerquera	105	
Machete	<u>        </u>	
	10017	1173
2. COSTOS FIJOS		
Mano de obra (Fertilización, distribución boñiga, control malezas)	1097	
Energía eléctrica	200	
Depreciación capital fijo	1704	
Renta a la tierra	<u>600</u>	
	3601	422
3. COSTOS VARIABLES		
Fertilizantes (Mant. potreros)	7180	
Mantenimiento (cercas)	<u>700</u>	
	7880	923
4. DEPRECIACION		
Potreros	437	
Sistema de cercas	1182	
Herramientas	35	
Instalación eléctrica	<u>50</u>	
	1704	200
5. Producción total de MS de pasto/ha/año		
= 21243 kg MS/ha/año		
Producción total de MS de pasto/3,5 ha/año		
= 74350 kg		

6. COSTO UNITARIO

$$\text{Costo por kg de pasto} = \frac{11481}{74350} = 0,15 \text{ \$/kg de MS}$$

$$\text{Costo total} = \text{CF} + \text{CV} = 11481$$

Total inversión 21498

Infraestructura 46,11% Cercas  
Postes  
Inst. eléctrica

Costos variables 36,56% Fertilizantes (mantenimiento)  
Cercas (mantenimiento)

Costos fijos 16,75%

Infraestructura

Sala ordeño

Cepos

20803

Instalación eléctrica

Sistema de cercas

Postes